

PEMEMDEKAN UMUR PADI ADAN KRAYAN MENGGUNAKAN TEKNIK *MARKER ASSISTED BACKCROSSING*

Joko Prasetyono, Sugiono Moeljopawiro, Syahril, dan Riyanto

Balai Besar Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Jln. Tentara
Pelajar 3A Bogor 16111.
Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Jl. Pasir Balengkong, Kampus
Gunung Kelua, Samarinda 75119.
Pemda Provinsi Kalimantan Timur. Jl. MT. Haryono No. 19 Samarinda
Telp. 0541-743063, Faks. 0541-743141
*E-mail : jokoprasetyono@yahoo.com

ABSTRACT

Padi Adan is one of the local rice in Krayan District, Nunukan County, North Kalimantan Province (previously East Kalimantan Province) that has a good taste. This rice has a high price at the farm level, and consumed by the public officials, Malaysian and Brunei Darussalam peoples. However, Padi Adan has long maturity (6 months), it cause the farmers grow this rice only once a year. Shortening the maturity of this rice can be done by utilizing loci regulate flowering time. The purpose of this study was to shorten maturity of Padi Adan using Marker Assisted Backcrossing method. The material of research was local rice "Padi Adan Putih" (=Padi Kelabit) and Nipponbare as donor parent. RM1362 and RM7601 SSR markers, located on *Hd2* gene locus were used as marker for selection tool at each generation. This research was conducted in the greenhouse and Molecular Biology Laboratory, Indonesian Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resources Research and Development, Bogor, since 2010 to 2014. Crosses was done conventionally and plant selection was done using molecular markers, started since F_1 until BC_2F_2 plants. At F_1 to BC_2F_1 plants, it was selected plants having heterozygote alleles for *Hd2* gene locus, whereas at BC_2F_2 plants, it was selected plants having homozygote alleles for this locus. The result showed a shortened maturity significantly, due to introgression of *Hd2* gene locus. Fourty one of 200 BC_2F_2 plants (20.5%) contained *Hd2* locus gene in homozygote condition, with range 92-117 days flowering, while flowering Padi Adan about 112 days. This research proved introgression of *Hd2* gene locus of Nipponbare successfully shortening of Padi Adan's flowering time.

Keywords: Padi Adan, early maturity, *Hd2*, molecular marker

ABSTRAK

Padi Adan merupakan salah satu padi lokal di Kecamatan Krayan, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara (sebelumnya Provinsi Kalimantan Timur) yang memiliki rasa yang enak. Padi ini memiliki harga tinggi di tingkat petani, dan dikonsumsi oleh pejabat dan masyarakat Malaysia dan Brunei Darussalam. Namun, umur Padi Adan yang panjang (6 bulan) membatasi petani menanam padi tersebut hanya satu kali dalam setahun. Pemendekan umur padi bisa dilakukan dengan memanfaatkan lokus yang mengatur waktu pembungaan. Tujuan penelitian ini adalah memendekkan umur Padi Adan dengan metode *Marker Assisted Backcrossing*. Materi yang digunakan adalah Padi Adan putih (=Padi Kelabit) sebagai tetua yang diperbaiki dan padi Nipponbare sebagai tetua donor. Marka RM1362 dan RM7601 yang terletak pada lokus gen *Hd2* digunakan sebagai marka untuk alat seleksi untuk setiap generasi. Penelitian ini dilakukan di rumah kaca dan Laboratorium Biologi Molekuler, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor, sejak tahun 2010 s.d. 2014. Persilangan dilakukan secara konvensional dan seleksi tanaman dilakukan menggunakan marka molekuler (RM1362 dan RM7601) sejak tanaman F_1 sampai BC_2F_2 . Sejak tanaman F_1 sampai BC_2F_1 dipilih tanaman yang memiliki pita heterozigot untuk lokus gen *Hd2*, sedangkan pada tanaman BC_2F_2 dipilih tanaman yang memiliki pita homozigot untuk lokus tersebut. Hasil yang diperoleh menunjukkan pemendekan umur yang signifikan. Sebanyak 41 dari 200 tanaman BC_2F_2 (20,5%) mengandung lokus gen *Hd2* dalam kondisi homozigot, dengan rentang umur berbunga 92-117 hari, sedangkan Padi Adan sendiri umur berbunganya 112 hari. Hal ini menunjukkan introgresi lokus gen *Hd2* dari Nipponbare berhasil memendekkan waktu berbunga Padi Adan.

Kata kunci : Padi Adan, umur pendek, *Hd2*, marka molekuler

PENDAHULUAN

Padi Adan adalah padi lokal yang dihasilkan oleh suku dayak dari pedalaman Kalimantan, tepatnya di Kec. Krayan, Kab. Nunukan, Prov. Kalimantan Utara (dulu termasuk Kalimantan Timur). Beras Adan ini termasuk sebagai salah satu jenis beras yang disukai oleh Padi ini sangat populer di Kalimantan, bahkan di Malaysia, Brunei Darussalam, Filipina, Thailand, Kamboja, dan Vietnam. Padi ini dihargai dengan harga jual yang sangat tinggi daripada di Indonesia dan menjadi makanan wajib bagi kaum bangsawan. Petani masih terkendala dalam upaya peningkatan produktivitas padi tersebut karena umurnya yang dalam (Umami, 2012). Bentuk bulir Padi Adan halus memanjang, berwarna putih seperti kristal, beraroma, pulen dan rasanya lezat. Padi Adan merupakan padi kualitas nomor satu yang hanya tumbuh di daerah tersebut dan tidak dapat dibudidayakan pada daerah lain. Secara teknis, dalam setahun masyarakat hanya menanam padi ini satu kali. Setelah panen, lahan dibiarkan menjadi tempat kerbau berkubang dan membuang kotoran (Jack, 2011).

Padi Adan putih, hitam, merah, atau dalam bahasa lokal pade adan buda, hitem, dan sia merupakan padi unggulan masyarakat Krayan. Padi Adan termasuk padi golongan CERE mempunyai 15-22 jenis dengan spesifikasi berasnya kecil dan bundar serta beraroma harum, memiliki cita rasa dan tekstur halus yang hidup di dataran tinggi (Salam, 2011). Peningkatan produksi Padi Adan dapat dilakukan dengan memendekkan umur Padi Adan. Dinas Pertanian dan Tanaman Pangan, Provinsi Kalimantan timur sejak tahun 2010 telah mengusahakan pemuliaan tanaman untuk memendekkan umur padi Adan. Pemendekan umur tanaman dilakukan melalui mutasi dengan sinar gamma dan *Marker Assisted Backcrossing*. Melalui dua cara ini diharapkan produktivitas beras Adan dapat meningkat dan bernilai ekonomis karena dapat ditanam dua kali setahun.

Pemanfaatan marka molekuler sebagai alat seleksi telah berkembang di dalam pemuliaan tanaman (Ribaut dan Hoisington, 1998; Semagn *et al.*, 2006). Pada Padi Adan, pemanfaatan segmen yang mengatur umur berbunga pada Padi Nipponbare diharapkan bisa memendekkan umur Padi Adan. Fenomena umur berbunga yang lebih cepat pada padi tipe *japonica* (Nipponbare) ketika ditanam di daerah tropik dapat dimanfaatkan untuk memendekkan umur padi. Padi tipe ini ketika ditanam di daerah subtropik dengan panjang penyinaran lebih dari 12 jam (ketika musim panas) tumbuh normal dengan hasil yang tinggi, sedangkan ketika ditanam di daerah tropik dengan panjang penyinaran paling panjang 12 jam menjadi lebih sensitif dan lebih cepat berbunganya. Mekanisme pembungaan ini melibatkan banyak gen dan sebagian belum bisa terungkap (Jarillo *et al.*, 2008; Yano *et al.*, 2001).

Gen-gen yang diduga mengatur pembungaan pada Nipponbare telah dipetakan dengan pemetaan daerah QTL, dan sebagian besar sudah diketahui marka pengapitnya yang bisa dijadikan sebagai marka seleksi (Fujino dan Sekiguchi, 2005, 2008; Nonoue *et al.*, 2008; Yamamoto *et al.*, 1998). Penelitian ini bertujuan untuk memendekkan umur Padi Adan dengan metode *Marker Assisted Backcrossing*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca dan Laboratorium Biologi Molekuler, Balai Besar Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Bogor, Jawa Barat mulai bulan Januari 2010 sampai Agustus 2014. Material yang digunakan adalah Padi Adan Putih (= Padi Kelabit), sedangkan padi Nipponbare digunakan sebagai sumber gen umur pendek. Marka molekuler yang digunakan sebagai alat seleksi adalah marka RM1362 dan RM7601 yang terletak pada daerah QTL gen *Hd2* yang terletak pada kromosom 7. Sekuen kedua marka tersebut adalah RM1362 (F-TGATCTAAACAGGCCCTTAG dan R-CATCATCA-AGACCACACATC) dan RM 7601 (F-GCCTCGCTGTCGCTA-ATATC dan R-CAGCCTCTCCTT-GTGTGTG) (Fujino dan Sekiguchi, 2008).

Seleksi tanaman F_1 s.d. BC_2F_2 .

Untuk mendapatkan benih F_1 dilakukan persilangan antara Padi Adan sebagai tetua betina dengan Nipponbare sebagai tetua jantan. Benih F_1 yang diperoleh kemudian ditanam kembali sebagai tetua betina untuk disilangbalikkan dengan Padi Adan sebagai tetua jantan. Analisis molekuler dilakukan mulai pada tanaman F_1 merujuk pada Prasetyono (2013). Tanaman yang memiliki pita heterozigot dipilih untuk disilangbalikkan dengan Padi Adan, sehingga diperoleh benih BC_1F_1 . Benih BC_1F_1 yang diperoleh kemudian ditanam kembali. Analisis molekuler pada tanaman BC_1F_1 dilakukan sama seperti pada tanaman F_1 , tanaman yang memenuhi syarat disilangbalikkan dengan Padi Adan untuk mendapatkan benih BC_2F_1 . Pada tanaman BC_2F_1 , tanaman yang memiliki pita heterozigot dibiarkan menyilang sendiri sampai diperoleh benih BC_2F_2 . Selain berdasarkan hasil analisis molekuler, tanaman yang dipilih untuk disilangbalikkan umumnya lebih pendek dibandingkan Padi Adan itu sendiri.

Sebanyak 200 tanaman BC_2F_2 yang berasal dari lima tanaman BC_2F_1 yang berumur pendek ditanam di dalam rumah kaca, ditanam dua tanaman tiap ember. Seluruh tanaman dianalisis kondisi genomnya menggunakan dua marka, dan masing-masing tanaman diamati beberapa komponen agronomis, seperti tinggi tanaman, jumlah anakan, dan umur berbunga. Galur-galur yang memiliki pita homozigot untuk lokus gen *Hd2* dan memiliki umur berbunga lebih pendek dibanding Padi Adan dipilih untuk material penelitian selanjutnya.

Analisis molekuler

Analisis molekuler dilakukan pada tanaman F_1 s.d. BC_2F_2 . Isolasi DNA dilakukan pada semua tanaman yang dipakai mengacu pada metode Dellaporta et al. (1983) yang telah dimodifikasi. Daun segar dari masing-masing tanaman dimasukkan ke dalam tabung mikro berukuran 2 ml lalu diberikan nitrogen cair. Daun yang kering-beku kemudian dihaluskan dengan menggunakan sumpit. Serbuk daun ditambah larutan bufer ekstrak dengan penghancur SDS (Sodium Dodecyl Sulfate). Serbuk daun diinkubasi pada penangas air pada suhu 65°C , kemudian ditambah Kloroformisoamilalkohol (Chisam), dan dipresipitasi menggunakan etanol absolut (96%).

Reaksi PCR dilakukan pada 20 μl volume yang mengandung 1 \times bufer PCR (10 mM Tris-HCl (pH 8,3), 50 mM KCl, 1,5 mM MgCl₂, 0,01% Gelatin), 100 μM dNTPs (dATP, dCTP, dGTP, dTTP), 0,5 μM primer (F dan R), DNA, dan 1 unit Taq DNA polimerase.

Program PCR yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5 menit pada suhu 94°C , selanjutnya dilakukan 35 siklus yang terdiri dari: 45 detik pada suhu 94°C , 45 detik pada suhu 55°C , dan 60 detik pada suhu 72°C . Perpanjangan primer selama 7 menit pada suhu 72°C . Hasil PCR kemudian dipisahkan menggunakan gel poliakrilamid 8%. Pewarnaan DNA dilakukan dengan ethidium bromida atau silver nitrat. Pita-pita yang diperoleh kemudian dicatat dan digunakan sebagai dasar pemilihan individu tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persilangan untuk memendekkan umur padi dengan memanfaatkan lokus gen *Hd2* dari Nipponbare sudah pernah dilakukan pada padi Ciherang dan memberikan hasil terjadi pengurangan umur Ciherang di rumah kaca dan lapangan sekitar 7-10 hari lebih pendek, dengan peningkatan hasil 3,55-9,2% lebih banyak bobot gabah isi/tanaman dari galur-galur tersebut (Prasetyono *et al.*, 2013). Pada penelitian pemendekan umur Padi Adan ini masalah hasil tidak diutamakan. Petani di Kecamatan Krayan tidak pernah menggunakan jarak tanam di dalam lahannya. Petani hanya memindahkan bibit satu tanaman dengan jarak tanam yang tidak beraturan di lahan sawahnya.

Kesulitan persilangan Padi Adan ini adalah umur Padi Adan yang lebih panjang dibandingkan di Krayan. Ketika Pada Adan ditanam di dalam rumah kaca sebagai tetua pemulih (*recurrent parent*), umurnya bisa mencapai 7-8 bulan. Padahal ketika ditanam di daerah aslinya umur panennya sekitar 5-6 bulan. Hal inilah yang menyebabkan sampel tanaman yang akan disilangbalikkan harus ditanam beberapa tahap dan dengan jumlah yang banyak. Kadang-kadang tanaman juga harus *diratoon* untuk menyamakan umur berbunganya. Oleh karena itulah dalam satu tahun hanya bisa dilakukan satu kali persilangan saja. Tabulasi benih-benih hasil persilangan dapat dilihat dalam Tabel 1.

Analisis molekuler yang dilakukan sejak tanaman F_1 ditujukan untuk menyaring tanaman yang akan disilangbalikkan agar tetap mengandung lokus gen *Hd2* dari alel Nipponbare. Pada penelitian umur pendek peubah umur berbunga adalah sifat yang mudah diamati, walaupun tanpa bantuan marka molekuler. Tanaman yang berbunga lebih cepat akan jelas dilihat secara visual dibandingkan dengan tanaman yang lebih lambat berbunganya. Namun, pada penelitian *Marker Assisted Backcrossing* karakter yang menjadi tujuan utama harus juga diseleksi menggunakan marka molekuler, selain pengamatan visual juga diperlukan untuk menambah keakuratan data. Memang sampai saat ini belum ada publikasi yang merekomendasikan gen apa yang bisa mempengaruhi pemendekan umur padi secara signifikan. Dari sebanyak 29 gen yang telah diidentifikasi telah berhasil dikloning sebanyak 20 gen (Liang *et al.*, 2013), namun belum semua bisa dipelajari dengan baik. Saat ini yang diperlukan adalah gen-gen yang bisa memendekkan umur padi tetapi tidak menurunkan hasil. Pendekatan yang selama ini dilakukan adalah menggunakan marka QTL gen *Hd2* sebagai alat seleksi, kemudian seleksi hasil dilakukan di rumah kaca dan lapangan. Tanaman turunan Padi Adan hasil MAB ini pun harus dibawa ke lapangan, terutama ke tempat habitat aslinya untuk mendapatkan tanaman yang berumur pendek, dengan cita rasa yang seperti Padi Adan.

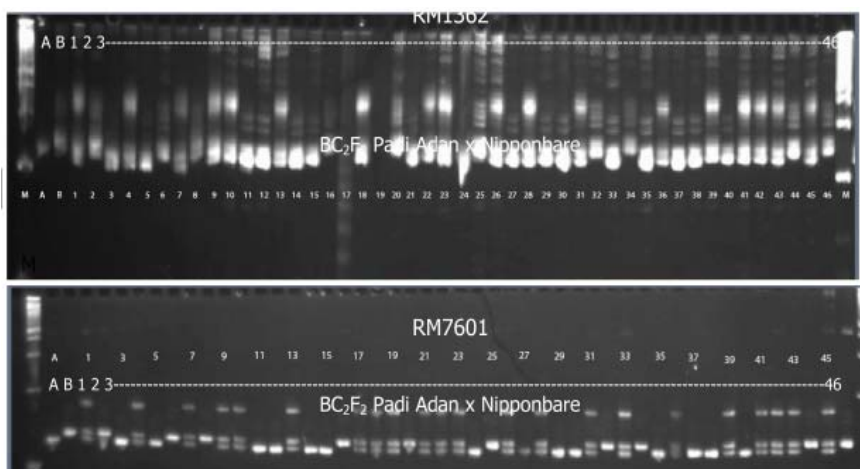
Tabel 1. Tabulasi pembentukan benih-benih hasil persilangan Padi Adan x Nipponbare.

Generasi	Jumlah tanaman	Benih hasil panen	Jumlah benih	Teknik	Molekuler	Agronomis
-	-	F ₁	110	<i>bulked</i>	tidak	tidak
F ₁	18	BC ₁ F ₁	259	<i>bulked</i>	ya	tidak
BC ₁ F ₁	46, yang disilangbalik : #16 #19 #39 #43 #46	BC ₂ F ₁ BC ₂ F ₁ BC ₂ F ₁ BC ₂ F ₁ BC ₂ F ₁	141 148 229 308 264	individu individu individu individu individu	ya	ya
BC ₂ F ₁	300, terdiri : #16 (#1-60) #19 (#61-120) #39 (#121-180) #43 (#181-240) #46 (#241-300)	BC ₂ F ₂ BC ₂ F ₂ BC ₂ F ₂ BC ₂ F ₂ BC ₂ F ₂	- - - - -	individu individu individu individu individu	ya	ya
BC ₂ F ₂	200, terdiri : #79 (#1-40) #92 (#41-80) #146 (#81-120) #198(#121-160) #231(#161-200)	BC ₂ F ₃ BC ₂ F ₃ BC ₂ F ₃ BC ₂ F ₃ BC ₂ F ₃	- - - - -	individu individu individu individu individu	ya	ya

Hasil analisis molekuler menggunakan marka RM1362 dan RM7601 menunjukkan bahwa seluruh tanaman F₁ memiliki pita heterozigot (Prasetyono, 2013), sedangkan pada tanaman BC₁F₁ dan BC₂F₁ memiliki dua variasi alel (heterozigot dan homozigot-Padi Adan, data tidak ditampilkan), dan pada tanaman BC₂F₂ memiliki tiga variasi alel (heterozigot, homozigot-Padi Adan, dan homozigot-Nipponbare). Pada tanaman F₁, BC₁F₁, dan BC₂F₁ yang memiliki pola pita heterozigot dipilih sebagai material untuk generasi berikutnya, selain pengamatan visual berupa umur berbunga. Pita heterozigot pada daerah QTL gen *Hd2* menunjukkan bahwa alel Nipponbare yang menyumbang umur pendek tetap berada di dalam individu terpilih. Mulai tanaman BC₂F₂ dan seterusnya individu yang dipilih harus memiliki pita homozigot-Nipponbare untuk marka RM1362 dan RM7601. Individu BC₂F₂ yang hanya salah satu marka menunjukkan homozigot untuk tetua Nipponbare sedangkan marka yang lain tidak (homozigot Padi Adan atau heterozigot) tidak digunakan dalam pertanaman berikutnya, meskipun umur berbunganya lebih pendek dibandingkan Padi Adan.

Berdasarkan Gambar 1 terlihat pita yang dihasilkan oleh tanaman BC_2F_2 sangat bervariasi, sebagian mengikuti alel Padi Adan untuk kedua marka, sebagian mengikuti alel Nipponbare untuk kedua marka, dan sebagian punya alel kedua tetua (heterozigot). Seluruh tanaman diamati beberapa peubah agronomisnya untuk dijadikan dasar seleksi tanaman. Beberapa tanaman BC_2F_2 menunjukkan variasi dalam umur berbunga (Gambar 2). Berdasarkan gambar tersebut beberapa galur menunjukkan umur berbunga yang lebih pendek dibandingkan Padi Adan, namun Padi Adan masih menunjukkan figur yang lebih besar (jumlah malai lebih banyak, tanaman lebih tinggi). Percepatan umur berbunga yang diiringi dengan pengurangan tinggi tanaman dan jumlah anakan juga terjadi pada Padi Adan hasil mutasi (Wulansari, 2014).

Hasil analisis molekuler menunjukkan hanya 41 tanaman BC_2F_2 dari 200 tanaman yang memiliki alel Nipponbare untuk kedua marka molekuler, berarti hanya 20,5% saja yang dapat digunakan sebagai material penelitian berikutnya. Walaupun galur terpilih tersebut telah memiliki alel gen *Hd2*, ternyata ada beberapa tanaman (#16, 25, 49, 108, 139, 171) yang memiliki umur berbunga melebihi Padi Adan sendiri. Biasanya Padi Adan ketika ditanam di Bogor akan memiliki umur berbunga lebih panjang dibanding habitat aslinya di Krayan. Namun, pada periode tanam BC_2F_2 (Februari s.d. Juli 2014) masa tanam Padi Adan lebih cepat daripada biasanya. Hal ini barangkali disebabkan oleh panjang penyinaran dan suhu selama pertumbuhan berbeda dengan masa tanam periode sebelumnya. Menurut Kovi *et al.* (2013) panjang penyinaran dan suhu sangat mempengaruhi ekspresi gen-gen yang terlibat dalam waktu pembungaan padi. Pada penelitian padi umur pendek pengurangan umur padi tidak selalu dipengaruhi oleh lokus gen *Hd2*, tetapi beberapa lokus gen *Hd* lainnya juga ikut memberikan sumbangan pemendekan umur (Dadang *et al.*, 2013).



Gambar 1. Kondisi genotipe tanaman BC_2F_2 Padi Adan x Nipponbare
M = 100 bp DNA ladder, A = Padi Adan, B = Nipponbare



Gambar 2. Keragaan tanaman BC₂F₂ Padi Adan x Nipponbare pada umur 88 hari setelah sebar

Beberapa tanaman yang bisa dijadikan material seleksi berikutnya adalah BC₂F₂ Padi Adan x Nipponbare nomor 20, 75, 136, 172, 193, dan 199. Keenam galur tersebut memiliki umur berbunga kurang dari 100 hari, sehingga diperkirakan panen pada umur 120 an hari. Umur panen Padi Adan di Kalimantan berkisar 160 an hari. Apabila umur berbunga ini konsisten sampai di habitat aslinya, maka pengurangan umur Padi Adan dengan metode MAS ini bisa mencapai 30-40 hari. Seleksi di lapangan tidak hanya menyangkut umur berbunga, namun cita rasa nasi juga menjadi prioritas utama. Peran serta masyarakat di daerah habitat asli Padi Adan sangat diperlukan untuk menentukan galur mana yang memberikan tingkat kemiripan paling tinggi dengan umur yang jauh lebih pendek.

Tabel 2. Profil tanaman BC₂F₂ Padi Adan x Nipponbare yang memiliki alel Nipponbare pada dua marka

No	Galur	Data Genotipe		Data Agronomis		
		RM1362	RM7601	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Anakan	Umur Berbunga 50% (hari)
1	2	B	B	153	11	108
2	6	B	B	163	6	102
3	8	B	B	169	14	100
4	16	B	B	154	18	>114
5	20	B	B	150	10	93*
6	25	B	B	153	11	>114
7	32	B	B	162	11	101
8	34	B	B	156	18	115
9	44	B	B	164	9	103
10	46	B	B	180	10	112
11	48	B	B	170	10	100
12	49	B	B	167	12	>114
13	50	B	B	156	12	100
14	51	B	B	165	11	115
15	53	B	B	164	9	103
16	57	B	B	154	10	103
17	61	B	B	163	10	105
18	67	B	B	155	3	111
19	69	B	B	163	12	103
20	74	B	B	166	10	105
21	75	B	B	167	11	92*
22	104	B	B	168	13	108
23	108	B	B	169	11	>114
24	114	B	B	161	11	109
25	118	B	B	168	13	109
26	119	B	B	152	9	116
27	122	B	B	154	9	113
28	126	B	B	143	5	110
29	133	B	B	178	7	109
30	136	B	B	190	7	98*
31	139	B	B	179	12	>114
32	149	B	B	176	15	113
33	151	B	B	193	11	114
34	160	B	B	190	17	117
35	171	B	B	181	11	>114
36	172	B	B	175	10	94*
37	184	B	B	170	3	115
38	189	B	B	183	17	103
39	192	B	B	162	16	105
40	193	B	B	157	19	96*
41	199	B	B	173	15	96*
Kisaran				143-193	3-19	92-117
Padi Adan		A	A	180-203	11-17	109-114
Nipponbare		B	B	74-122	1-17	71-104

A = alel Padi Adan, B = alel Nipponbare, *Tanaman yang berumur berbunga kurang dari 100 hari

KESIMPULAN

1. Locus gen *Hd2* dari Nipponbare yang diintrogresikan ke dalam genom Padi Adan bisa memendekkan umur Padi Adan sekitar 30-40 hari.
2. Galur BC₂F₂ Padi Adan x Nipponbare yang memiliki locus gen *Hd2* yang memiliki potensi berumur pendek dan dapat dilanjutkan pada pertanaman berikutnya adalah nomor 20, 75, 136, 172, 193, dan 199.

SARAN

Galur-galur terpilih perlu dilanjutkan ditanam di habitat aslinya di Kecamatan Krayan untuk melihat stabilitas umur pendeknya, produksi, dan perubahan cita rasa nasinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh UPTD Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura, Dinas Pertanian, Provinsi Kalimantan Timur. Ucapan terima kasih diucapkan pula kepada Sdr. Wasis Tiarianto dan Dwi Ayu Setianingrum (Mahasiswa S1 Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor) yang telah banyak membantu di dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dadang, A., Tasliah, dan J. Prasetyono. 2013. Seleksi dan konfrimasi alel gen-gen Hd pada padi berumur genjah dan produktivitas tinggi persilangan Code x Nipponbare. *J. AgroBiogen* 9(1):11-18.
- Djack R. 2011. Produk unggulan negeri, padi adan terlezat di lidah. <http://ekonomi.kompasiana.com/agrobisnis/2011/06/29/produk-unggulan-negeri-padi-adan-terlezat-dilidah-375096.html>. [15 Agustus 2013].
- Dellaporta S.L., J. Wood, and J.B. Hicks. 1983. A plant DNA minipreparation: version II. *Plant. Mol. Biol. Rep.* 1(4):19-21
- Fujino, K. and H. Sekiguchi. 2005. Mapping of QTLs conferring extremely early heading in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 111:393-398
- Fujino, K, and H. Sekiguchi. 2008. Mapping of quantitative trait loci controlling heading date among rice cultivars in the northern most region fo Japan. *Breed. Sci.* 58: 367-373.
- Jarillo, J.A., I. del Olmo, A. Gómez-Zambrano, A. Lázaro, L. López-Gonzales, E. Miguel, L. Narro-Diego, D. Sáez, and M. Piñeiro. 2008. Review, photoperiodic control of flowering time. *Span. J. Agric. Res.* 6:221-244.

- Kovi, M.R., G. Sablok, X. Bai, M. Wendell, O. Rognli, H.H. Yu, and Y.Z. Xing. 2013. Expression patterns of photoperiod and temperature regulated heading date genes in *Oryza sativa*. *Comput. Biol. Chem.* 45:35-41.
- Liang, G., Z. Zhen-hua, and Z. Jie-yun. 2013. Quantitative trait loci for heading date and their relationship with genetic control of yield traits in rice (*Oryza sativa*). *Rice Sci.* 20(1):1-12.
- Nonoue, Y., K. Fujino, Y. Hirayama, U. Yamanouchi, S.Y. Lin, and M. Yano. 2008. Detection of quantitative trait loci controlling extremely early heading in rice. *Theor. Appl. Genet.* 116: 715-722.
- Prasetyono, J., Tasliah, A. Dadang, dan Fatimah. 2013. Perbaikan padi (*Oryza sativa* L.) varietas Ciherang untuk sifat umur genjah dan produksi tinggi menggunakan marka molekuler. *Berita Biologi* 12(1):61-71.
- Prasetyono, J. 2013. Memperpendek umur padi lokal Adan dengan teknik Bioteknologi. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 35(6): 6-8.
- Ribaut, J.M. and D. Hoisington. 1998. Marker-assisted selection : new tools and strategies. *Trends Plant Sci.* 3:236-239.
- Salam, A. 2011. Pola Budidaya dan Pemasaran Padi Adan. <http://adanorganikminds.blogspot.com/> [2 Januari 2012].
- Semagn, K., A. Bjornstad, and M.N. Ndjiondjop. 2006. Progress and prospects of marker assisted backcrossing as a tool in crop breeding programs. *African J. Bio.* 5 (25):2588-2603.
- Ummi B. 2012. Ketika beras Indonesia diperebutkan Malaysia. <http://ekonomi.kompasiana.com/agrobisnis/2012/01/13/ketika-beras-indonesia-diperebutkan-malaysia-430199.html>. [Agustus 2013].
- Wulansari, R., 2014. Studi kekerabatan dan morfologi padi lokal Adan hasil mutasi sinar gamma. Skripsi S1, Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB. Bogor. 25 hlm.
- Yamamoto, T., Y. Kuboki, S.Y. Lin, T. Sasaki, and M. Yano. 1998. Fine mapping of quantitative trait loci Hd-1, Hd-2, and Hd-3, controlling heading date of rice, as single mendelian factors. *Theor. Appl. Genet.* 97: 37-44.
- Yano, M., S. Kojima, Y. Takahashi, H. Lin, and T. Sasaki. 2001. Genetic control of flowering time in rice, a short-day plant. *Plant Physiol.* 127: 1425-1429.