

LAPORAN TEKNIS 2015

09/AIR 3/OT 02 02/01/2016

GALUR MUTAN HARAPAN PADI

**Sobrizal, Ishak, Ita Dwimahyani, Aryanti, Azri Ksuma Dewi,
Carkum, Nana Supriatna, Yulidar, Parno, Anisiyah,
Khairul Yusuf Nasution, dan Puput Melati**



**PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
2016**

LAPORAN TEKNIS 2015

09/AIR 3/OT 02 02/01/2016

GALUR MUTAN HARAPAN PADI

Sobrizal, Ishak, Ita Dwimahyani, Aryanti, Azri Ksuma Dewi,
Carkum, Nana Supriatna, Yulidar, Parno, Anisiyah,
Khairul Yusuf Nasution, dan Puput Melati

Mengetahui/Menyetujui

Kepala Bidang Pertanian



Dr. drh. Boky Jeanne Tuasikal, M.Si
NIP. 19630813 198902 2 001

Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi



Dr. Hendig Winarno, M.Sc
NIP. 19600524 198801 1 001

PERBAIKAN VARIETAS PADI MELALUI PEMULIAAN TANAMAN DENGAN TEKNIK MUTASI

Sobrizal, Ishak, Ita Dwimahyani, Aryanti, Azri Kusuma Dewi, Carkum, nana Supriyatna, Yulidar, Parno, Anisiyah, Khairul Yusuf Nasution, dan Puput Melati

ABSTRAK

PERBAIKAN VARIETAS PADI MELALUI PEMULIAAN TANAMAN DENGAN TEKNIK MUTASI. Perbaikan sifat genetik tanaman padi harus dilakukan berkesinambungan karena tekanan lingkungan dan memenuhi kebutuhan pangan umat manusia. Perbaikan sifat-sifat genetik padi khususnya padi aromatic dapat dilakukan melalui mutasi induksi dengan menggunakan sinar gamma. Observasi galur mutan, UDHP, dan UDHL dilakukan pada generasi M5-M8. Uji multi lokasi galur mutan padi aromatic ini sebahagian besar dilakukan oleh kementerian Pertanian melalui Balai Pengawas dan Sertifikasi Benih (BPSB) yang ada diseluruh Indonesia. Evaluasi sudah dilakukan di enam belas lokasi diseluruh Indonesia dengan menggunakan tujuh galur mutan dan dua varietas pembanding. Hasil data UML untuk data agronomis terutama untuk data hasil gabah kering giling menunjukkan bahwa galur mutan AR1020 dan AR1030 mempunyai rata-rata produksi (ton/ha) lebih tinggi bila dibandingkan dengan varietas Sintanur dan Ciherang. Hasil uji stabilitas berdasarkan interaksi genotype x lingkungan bahwa galur mutan AR1020 dan AR.1030 cukup stabil bila ditanam diberbagai lokasi di Indonesia. Hasil uji ketahanan hama wereng secara fenotipe tidak konsisten hasilnya dengan data yang sudah dipublikasi melalui pelepasan varietas Sintanur dan Ciherang dengan data pengujian saat ini. Data pengujian genotype juga tidak sejalan dengan data pengujian fenotipe.

Kata Kunci : perbaikan genetik, padi aromatik, produktivitas, stabilitas, ketahanan wereng

PENDAHULUAN

Perbaikan sifat genetik tanaman padi harus dilakukan berkesinambungan karena tekanan lingkungan dan memenuhi kebutuhan pangan umat manusia di muka bumi ini. Menurut data tahun 2013 dari badan pusat statistik (BPS), menyebutkan bahwa produksi gabah kering panen mencapai \pm 71 juta ton setara dengan 38 juta ton beras, sedangkan kebutuhan dalam negeri hanya mencapai 36 juta ton. Walaupun ada surplus 2 juta ton, tetapi sangat rentan dalam ketahanan pangan Nasional. Peningkatan produksi padi sawah secara genetik sudah mengalami titik jenuh. Peluang peningkatan produksi padi sawah hanya dengan memperbaiki system budidaya secara menyeluruh, memperbaiki sifat ketahanan hama dan penyakit serta memperpendek umur panen sehingga dapat dipanen tiga kali dalam satu tahun.

Padi aromatik mempunyai nilai ekonomi yang tinggi karena harga beras per kilo di atas beras non-aromatik. Perbaikan sifat-sifat padi aromatik berasal dari sumber plasma nutfah yang ada saat ini, baik yang berasal dari varietas lokal maupun varietas modern

akan memberikan nilai tambah bagi petani. Perbaikan sifat-sifat genetik yang sulit dilakukan dengan pemuliaan konvensional seperti *gene linkage* akan dapat dikerjakan melalui mutasi induksi dengan menggunakan sinar gamma.

Sinar gamma merupakan pancaran gelombang elektro magnetik dan melepaskan energi foton yang dapat mengakibatkan terjadi ionisasi pada benda yang dilewatinya (Alpen, 1990). Penggunaan sinar gamma (Co-60) dalam pemuliaan tanaman sudah lama dilakukan oleh Negara-negara dibawah naungan “International Atomic Energy Agency (IAEA)” (IAEA/FAO, 2003). Sinar gamma mempunyai daya tembus yang besar, oleh karena itu sangat efektif digunakan untuk pemuliaan tanaman melalui teknik mutasi. Dosis iradiasi gamma yang digunakan untuk pemuliaan mutasi tanaman merupakan parameter sangat menentukan dalam mendapatkan mutan tanaman dengan sifat yang diinginkan.

Pemuliaan tanaman abad 21 sebaiknya sudah mulai mengarah pada penggunaan “*Marker-Assisted Selection*” (MAS). Penggabungan MAS dengan program pemuliaan untuk “*Molecular Plant Breeding*” akan memberikan terobosan dalam pemuliaan tanaman masa yang akan datang (Moose and Mumm, 2008). Menurut Collard dan Mackill (2008) bahwa penggunaan MAS dapat memperbaiki ketepatan dan keakuratan pada proses seleksi dalam pemuliaan tanaman untuk memperoleh gen dengan sifat yang diinginkan. Dua strategi yang dapat dilakukan dalam pemuliaan tanaman agar kecocokan fenotipe parallel dengan genotype. Pertama, melakukan *genotyping* kemudian dilakukan *phenotyping*, dan ke dua melakukan *phenotyping* kemudian dilakukan *genotyping* untuk sifat yang diinginkan dengan menggunakan MAS. *Genotyping* tanaman hasil seleksi berdasarkan fenotipe tanaman sangat penting dilakukan agar keakuratan seleksi dapat diyakinkan bahwa gen yang diinginkan memang berada pada galur yang terseleksi. Menurut laporan bahwa 1999). **Produksi padi diperkirakan sudah mengalami titik jenuh** dan sulit untuk produksi hasil pertanian cenderung menurun (Pinstrup-Andersen dkk., ditingkatkan, oleh karena itu studi tentang gen *heading date* tanaman padi untuk meningkatkan produksi perlu dilakukan. Saat ini Kemungkinan peluang peningkatan produksi tanaman padi per hektar luas lahan adalah dengan memperbaiki sistim budidaya dan memperpendek umur tanaman sehingga tanaman dapat dipanen 3 kali dalam setahun.

BAHAN DAN METODE

3.1 Pemurnian, UDHP dan UDHL galur mutan

Observasi galur mutan, UDHP, dan UDHL dilakukan pada generasi M5-M8.

Keseragaman galur mutan berdasarkan penampilan fenotipe tanaman sudah dapat dilihat pada generasi M6. Selanjutnya dapat dilakukan uji daya hasil pendahuluan (UDHP) dan uji daya hasil lanjutan. UDHP dilakukan pada tahun 2011 dengan pendanaan dari *Block Grand* Kemen-Ristek, sedang UDHL melalui dana Block grand tahun 2012

3.2 Uji Multi lokasi (UML)

Uji multi lokasi galur mutan padi aromatic ini sebahagian besar dilakukan oleh kementerian Pertanian melalui Balai Pengawas dan Sertifikasi Benih (BPSB) yang ada diseluruh Indonesia. Evaluasi sudah dilakukan di enam belas lokasi diseluruh Indonesia dengan menggunakan tujuh galur mutan dan dua varietas pembanding dan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Jumlah galur mutan padi aromatik dan varietas pembanding untuk uji adaptasi di enam belas lokasi

No.	Galur/varietas	Keterangan
1	AR.1020	Mutan Sintanur
2	AR.1030	Mutan Sintanur
3	AR.1040	Mutan Sintanur
4	AR.1050	Mutan Sintanur
5	AR.1060	Mutan Sintanur
6	AR.1070	Mutan Gilirang
7	AR.1080	Persilangan mutan sintanur \times Diah Suci
8	Sintanur	Varietas Pembanding
9	Ciherang	Varietas Pembanding

Tabel 2. Lokasi uji adaptasi galur mutan aromatik dan Varietas Pembanding

No.	Kabupaten	Kecamatan	Tahunpengujian
1	Pinrang (Sul-Sel)	Watang Sawito	2012
2	Tabalong (Kal-sel)	Jaro	2012
3	Pidie (Aceh)	Sakti	2012
4	Bombana (Sul-Teng)	Poleang Utara	2012
5	Sungaipenuh (Jambi)	Sungaipenuh	2012
6	Sleman (Yogyakarta)	Brabah	2013

7	Tabanan (Bali)	Kediri	2012
8	Indramayu (Ja-Bar)	Indramayu	2012
9	Subang (Ja-Bar)	Sukamandi	2012
10	Monokwari (Papua)	Prafi Mulia	2012
11	Kapahiang Bengkulu	Bumisari	2012
12	Subang (Ja-Bar)	Pusakanegara	2012
13	Depok (Ja-Bar)	Citayam	2014
14	Bantul (Yogyakarta)	Kecamatan Jetis	2014
15	Depok (Ja-Bar)	Citayam (MH)	2014/15
16	Sleman (Yogyakarta)	Kulonprogo (MH)	2014/15

3.3 Uji Kualitatif aroma

Setiap galur mutan yang disertakan dalam UML dilalukan uji aroma menggunakan 1.7% KOH. Daun dipotong sekitar 5 cm pada saat tanaman berumur 1 bulan kemudian dimasukan ke dalam tabung eppendorf (1,5 ml) berisi larutan 1,7 % KOH. Tabung kemudian ditutup selama satu jam, setelah itu penutup tabung dibuka untuk mengetahui tingkat aroma pada masing-masing galur mutan. Setiap nomor dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali oleh orang yang berbeda. Data dilakukan skoring untuk menentukan tingkat aroma dari setiap galur mutan.

3.4 Karakterisasi dan Identifikasi gen terkait aroma

Isolasi DNA

Isolasi DNA galur mutan (AR.1020 dan AR1030), varietas Sintanur dan Ciherang dilakukan untuk mengetahui lokus gen yang termutasi yang berhubungan dengan sifat aroma pada padi. Isolasi DNA menggunakan metode Doyle and Doyle (1990), Diambil sekitar 200 mg daun muda pada saat tanaman berumur 30 hari yang akan digunakan dalam penelitian ini. Daun tersebut digerus menggunakan 1 ml buffer CTAB (CTAB). Kuantifikasi DNA hasil isolasi menggunakan *spectrophotometer*(Pharmacia-biotech) pada panjang gelombang 260 nm dan 280 nm

Polymerase Chain Reaction (PCR)

Reaksi PCR dilakukan dengan menggunakan template DNA dari masing masing galur mutan yang akan diidentifikasi. Campuran reaksi terdiri dari: 50 nM DNA, 2 unit taq

DNA *polymerase*, 2,5 mM MgCl₂, 1 x bufer PCR, 200 µM DNTP mix, 0,2 µM *Primer* DNA. Siklus PCR terdiri 45 siklus dan setiap siklus PCR terdiri dari pre denaturasi pada temperatur: 94°C selama, kemudian diikuti selama 45 siklus yaitu denaturasi pada suhu 94°C selama 40 detik, *annealing* pada suhu, 55°C selama 1 menit, ekstensi pada suhu 72°C selama 1 menit, saat terakhir suhu dan waktu ekstensi adalah 72 °C selama 10 menit. Primer DNA yang berhubungan dengan gen aromatik yang digunakan pada reaksi PCR dapat dilihat pada Tabel 3.

Gel electrophoresis

Gel electrophoresis untuk produk *PCR* dilakukan dengan menggunakan *agarose* (1,5%) dalam *TAE buffer* (1x), kuat arus 90 miliamper dengan *voltage* 220 Volt selama 30 menit. Hasil elektroforesis divisualisasi dengan *ethidium Bromide (EtBr)* dalam *TE buffer* dengan konsentrasi 0,5 µg/ml. Pengambilan gambar fragmen DNA dilakukan dibawah cahaya ultraviolet, kemudian hasil pemotretan fragmen DNA di analisa untuk mengetahui berat molekul framen DNA tersebut.

Tabel 3. Marka DNA yang digunakan untuk mendeteksi mutasi pada gen *Badh2*

No.	Urutan basa primer	Spesifik	Sumber
1	RG28-F 5'-GATCTCACTCAAGTAAACTCTGAC-3' R G28-R 5'-ACTGCCATTGCTTCTGTTCTC-3' RM223-F 5''-GAGTGAGCTTGGGCTGAAAC-3' RM223-R 5'-GAAGGCAAGTCTTGGCACTG-3'	<i>Linked to aromatic rice phenotype</i>	Nguyen and Bui, <i>Omni rice</i> 16:16-23, 2008 (10)
2	ESP 5'-TTGTTTGGAGCTTGCTGATG-3' IFAP 5'-CATAGGAGCAGCTGAAATATATACC-3' INSP 5'-CTGGTAAAAAGATTATGGCTTCA-3' EAP 5'-AGTTGCTTTACAAAGTCCCGC-3'	<i>External sense primer</i> <i>Internal fgr ant. Prim.</i> <i>Non-fragr.</i> <i>External ant.primers</i>	<i>Bradbury, et al., Mol. Breeding,</i> 16:279-283, 2005 (9)
3	AR-3 5'-ACCAGAGCAGCTGAAATAT-3' 5'-AGTTGCTTTACAAAGTCCCGC-3'	<i>Linked to aromatic rice</i>	<i>Bourgis, et al.,</i> 2008, TAG:117, 353-368 (11)

3.5 Uji Ketahanan Terhadap Hama Wereng Coklat Biotipe 1, 2, dan 3

Pengujian ketahanan galur mutan padi aromatik dilakukan di dua laboratorium

yaitu: Laboratorium BB padi dan laboratorium hama dan penyakit tanaman di PAIR-BATAN. Sedangkan identifikasi gen Bph1, bph2 dan Bph3 dilakukan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman PAIR-BATAN

Identifikasi gen Bph 1, bph 2, dan Bph 3 pada galur mutan Aromatik

Dua galur mutan yaitu AR.1020 dan AR.1030 serta dua varietas pembanding Sintanur dan Ciherang, dan kontrol tahan terhadap hama wereng biotipe 1 yaitu cv. Mudgo dan kontrol rentan terhadap hama wereng yaitu Taichung Native 1 (TN1) digunakan dalam penelitian ini. Benih ke dua kultivar (Mudgo dan TN1) ini disuplai dari Balai Besar penelitian Padi Sukamandi. Polymerase Chain Reaction (PCR) untuk mengidentifikasi dan karakterisasi galur mutan dan varietas pembanding menggunakan primer berhubungan dengan ketahanan galur mutan dan varietas pembanding terhadap hama wereng biotipe 1, 2, dan 3 dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4: Primer yang digunakan untuk mengidentifikasi gen Bph 1, bph2, dan Bph3 pada galur mutan padi aromatik dan varietas pembanding (Sintanur dan Ciherang)

Primer	DNA sequence	Sumber
	5 → 3'	
(BpE19,STS) Bph 1	BpE18-3F (5'CGCTGCGAGAGTGACACT-3') BpE18-3R (5'-TTGGGTTACACGGGTTTGAC-3')	Kim and Sohn, Molecules and Cells, 20 (1):30-34(2005)
(RM463, SSR) bph 2	RM463 5'-TTCCCCTCCTTTTATGGTGC-3' (F) 5'-TGTTCTCCTCAGTCACTGCG-3' (R)	Li-Hong, et al, (Acta genetic sinics, 2006)
(RM589,SSR) Bph 3	RM589 5'-ATCATGGTC GTGGCTTAAC-3'(F) 5'-CAGCTTCCAACCAGACTG-3'(R)	Jairin,J.,dkk.(MJ.Int.J.Sci.Tech., 01) (2007)

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Multilokasi

1.1 Tinggi tanaman

Tinggi tanaman galur mutan padi aromatik disetiap lokasi pengujian berbeda satu dengan lainnya. Tinggi tanaman yang tertinggi diperoleh dilokasi pengujian Kabupaten Kediri, tabanan-Bali yaitu 144 cm, sedangkan yang terendah diperoleh di tempat pengujian Sungai Penuh-Jambi yaitu 96 cm. Rata-rata tinggi tanaman galur mutan aromatic AR.1020

dan AR.1030 berturut-turut adalah 118 cm dan 119 cm pengujian di enam belas Lokasi. Berdasarkan perhitungan standard deviasi maka tinggi tanaman untuk galur mutan AR.1020 berkisar antara 100-130 cm dan 113-131 cm untuk galur mutan AR.1030. Kalau dibandingkan varietas Sintanur mempunyai rata-rata tinggi tanaman berkisar antara 116 cm dan tidak berbeda nyata dengan kedua galur mutan tersebut di atas (Tabel 6).

Tabel 6. Rata-rata tinggi tanaman dari galur mutan padi aromatic dan varietas pembanding Sintanur dan Ciherang di enam belas Lokasi percobaan

No.	Galur Mutan/Varietas	Lokasi Uji								Rerata
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	
1	AR.1020	118	100	105	125	144	126	102	123	117,6±15,12
2	AR.1030	126	106	109	125	142	129	102	118	119,4±12,70
3	AR.1040	114	114	105	124	144	128	103	119	119,0±13,43
4	AR.1050	118	105	106	126	148	117	103	122	119,6±13,43
5	AR.1060	120	121	111	126	146	131	103	125	121,31±11,78
6	AR.1070	102	95	113	117	121	114	104	114	112,3±7,86
7	AR.1080	113	115	104	123	144	126	106	115	118,4±12,13
8	Sintanur	114	113	104	124	136	123	103	118	115,7±16,81
9	Ciherang	97	103	100	116	117	112	104	103	105,7±13,68

No.	Galur/varietas	Lokasi Uji								Rerata
		L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	
1	AR.1020	96	114	142	115	112,7	98	136	124	117,6±15,12
2	AR.1030	105	114	144	114	112	110,3	129	126	119,4±12,70
3	AR.1040	99	114	144	115	115	106,5	133	126	119,0±13,43
4	AR.1050	101	118	143	113,4	110,7	118,5	134	124	119,6±13,43
5	AR.1060	108	113	141	112	113	115,7	129	126	121,31±11,78
6	AR.1070	105	113	127	118	118,3	109,1	112	114	112,3±7,86
7	AR.1080	100	118	142	113,4	113,3	113,1	125	124	118,4±12,13
8	Sintanur	102	115	145	110,8	113	72,3	134	124	115,7±16,81
9	Ciherang	105	116	119	102,5	109	60,8	112	114	105,7±13,68

1.2 Jumlah anakan produktif

Rata-rata jumlah anakan produktif per rumpun tanaman dari galur mutan maupun varietas pembanding Sintanur maupun Ciherang dapat dilihat pada pengujian di enam belas lokasi pengujian (Tabel 20). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata jumlah anakan produktif antara galur mutan dengan varietas Sintanur hampir sama yaitu 18 anakan produktif (Tabel 20). Berdasarkan analisis standard deviasi pada enam belas lokasi pengujian terdapat kisaran standard deviasi yaitu 4,5-5,7 diantara galur mutan dengan Sintanur berarti tidak terjadi perbedaan. Kisaran jumlah anakan produkti galur mutan

AR.1020 dan AR.1030 berturut-turut adalah 13-25 dan 12-24 per rumpun tanaman. Sedangkan varietas Sintanur berkisar antara 14-24 per rumpun tanaman.

Jumlah anakan produktif per rumpun tanaman diberbagai lokasi pengujian sangat bervariasi. Jumlah anakan produktif yang tertinggi diperoleh pada lokasi penanaman di L4 dan yang terendah diperoleh didaerah penanaman L6 untuk galur mutan AR.1020. Tetapi rata-rata anakan produktif galur mutan padi AR.1020 di enam belas lokasi penanaman tidak jauh berbeda dengan galur mutan lainnya termasuk varietas pembanding Sintanur dan Ciherang. Sedangkan jumlah anakan produktif yang tertinggi pada galur mutan AR.1030 pada lokasi penanaman L4 dan terendah pada lokasi penanaman L1. Jumlah anakan produktif dari galur mutan padi aromatic dan varietas pembanding tidak berbeda yaitu rata-rata 18 anakan produktif per rumpun tanaman (Table 7).

Tabel 7. Rata-rata Jumlah anakan produktif/ rumpun galur mutan padi aromatic dan varietas pembanding pada pengujian enam belas lokasi

No.	Galur Mutan/Varietas	Lokasi Uji								Rerata
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	
1	AR.1020	14	25	14	31	18	13	20	15	18,1±5,10
2	AR.1030	13	26	12	32	17	14	18	14	17,9±5,70
3	AR.1040	15	26	15	33	16	12	19	14	17,9±5,63
4	AR.1050	15	27	15	32	17	12	19	15	17,8±5,51
5	AR.1060	14	27	14	28	17	13	18	15	18,5±5,69
6	AR.1070	14	30	17	28	17	13	18	15	18,7±5,8
7	AR.1080	14	26	14	31	18	13	19	14	18,1±5,22
8	Sintanur	17	27	15	27	18	14	18	15	18,4±4,50
9	Ciherang	20	27	15	26	17	14	18	16	19,0±5,24

No.	Galur/variety	Lokasi								Rerata
		L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	
1	AR.1020	23	15	19,9	16,3	13,67	20,2	20	11,67	18,1±5,10
2	AR.1030	21	15	23,4	16,6	12,87	21,8	18	11,33	17,9±5,70
3	AR.1040	23	16	20,8	16,4	12,40	16,2	19	11,00	17,9±5,63
4	AR.1050	21	14	22,4	15,5	14,40	17,8	18	11,00	17,8±5,51
5	AR.1060	21	15	22,3	15,3	12,80	20,93	16	10,67	18,5±5,69
6	AR.1070	22	15	28,5	21,6	13,66	17,0	16	12,00	18,7±5,8
7	AR.1080	21	18	18,6	16,5	12,73	21,33	21	11,00	18,1±5,22
8	Sintanur	21	15	23,5	17,5	14,66	21,40	20	11,33	18,4±4,50
9	Ciherang	21	17	30,9	17,5	13,66	22,33	17	12,33	19,0±5,24

1.3 Umur tanaman

Umur tanaman galur mutan AR.1020 dan AR.1030 adalah berturut-turut sekitar 114 dan 114 hari (Tabel 8). Sedangkan varietas Sintanur dan Ciherang adalah berturut-turut 116 dan 117 hari. Umur tanaman disetiap lokasi percobaan sangat bervariasi sekali, Rata-rata umur panen galur mutan tanaman yang di uji daerah di Sungai Penuh-Jambi lebih lama bila dibandingkan dengan daerah Papua. Umur panen sangat dipengaruhi oleh *geografi* suatu wilayah dan lamanya penyinaran cahaya matahari. Umur panen varietas pembanding Sintanur dan Ciherang hanya berbeda tipis yaitu 2 sampai 3 hari, tetapi umur panen dilokasi-lokasi lain tidak jauh berbeda.

Tabel 8. Rata-rata umur panen galur mutan padi aromatic dan varietas pembanding Sintanur dan Ciherang di enam belas lokasi

No.	Galur Mutan/Varietas	Lokasi Uji								Rerata
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	
1	AR.1020	115	111	118	119	119	106	118	107	114 ±5,77
2	AR.1030	115	111	116	120	120	106	116	107	114 ±5,80
3	AR.1040	115	111	110	119	117	116	116	107	115 ±4,96
4	AR.1050	115	110	115	119	119	116	115	107	115 ±4,97
5	AR.1060	115	112	115	119	117	109	116	110	114 ±3,74
6	AR.1070	125	111	126	128	120	108	122	113	119 ±7,48
7	AR.1080	105	114	118	116	119	116	114	110	115 ±4,86
8	Sintanur	115	110	121	124	119	116	114	110	116 ±4,97
9	Ciherang	120	111	121	123	119	115	115	115	117 ±4,65

No.	Galur/varietas	Lokasi								Rerata
		L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	
1	AR.1020	119	107	107	115	119	106	122	118	114 ±5,77
2	AR.1030	119	106	107	115	117	106	122	119	114 ±5,80
3	AR.1040	118	116	107	115	120	106	122	119	115 ±4,96
4	AR.1050	118	117	107	115	117	106	122	120	115 ±4,97
5	AR.1060	118	109	110	115	119	106	122	119	114 ±3,74
6	AR.1070	125	108	113	119	124	108	129	121	119 ±7,48
7	AR.1080	118	116	110	117	119	106	122	119	115 ±4,86
8	Sintanur	118	116	110	117	119	106	122	119	116 ±4,97
9	Ciherang	118	115	115	119	115	106	125	120	117 ±4,65

1.4 Berat 1000 butir

Berat 1000 butir gabah kering giling diantara galur mutan AR.1020 dan AR.1030 tidak jauh berbeda yaitu berturut-turut 28,5 gram da 28,3 gram. Berat gabah galur mutan tersebut lebih tinggi bila dibandingkan dengan sintanur maupun Ciherang (Tabel 9). Berat gabah akan mempunyai pengaruh terhadap produksi gabah per ha apabila jumlah gabah

per malai juga lebih tinggi atau sama dengan varietas pembanding. Persentase kenaikan produksi bisa mencapai 2-3,5 persen apabila rata-rata jumlah gabah isi per malai sama dengan varietas pembanding.

Tabel 9. Rata-rata berat 1000 butir gabah galur mutan padi aromatic dan varietas Sintanur dan Ciherang

No.	Galur Mutan/Varietas	Lokasi Uji								Rerata
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	
1	AR.1020	28	26	28.66	27	20	33	30	28	114 ±5,77
2	AR.1030	28	26.66	28.66	27.66	20	29.33	30.33	28	114 ±5,80
3	AR.1040	28	25.66	28.33	28	21.66	31	30	28	115 ±4,96
4	AR.1050	28	26.66	28.33	27.66	21	31	32	29	115 ±4,97
5	AR.1060	28.33	26	29	28	21.66	32	30	28	114 ±3,74
6	AR.1070	24	28	27	26.33	21	26	29.33	30	119 ±7,48
7	AR.1080	28	25	28.33	26.33	21	32	30	27.66	115 ±4,86
8	Sintanur	28	25	26.66	27.66	21	30	29.66	28	116 ±4,97
9	Ciherang	26	25	28	28	21.66	31.33	28.33	28	117 ±4,65

No.	Galur/varietas	Lokasi								Rerata
		L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	
1	AR.1020	31	34	33.1	27.58	27.54	26.4	27.8	27.2	114 ±5,77
2	AR.1030	33.66	33.33	29.2	28.23	27.58	26.2	27.8	28.2	114 ±5,80
3	AR.1040	31	33.66	31,3	26.82	26.81	23.6	27.4	27.4	115 ±4,96
4	AR.1050	31.66	33.66	31	27.45	27.15	23.6	27.2	27.6	115 ±4,97
5	AR.1060	30	33	31.6	27.8	26.8	26.8	27.9	27.3	114 ±3,74
6	AR.1070	29.66	33.33	26.2	26	26.84	26	26.3	27.7	119 ±7,48
7	AR.1080	31.66	33.66	31.9	27.71	27.41	26.1	27.8	28	115 ±4,86
8	Sintanur	30.66	33.33	29.9	26.97	26,85	23.6	27.5	27.8	116 ±4,97
9	Ciherang	28.66	31.33	31.2	25.53	28.01	25.5	25.8	27.8	117 ±4,65

1.5 Produksi, Stabilitas, dan Adaptabilitas

Model analisis anova gabungan dapat dilihat pada Tabel 10, sedangkan hasil uji adaptasi dan stabilitas galur mutan padi aromatik di enam belas lokasi Indonesia disajikan pada Tabel 11. Hasil pengujian adaptasi menunjukkan bahwa galur mutan AR.1020 unggul di sepuluh lokasi pengujian. Sedangkan galur mutan AR.1030 unggul di delapan lokasi pengujian. Analisis statistik berkenaan dengan adaptabilitas dan stabilitas yang berkaitan dengan produksi dilakukan menurut model Finlay and Wilkonson (1963). Metode ini mengandalkan perhitungan koefisien regresi dan deviasi regresi dalam menentukan stabilitas dan adaptabilitas suatu Kultivar. Banyak pendekatan statistik yang dapat digunakan untuk mengukur stabilitas suatu kultivar diantaranya: *additive main*

effects and multiple interaction (AMMI), yield stability approach (Kang, 1993), dan biplot analysis (Yan, 2001), dan koefisien regresi dan parameter stabilitas untuk membandingkan diantara galur (Eberhard and Russels, 1966)

Hasil analisis adaptasi dan stabilitas untuk hasil gabah kering giling menunjukkan bahwa galur mutan AR.1020 memperlihatkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan galur mutan lainnya. Nilai stabilitas (koefisien regresi) galur mutan AR.1020 adalah hampir sama dengan 1. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Finlay dan Wilkinson (1963) bahwa apabila hasil koefisien regresi mendekati nilai 1 menunjukkan stabilitas merata, dan hasil rata-rata gabah tinggi, dan varietas mempunyai adaptabilitas bagus. Menurut Finlay dan Wilkinson (1963), bahwa meningkatnya nilai regresi diatas 1 menggambarkan bahwa meningkatnya sensitivity varietas terhadap perubahan lingkungan, dan spesifik adaptability pada suatu lokasi dengan produksi tinggi. Sedangkan nilai koefisien regresi berkurang dibawah satu memberikan pengukuran suatu varietas yang lebih resisten terhadap perubahan lingkungan. Galur mutan AR.1080 mempunyai nilai koefisien regresi $1 <$ dan produksi gabah rata-rata di enam belas lokasi paling rendah bila dibandingkan dengan varietas Sintanur maupun Ciherang (Tabel 11). Hasil analisis stabilitas galur mutan AR.1020 dan AR 1030 dan varietas pembanding dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10. Analisis anova gabungan dari interaksi lingkungan x genotype galur mutan padi aromatik

Sumber variasi	Derjat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai F
Galur	8	26.645197	3.330650 **	2.57
Galat	120	155.565234	1.295308	
Lingkungan (LK)	15	748.691717	49.912781 **	21,83
Galat	63.946	146.227861	2.286748	
UL x LK	32	46.841602	1.463800	3,10
LK X Galur	120	155.548818	1.296240	2,74
Galat	255	1.463800	0.472224	

Tabel 11. Data produksi dan stabilitas hasil analisis Anova gabungan galur mutan aromatik dan varietas pembanding

Galur/ Varietas	Produksi	Bi	Sdi	Cii	Ri	KK (%)
AR.1020	6,54 a	1,114	0,477	0,036	0,957	7,29
AR.1030	6,40 ab	1,113	0,614	0,036	0,931	9,60
AR.1040	6,37 ab	1,051	0,367	0,036	0,970	5,76
AR.1050	6,21 abc	1,186	0,555	0,036	0,950	8,94

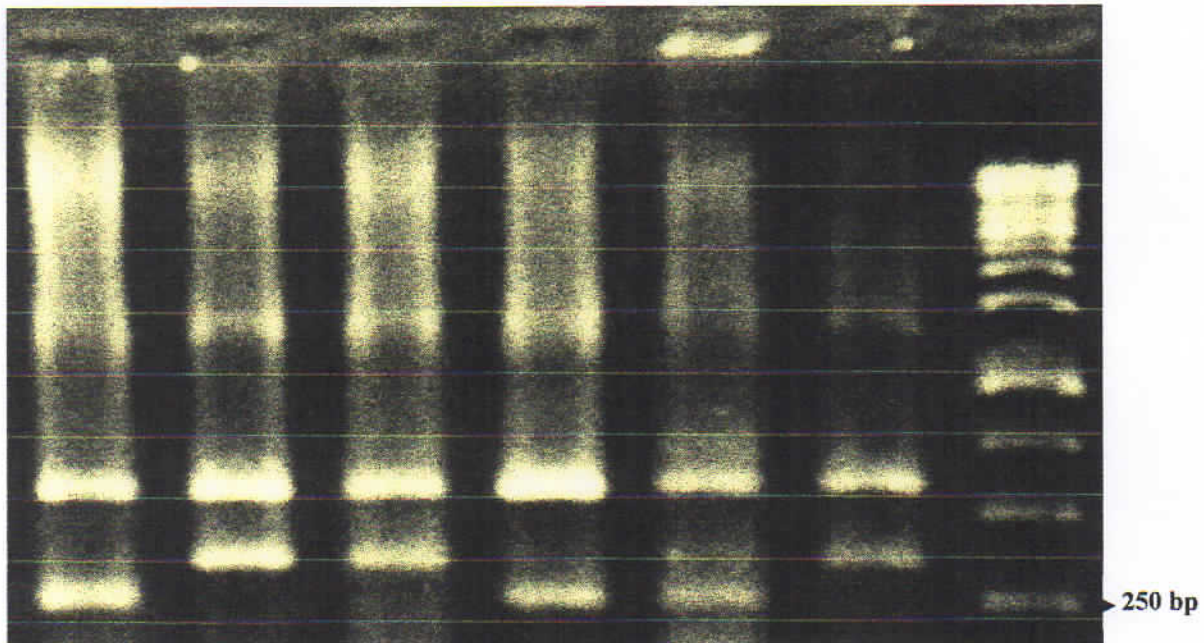
AR.1060	6,36 ab	0,923	0,630	0,036	0,900	9,89
AR.1070	6,16 bc	0,864	0,818	0,036	0,830	13,27
AR.1080	5,65 d	0,658	0,664	0,036	0,813	11,76
Sintanur	6,00 c	1,100	0,513	0,036	0,950	8,54
Ciherang	6,26 abc	0,994	0,682	0,036	0,899	10,90

Keterangan : Bi, regresi; Sdi, standard deviasi; Cii, factor koreksi; Ri, Korelasi nilai rata-rata genotype; KK, koefisien keragaman, pada data lajur produksi, huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada level 5%

4.3 Analisis Molekular gen *Badh2* sebagai “suppressor” aroma pada padi

Gen “Betaine aldehyde dehydrogenase” (*Badh2*) merupakan suppressor terhadap munculnya aroma pada tanaman padi, popcorn, dan teh hijau sehingga gen ini mencegah munculnya ekspresi 2 Acetyl-1-pyrroline (2-ACP). Senyawaan 2-ACP merupakan pemberi aroma terhadap padi baik pada daun maupun pada gabah (Nadaf et al, 2013; Bradbury, et al. 2005). Mutasi yang terjadi pada gen *Badh2* mengakibatkan gen ini kehilangan fungsi sebagai supressor untuk senyawaan 2-ACP (Chen et al. 2008;). Analisis molekular yang dilakukan terhadap gen *Badh2* pada galur mutan AR.1020 dan induknya cv. sintanur dapat dilihat pada gambar 1. Terdapat pita polymorphic diantara padi aromatik dan non-aromatik (cv. Ciherang, AR1070, dan AR.1080)

AR.1020 AR.1070 AR.1080 Gilirang Sintanur Ciherang M



Gambar 1. Profil fragmen DNA galur mutan AR1020, AR.1070, AR1080 (lajur 1,2, dan 3),

Gilirang, Sintanur dan Ciherang berturut-turut pada lajur 4,5, dan 6, sedangkan M adalah marka DNA

4.4 Pengujian hama wereng coklat

4.1.1 pengujian ketahanan terhadap hama wereng coklat

Pengujian ketahanan hama wereng coklat berdasarkan penampilan fenotipe dilakukan di dua laboratorium yaitu: laboratorium hama dan penyakit di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi–Badan Tenaga Nuklir Nasional (PAIR-BATAN) yang sudah terakreditasi oleh KNAPPP (sertifikat akreditasi terlampir) dan pengujian ke dua dilakukan di laboratorium hama dan Penyakit Balitbang Kementan di Sukamandi. Pengujian di laboratorium PAIR-BATAN menggunakan hama wereng dari lapangan yang diambil di daerah Pusakanegara. Hasil pengujian ketahanan galur mutan terhadap hama wereng coklat dapat dilihat pada Tabel 12 dan Table 13. Pengujian ketahanan hama wereng coklat dari lapangan pada galur mutan padi aromatik menggunakan kultivar pembanding yaitu Taichung Native 1 (TN1) sebagai kontrol untuk tanaman rentan, serta kultivar mudgo untuk kontrol tahan untuk biotipe1, ASD7 sebagai kontrol tahan untuk biotipe-2, dan ratu Henati sebagai kontrol tahan untuk biotipe 3. Pengujian ketahanan galur mutan terhadap hama wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3 dapat dilihat pada Tabel 12. Hasil pengujian AR.1020, AR. 1030, dan AR.1040, serta Ciherang dan Sintanur sebagai pembanding menunjukkan bahwa galur mutan dan varietas pembanding agak rentan terhadap hama wereng coklat biotipe 1 dan 2. Sedangkan Sintanur Rentan terhadap hama wereng biotipe 3. Penampilan fenotipe berdasarkan hasil pengujian hama wereng dari varietas Sintanur dan Ciherang ini berlawanan dengan deskripsi padi dari ke dua varietas tersebut di atas. Menurut data deskripsi oleh Kementerian Pertanian menyebutkan bahwa varietas Ciherang tahan terhadap hama wereng coklat biotipe 2 dan dan agak tahan terhadap hama wereng coklat biotipe 3, sedangkan var. Sintanur tahan terhadap biotipe 2 dan agak tahan terhadap hama wereng coklat biotipe 3 (Suprihatno, dkk.,2009). Tetapi data hasil pengujian yang diperoleh dari BB padi-sukamandi menunjukkan bahwa varietas Ciherang agak rentan terhadap hama wereng coklat biotipe 1,2 dan biotipe 3 sedangkan varietas sintanur rentan terhadap biotipe 3. **Data hasil pengujian hama wereng yang berlawanan ini memberikan ketidak pastian secara saintifik keakuratan metodologi yang digunakan dalam pengujian hama dan penyakit.** Oleh karena itu kami mencoba melakukan identifikasi dan karakterisasi gen Bph1, bph 2, dan Bph3 menggunakan DNA primer yang

terkait dengan masing-masing gen tersebut.

Tabel 12. Hasil Pengujian ketahanan hama wereng coklat biotipe-1, biotipe-2 dan biotipe3 pada galur mutan aromatik di Sukamandi

No.	Galur/varietas	Biotipe-1		Biotipe-2		Biotipe-3	
		Skor	Kriteria	Skor	Kriteria	Skor	Kriteria
1	Sintanur	5	AR	5	AR	7	R
2	Ciherang	5	AR	5	AR	5	AR
3	AR.1020	5	AR	7	R	5	AR
4	AR.1030	5	AR	7	R	5	AR
5	AR.1040	5	AR	7	R	5	AR
6	TN 1	9	SR	9	SR	9	SR
7	RH	1	T	3	AT	3	AT
8	PTB33	1	T	1	T	3	AT
9	Swarnalata	1	T	3	AT	3	AT

Tabel 13. Hasil Pengujian ketahanan hama wereng coklat biotipe-1, biotipe-2 dan biotipe3 pada galur mutan aromatik di PAIR-BATAN

No.	Galur/varietas	Skoring			Keterangan
		1	2	3	
1	AR.1020	3	3	5	AT
2	AR.1030	5	5	5	AR
3	AR.1040	7	5	5	AR
4	AR.1050	5	5	5	AR
5	AR.1060	5	5	5	AR
6	AR.1070	5	3	5	AR
7	AR.1080	3	3	3	AT
8	SINTANUR	7	5	7	R
9	CIHERANG	5	5	5	AR
10	TN 1	9	7	9	SR
11	Mudgo	5	5	5	AR
12	ASD7	5	5	5	AR

13	RH	1	0	0	T
14	PTB33	0	0	0	T
15	SL	0	0	0	T

Hasil Pengujian ketahanan hama wereng coklat di Laboratorium Hama dan Penyakit PAIR-BATAN menunjukkan Galur mutan AR.1020 agak tahan, galur mutan AR.1030 agak rentan, sedangkan Varietas Sintanur dan Ciherang berturut-turut rentan (R) dan agak rentan (AR) terhadap serangan hama wereng coklat. Sama halnya dengan varietas Mudgo dan ASD7 yang digunakan sebagai kontrol tahan berturut-turut untuk biotipe-1 dan biotipe-2 agak rentan terhadap hama wereng coklat dari lapang (Tabel 12). Perkiraan sementara bahwa biotipe hama wereng yang ada di lapang saat ini khusus di daerah Pusakanegara sudah di atas selain biotipe 1, 2, dan 3, asumsi ini berdasar data dari Brar dkk (2009) dan ditampilkan pada Tabel 13, terlihat bahwa var. Mudgo dan ASD7 terserang, sedangkan Ratu Heenati tidak terserang. Oleh karena itu perlu melakukan identifikasi yang lebih mendalam mengenai hama wereng coklat yang sudah berkembang biak di daerah yang menjadi lumbung padi Nasional. Karena pemecahan masalah ketahanan tanaman padi terhadap hama sebaiknya mempelajari lebih mendalam tentang perubahan fisiologis dan *feeding* hama yang bersangkutan.

Tabel 21. Respons beberapa varietas padi terhadap ketahanan dari berbagai biotipe hama wereng coklat

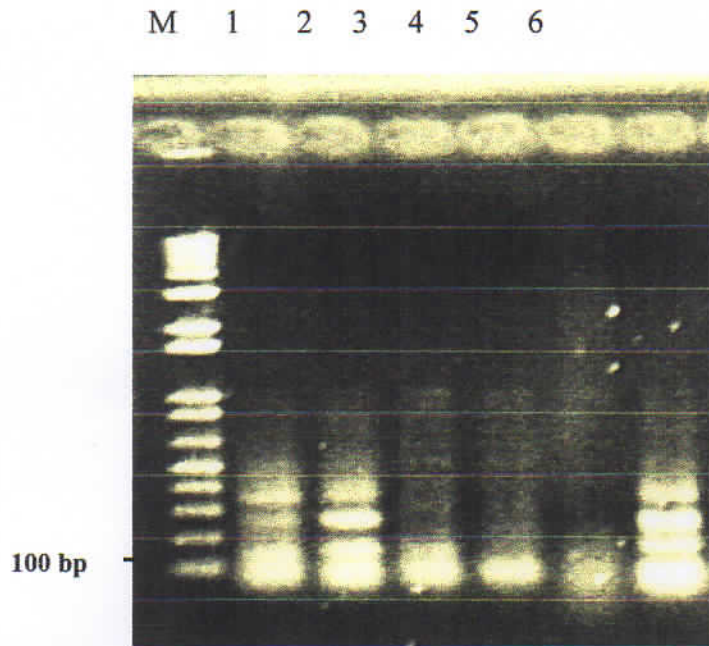
Varietas	Gene	Respon biotipe hama wereng coklat terhadap padi			
		1	2	3	4
Mudgo	Bph1	T	R	T	R
ASD7	bph2	T	T	R	R
Ratu Heenati	Bph3	T	T	T	T
Babawee	bph4	T	T	T	T
TN1	-	R	R	R	R

4.1.2 identifikasi gen terkait dengan Bph 1, bph2, dan Bph3

Analisis molecular menggunakan primer BpE18 dalam Polymerase Chain Reaction (PCR) adalah bertujuan untuk identifikasi dan karakterisasi gen yang berhubungan dengan

ketahanan hama wereng biotipe 1 dapat dilihat pada gambar 6. Hasil Polymerase Chain Reaction (PCR) pada cv. Mudgo diperoleh 4 fragmen DNA dengan masing-masing ukuran (60,180,260,dan 340) bp, sedangkan fragmen DNA ukuran 260 bp dan 340 bp tidak ditemukan pada TN 1, Sintanur dan Ciherang, tetapi ditemukan pada galur mutan AR.1020 dan AR.1030. Menurut Kim and Sohn (2005) bahwa primer BpE18 sangat DEKAT terpaut dekat dengan lokus gen yaitu dengan jarak 3,9 cM dari lokus gen biotipe 1 dan dapat digunakan untuk *marker assisted selection* (MAS) untuk gene tahan Bph1

Hasil analisis molekular galur mutan padi AR.1020 dan AR.1030 menunjukkan pola pita DNA sama dengan var. Mudgo, tetapi berbeda dengan Sintanur dan Ciherang (Gambar 6). Primer DNA yang digunakan untuk PCR dalam mengidentifikasi ketahanan galur mutan padi terhadap biotipe-1 sama yang digunakan oleh Kim dan Sohn (2005) seperti tercantum dalam Tabel 4. Hasil PCR menunjukkan bahwa analisis pola pita DNA ada kemiripan Mudgo dengan AR.1020 dan AR. 1030 dan berbeda dengan varietas Sintanur dan Ciherang. Untuk mencari korelasi antara data fenotipe dan genotipe memerlukan analisis yang lebih mendalam lagi, karena data fenotipe varietas pembandingan yang digunakan mempunyai hasil yang tidak konsisten berdasarkan data yang dikumpulkan dari berbagai hasil penelitian pihak lain. Gen Bph 1 dan bph 2 terletak pada pada chromosom yang sama yaitu khromosom 12 dan jarak diantara dua gen tersebut tidak jauh yaitu sekitar yaitu sekitar 30 cM berarti nilai rekombinasi sekitar 30 %



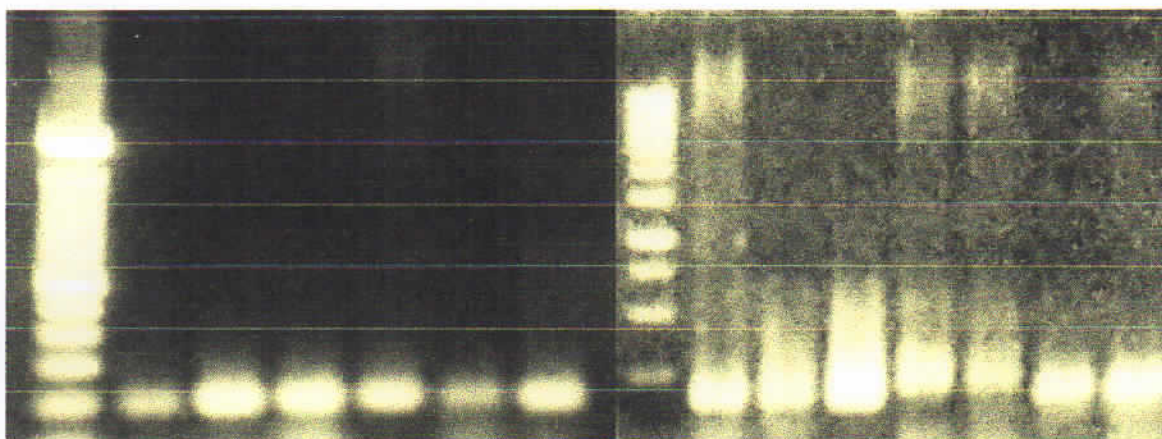
Gambar 6 ; Hasil PCR menggunakan Primer terkait dengan Bph 1, Lajur 1-6 berturut-turut adalah marka DNA, galur mutan AR.1020, AR.1030, Varietas Sintanur, Ciherang, TN 1, dan Mudgo

Identifikasi gen bph 2 dan Bph3 dilakukan menggunakan primer SSR yang terkait masing-masing dengan bph2 (RM463) dan Bph3 (RM 589). Gen bph2 terletak pada khromosom 12 dan dikontrol oleh gen resesif (Brar, dkk., 2009). Hasil elektroforesis dari produk PCR menggunakan primer RM463 terlihat bahwa fragment DNA AR.1020, AR.1030 dan varietas Sintanur sebagai *wildtype* tidak ada pita polimorfik, begitu juga dengan var. Mudgo dan TN1 (gambar 7A). Hasil analisis fragment DNA ini menunjukkan bahwa galur mutan aromatic, var. Sintanur, var. ciherang tidak tahan terhadap hama wereng coklat biotipe 2. Hasil molecular analisis ini sejalan dengan data yang ditampilkan oleh Brar, et al. (2009), mengatakan bahwa var. Mudgo rentan terhadap hama wereng coklat biotipe 2, tetapi kebalikan dari hasil publikasi tentang deskripsi padi var. Sintanur dan Ciherang oleh Supriatno, et al. 2009). Oleh karena itu perlu peneitian yang lebih mendalam kenapa data fenotipe tidak sejalan dengan data genotipe.

Gen Bph3 terletak pada khromosom 6 sama dengan bph4, lokasi ke dua gen tersebut tidak terpaut jauh (Jairin et al.2007^a). Varietas Ratuhenati adalah sangat tahan terhadap Bph3 dan bph4 dan dapat digunakan sebagai kontrol tahan pada saat pertumbuhan vegetative, tetapi rentan pada saat fase generative terutama pada saat berbunga (Jairin et al.

(2007^b). Hasil penelitian identifikasi molekular gen Bph3 menggunakan primer RM589 yang terpaut dengan ketahanan dengan Bph3 sesuai dengan publikasi oleh Jairin et al.2007). Hasil analisis berat molekul fragment DNA menunjukkan bahwa galur mutan AR.1020 dan AR.1030 sama dengan var. Sintanur berbeda dengan var. TN1 dan var. Ciherang, berarti ada pita polymorphic antara var. TN1 dan ke dua galur mutan. Sedangkan var. Mudgo yang digunakan sebagai control untuk ketahanan hama wereng coklat biotipe 1

M 1 2 3 4 5 6 M 1 2 3 4 5 6 7



Gambar 7 A-B: Lajur 1-9, Marka DNA, galur mutan AR.1020, AR.1030, varietas Sintanur, Ciherang, TN1, Mudgo, (Gambar A); sedangkan gambar B berturut-turut adalah Marka DNA, AR.1020, AR.1030, Var. Sintanur, Var. Ciherang, var. IR64, Mudgo, dan TN1

AR1030 terletak pada 190 bp, berbeda dengan TN1 maupun Mudgo dari (gambar 7B). Sedangkan fragmen DNA varietas ciherang diperoleh pada 100 bp. Fragmen DNA dari hasil pemisahan dengan elektroforesis menunjukkan berat molekul sekitar 200 bp untuk bph2 tidak perbedaan pola pita DNA antara galur mutan AR1020, AR.1030 dan TN1 maupun dengan Sintanur dan Ciherang (Gambar 7A). Pola pita DNA untuk Bph3 dari galur mutan AR.1020, AR.1030 dan Sintanur adalah sama yaitu sekitar 190 bp, sedangkan Ciherang dan TN1 berada pada 200 bp

4.5 Hasil Pengujian ketahanan galur Mutan Padi Aromatik terhadap *Xanthomonas oryzae pv oryzae*

5.1. Pengujian Ketahanan galur mutan terhadap Xoo

Penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*. Penyakit hawar daun ini dapat menurunkan hasil antara 20-40%. Serangan bakteri ini pada tanaman padi ditandai dengan symptom menguningnya warna daun dan kemudian mengering. Akibat yang ditimbulkan adalah terganggunya proses fotosintesa pada tanaman yang terinfeksi. Menurut Sonti (1998) bahwa gen *Xa 21* pada tanaman padi mempunyai spectrum yang luas terhadap ketahanan serangan berbagai strain bakteri hawar daun. Karena *Xa21* mengandung receptor kinase (RLK) yang berfungsi sebagai “signalling pathway” dan *negative regulator* untuk kekebalan pada tanaman (Morillo and Tax, 2006; Peng et al., 2008). Sedangkan *xa 5* dan *xa13* merupakan gen resesif juga banyak berperan dalam sifat ketahanan terhadap serangan bakteri *Xanthomonas oryzae* pv.*oryzae*, terutama *xa5* mempunyai spektrum yang luas dalam ketahanan penyakit yang disebabkan oleh *Xoo*. Pengujian ketahanan galur mutan terhadap penyakit hawar daun menggunakan patotipe III, IV, dan VIII dapat dilihat pada Tabel 14. Hasil pengujian menunjukkan bahwa agalur mutan AR.1020, AR.1030, dan AR.1040 tahan terhadap HDB patotipe III, sama dengan tetuanya varietas Sintanur. Sedangkan AR.1030 dan AR.1040 agak rentan terhadap HDB patotipe IV dan VIII. Galur mutan AR1030 dan AR1040 agak lebih baik ketahanannya terhadap HDB patoripe VIII bila dibandingkan dengan varietas Sintanur maupun Ciherang. Galur mutan AR.1020 lebih baik ketahanannya terhadap patotipe VIII bila dibandingkan dengan Sintanur maupun Ciherang dan sama-sama rentan terhadap HDB patotipe IV.

KESIMPULAN

Hasil data UML untuk data agronomis terutama untuk data hasil gabah kering giling menunjukkan bahwa galur mutan AR1020 dan AR1030 mempunyai rata-rata produksi (ton/ha) lebih tinggi bila dibandingkan dengan varietas Sintanur dan Ciherang. Hasil uji stabilitas berdasarkan interaksi genotype x lingkungan bahwa galur mutan AR1020 dan AR.1030 cukup stabil bila ditanam diberbagai lokasi di Indonesia. Hasil analisis statistic terhadap nilai koefisien regresi mendekati nilai satu. Hal ini disimpulkan bahwa faktor genetik lebih berperan dalam hasil gabah per petak

Hasil uji penyakit terhadap ketahanan terhadap hama wereng yang di uji di dua laboratorium; laboratorium hama dan penyakit PAIR-BATAN dan laboratorium Balai Penelitian Padi, berturut-turut menggunakan hama wereng dari lapang Pusakanegara

(strain belum diketahui) dan strain biotip 1, 2, dan 3. Galur mutan AR1020 agak tahan terhadap hama wereng berasal dari lapang, sedangkan Ciherang dan AR.1030 agak rentan, dan sintanur rentan. Pengujian dilaboratorium di Balitpa-Kementerian Pertanian bahwa galur mutan AR.1020, AR1030, var. Sintanur dan Ciherang rentan terhadap hama wereng coklat biotip 1, sedangkan var.sintanur rentan terhadap biotip 3. Analisis DNA Molekular dengan menggunakan primer DNA yang terkait pada sifat ketahanan hama wereng biotipe satu, dua dan tiga. Fragmen DNA untuk biotipe 1 hasil PCR antara galur mutan AR1020 dan AR.1030 dengan Mudgo tidak berbeda pada fragmen 80, 150, dan 260 bp dan berbeda dengan TN1. Fragmen DNA untuk biotipe 3 menunjukkan bahwa fragmen DNA galur mutan AR.1020 dan AR.1030 sama dengan mudgo dan berbeda dengan TN1. Kesimpulan hasil uji ketahanan hama wereng secara fenotipe tidak konsisten hasilnya dengan data yang sudah dipublikasi melalui pelepasan varietas Sintanur dan Ciherang dengan data pengujian saat ini. Data pengujian genotype juga tidak sejalan dengan data pengujian fenotipe

DAFTAR PUSTAKA

1. Alpen, RL. (1990) Radiation Biophysics, Prentice Hall, Biophysics and Bioengineering series pp:392
2. Antony, G., Zhou, J., Huang, S., et al., (2010) Rice xa 13 recessive to bacterial blight is defeated by induction of the disease susceptibility gene Os-11N3, *Plant Cell*, 22:3864-3876
3. Bourgis, F., Guyot, R., Gherbi, H., et al., (2008) Characterization of the major fragrance gene from an aromatic japonica and analysis of its diversity in Asian cultivated rice, *Theor. Appl Genet.* 117, 353-363
4. Bradbury, LMT., Fitzgerald, TL., Henry, RJ., Jin, Q-S., and Waters, DLE. (2005) The gene for fragrance in rice, *Plant Biotechnology Journal* 3:363-370
5. Bradbury, LMT., Henry, RJ., Jin, Q-S., Reinke, RF., and Waters, DLE. (2005) A perfect marker for fragrance genotyping in rice, *Molecular Breeding* 16:279-283
6. Chen, S., Yang, Yi., Shi, WW., et al., (2008) Badh2, encoding betain aldehyde dehydrogenase, inhibits the biosynthesis of 2-acetyl-1-Pyrroline, a major component in rice fragrance, *The Plant Cell*, 20:1850-1861

7. Cheng, X., Zhu, L., and He, G.(2013) Towards Understanding of Molecular Interaction between Rice and the Brown Planthopper, *Mol. Plant*, 6:621-634
8. Chu, Z., Yuan, M., Yao, J., et al. (2006) Promoter mutations of an essential gene for pollen development results in disease resistance in rice, *Genes Develop.* 20: 1250-1255
9. Collard, BCY., and Mackill, DJ. (2008) Marker- Assisted Selection: an approach for precision Plant Breeding in Twenty-first century, *Phil.Tarns.R.Soc.* 363: 558-572 (Doi:10.1098/rstb.2007.2170.)
10. Doyle JJ, and Doyle JL (1990) Isolation of plant DNA from fresh tissue, *Focus* 12:13-15
11. Eberhard, SA., and Russels, WA. (1966) Stability parameters for comparing Varieties, *Crop Sci.* 5:36-40
12. Finlay KW., and Wilkinson, GN. (1963) The analysis of adaptation in a plant-breeding programme, *Aust. J. Agric. Res.* 14:742-754
13. Fitzgerald, MA., Hamilton, NRS., Cakingacion, MN., Verhoeven,HA., and Butardo, VM. (2008) Is there a second mutation fragrance gene in rice?, *Plant Biotechnology Journal*, 6:416-423
14. Huang, N., Angeles, ER., Domingo, J. et al. (1997) Pyramiding of bacterial blight resistance genes in rice: Marker –assisted selection using RFLP and PCR, *Theor.Appl. Genet.* 95:313-320
15. (IAEA) International Atomic Energy Agency (2003) Mutation Breeding news Letter No.46. IAEA, Vienna, Austria
16. Ishak (2015) Identification of the Second Mutation of *Badh2* gene derived from Rice mutant lines (*Oryza sativa* L.) induced by gamma rays, *Atom Indonesia J*, 2015 (in Press)
17. Ishak and Ita Dwimahyani (1999) Genetic and molecular analysis of rice *waxy* mutant lines using RAPD marker, *Annales Bogoriensis* 6: 27-36
18. Iyer, AS., and McCough, SR. (2007) Recessive resistance genes and The *Oryza sativa*-*Xanthomonas oryzae* pv.*oryzae* pathosystem, *molecular Plant-Microbe interaction*, 20:731-739
19. Jairin, J., Teangdeerith, S., Leelagud, O., dkk., (2007) Physical mapping of *Bph3*, a brown planthopper resistance locus in rice, *MJ.Int.J.Sci.Tech.*, 01:166-177

20. Jairin, J., Phengrat, T., Teangdeerith, S., et al., (2007) Mapping of a broad spectrum brown planthopper resistance gene, Bph3, on rice Chromosome 6, *Mol. Breeding* 19:35-44
21. Kang, MS. (1993) Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers, *Agronomy Journal* 85:754-757
22. Kim, SM and Sohn, J-K. (2006) Identification of rice gene (Bph1) conferring Resistance to brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) using STS Markers, *Mol. Cells*, 30:30-34
23. Li-Hong, S., Chun-Ming, W., Chang-chao, SU, Yu-Qiang, Liu., Hu-Qu, Zhai, Jian-Min, Wan. (2006) Mapping and Marker-assisted Selection of a Brown Planthopper Resistance Gene bph2 in Rice (*Oryza sativa* L.), *Acta genetic Sinica* 33:717-723
24. Moose, SP., and Mumm, RH. (2008) Molecular Plant Breeding as The Foundation for 21st Century Crop Improvement, *Plant Physiology*, 147:969-977
25. Nadaf, AB., Wakte, KV., and Zanan, RL. (2014) 2-Acetyl-1-pyrroline biosynthesis: From fragrance to a rare metabolic disease, *Plant Science & Research*, 1(1):102
26. Naveed, SA., Babar, M., Arif, A., et al. (2010) Detection of bacterial blight resistant gene xa 5 using linked marker approaches, *AJB* 9:3549-3554
27. Nguyen Thi Lang and Bui Chi Buu (2002) Identification and fine mapping of SSR marker linked to fgr gene of rice, *Omonrice*, 10:14-20
28. Nguyen Thi Lang and Bui Chi Buu (2008) Development of PCR-Based markers for aroma (fgr) gene in rice (*Oryza sativa* L.), *Omonrice* 16: 16-23
29. Pinstруп-Andersen, P., Pandya-Lorch, R. & Rosegrant, M.W. (1999) World food prospects: critical issues for the early twenty first century. Washington, DC: International Food Policy Research Institute
30. Pradhan, SK., Nayak, DK., Mohanti, S., et al. (2015) Pyramiding of three blight resistance genes for broad-spectrum resistance in deepwater rice variety, *Jalmagna, Rice*, Doi10.1186/s12284-015-0051-8
31. Ronald, PC., Abano, B., Tabian, R., et al. (1992) Genetic and Physical analysis of rice bacterial blight disease resistance locus. *Mol. Gene. Genetic.* 238:113-120
32. Singh, S., Sidhu, JS., Huang, S., et al., (2001) Pyramiding three bacterial blight resistance genes (xa5, xa13, and Xa21) using marker assisted selection into indica rice cultivar PR106, *Theor. Appl. Genet.* 102:1011-1015

33. Suh, J-P., Jeung, J-U, Noh, T-H., et al. (2013) Development of breeding lines with three pyramided resistance genes that confer broad-spectrum bacterial blight resistance and their molecular analysis in rice, *Rice* 6:5,
34. Suprihatno, B., Darajat, AA., Satoto, dkk. (2009) Deskripsi Varietas Padi, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, BALITBANG-Kement-Tan, pp:105
35. Yang, B., Sugito, A., and White, FF. (2006) Os8N3 is a host disease susceptibility gene for bacterial blight of rice, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 103:10503-10508