

**SELEKSI FENOTIPE DAN MOLEKULER GALUR GALUR
PADI (*Oryza sativa* L.) LOKUS *PUP1* DAN *ALT* PADA
LARUTAN HARA YOSHIDA**

*(Selection Phenotype and Molecular of Rice Lines (*Oryza sativa* L.) Containing
Pup1 and *Alt* Loci in Yoshida Nutrient Solution)*

Tri Lestari Novelia¹, Joko Prasetyono², Sulastris Isminingsih¹, Samsu Hilal¹.

¹Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian,
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

Jl.Raya Jakarta KM. 4 Kampus Pakupatan, Serang, Banten,
Telp. (0254) 280330; Fax 281254. e-mail: trilestarinovelia@gmail.com

²Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan
Sumber Daya Genetik Pertanian (The Indonesian Center for Agricultural
Biotechnology and Genetic Resources Research and Development),
Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111 Indonesia
Telp. (0251) 8337975; Fax. (0251) 8338820.

ABSTRACT

This research aimed to selection the phenotype and molecular of rice lines (*Oryza sativa* L.) containing *Pup1* and *Alt* loci at various concentrations of Al and P elements in yoshida nutrient solution. This research was conducted from November 2018 to February 2019 at The Indonesian Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resources Research and Development Bogor. The phenotype study used a Split Plot Design with two factors and repeated three times. The first factor was the variation of Al×P concentrations consisting of eight levels and the second factor was the variation of rice lines consisting of twenty levels. The molecular study used three primers to detect the rice lines with *Pup1* and *Alt* loci. The results of the Yoshida nutrient solution showed that the A4 level of Al×P concentrations (0 ppm of Al×15 ppm of P) had the best average of other levels. In rice lines with *Pup1* loci G4 [10B (B4-SK4)] showed the highest average on the root dry-weight parameters. In rice lines with *Pup1* and *Alt* loci G11 [35(21(B15)-3)] showed the highest average on the root dry-weight parameters at the A2 level of Al×P concentrations (0 ppm of Al×5 ppm of P) for *Pup1* loci and A6 level of Al×P concentrations (60 ppm of Al×5 ppm of P) for *Alt* loci. In the molecular study, three primers can detect the rice lines that contained *Pup1* and *Alt* loci. K46-2 specific primer detected the *Pup1* loci with the comparison of Kasalath rice variety. RM12031 and RM1361 primers detected the *Alt* loci with the comparison of Dupa rice variety.

Keyword: aluminum, P deficiency, *Pup1* dan *Alt* loci, yoshida nutrient solutions

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu wilayah di Asia yang memiliki potensi besar untuk pertanian di lahan marginal, permasalahan umum khususnya Indonesia adalah adanya defisiensi unsur P. Akibat tingginya kapasitas pengikat P oleh unsur-unsur seperti Al, Fe, dan Ca sehingga unsur P tidak tersedia cukup bagi tanaman (Prasetyono, 2010).

Permasalahan budidaya tanaman padi selain defisiensi P adalah keracunan terhadap mineral Al. Pada tanah masam, unsur P berikatan dengan mineral Al sehingga tidak dapat diserap secara maksimal oleh tanaman. Tingginya kandungan mineral Al terlihat pada pertumbuhan akar dan bagian tanaman lainnya terhambat serta menurunkan produktivitas tanaman di tanah mineral masam (Huang dan Violante, 1997; Rengel, 2000).

Larutan hara Yoshida adalah larutan hara yang mengandung nutrisi lengkap (unsur makro dan mikro) yang dibutuhkan oleh tanaman. Menurut Wu *et al.* (2000), larutan hara Yoshida ini menggunakan unsur Al pada konsentrasi tinggi di atas 1 mM dalam bentuk $AlCl_3$ yang

terbukti menyebabkan penghambatan pertumbuhan pada akar.

Beberapa penelitian mengenai defisiensi unsur P pada larutan hara Yoshida untuk keperluan pemetaan QTL defisiensi P dan keracunan Al pada padi telah dilaporkan oleh Ni *et al.* (1998), Hu *et al.* (2001), Ming *et al.* (2001), dan Shimizu *et al.* (2004).

Sejak ditemukannya marka-marka molekuler pada padi, beberapa peneliti mulai melakukan kegiatan pemetaan genetik sifat toleransi terhadap defisiensi P yang biasa digunakan dalam kegiatan pemuliaan tanaman.

Menurut Tasliah *et al.* (2011), mekanisme toleransi genotipe padi terhadap defisiensi P kemungkinan tidak saling terkait dengan toleransi keracunan Al. Locus *Pup1* dipetakan oleh Wissuwa *et al.* (1998) sebagai QTL (*Quantitative Trait Locus*) utama dan alat deteksi akurat terhadap ketahanan defisiensi P. Kombinasi antara lokus *Pup1* dan *Alt* pada padi akan memberikan korelasi positif. Keberadaan lokus *Pup1* dan lokus *Alt* pada tanaman padi dibudidayakan pada lahan masam diharapkan ekspresi karakter agronomi yang baik dan produksi yang tinggi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2018 sampai Februari 2019 bertempat di Rumah Kaca BB Biogen dan Laboratorium Biologi Molekuler BB Biogen Cimanggu, Bogor.

Genotipe padi yang diuji berjumlah dua puluh galur padi yang terdiri dari varietas padi Kasalath, Situ Bagendit, Dupa, Situ Bagendit-*Pup1*, ITA131, Hawara Bunar, Kencana Bali, Cabacu, Inpago 8, Inpari 40, lima galur turunan Situ Bagendit \times Kasalath dan lima galur turunan Situ Bagendit-*Pup1* \times Dupa.

Penelitian ini terdiri dari uji fenotipe dan uji molekuler. Uji fenotipe menggunakan larutan hara Yoshida, dirancang menggunakan

Rancangan Petak Tebagi (*Split Plot Design*) terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama atau petak utama adalah delapan taraf Al \times P (A1 = 0 ppm Al \times 0 ppm P, A2 = 0 ppm Al \times 5 ppm P, A3 = 0 ppm Al \times 10 ppm P, A4 = 0 ppm Al \times 15 ppm P, A5 = 60 ppm Al \times 0 ppm P, A6 = 60 ppm Al \times 5 ppm P, A7 = 60 ppm Al \times 10 ppm P, A8 = 60 ppm Al \times 15 ppm P). Faktor kedua atau anak petak adalah variasi galur padi yang terdiri dari 20

taraf dan diulang sebanyak tiga kali. Uji molekuler menggunakan tiga primer yaitu primer K46-2 untuk mendeteksi lokus *Pup1*, primer RM12031 dan primer RM1361 untuk mendeteksi lokus *Pup1+Alt*.

Analisis sidik ragam dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan P dan Al terhadap karakter yang diamati.

Pada uji fenotipe, benih yang telah berkecambah normal berumur dua hari dipindahkan ke media percobaan yang ditempatkan pada *styrofoam* yang diberi lubang dan diapungkan pada larutan hara dalam bak plastik berukuran 38 \times 35 \times 15 cm. Setiap bak berisi 10 liter larutan hara dan dipasang aerator agar distribusi Al merata dan tidak terjadi penggumpalan Al dalam media tumbuh.

Pengamatan parameter tinggi tajuk, jumlah anakan, panjang akar, dilakukan pada 3 MST sedangkan pengamatan parameter bobot kering akar, bobot kering tajuk, dan bobot kering total dilakukan 1 minggu setelah dioven.

Pada uji molekuler, benih ditumbuhkan pada pot berisi tanah di dalam rumah kaca hingga 3 MST.

Lalu daun padi muda diisolasi dengan menggunakan metode Dellaporta (1983) termodifikasi.

Hasil isolasi DNA menghasilkan DNA murni dari masing-masing daun padi lalu dilanjutkan dengan uji kuantitas dengan menggunakan alat Spektrofotometer Nanodrop 2000 dan uji kualitas menggunakan elektroforesis gel agarosa 1%. Kemudian amplifikasi DNA menggunakan alat PCR. Selanjutnya adalah elektroforesis hasil PCR dengan menggunakan gel poliakrilamida 8%. Skoring dilakukan untuk melihat pita galur-galur padi yang mempunyai lokus *Pup1* dan lokus *Alt*. Data hasil skoring dianalisis menggunakan program *Microsoft Excel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Fenotipe

Tabel 1. Rekapitulasi sidik ragam uji fenotipe pertumbuhan galur-galur padi dengan variasi konsentrasi unsur hara Al×P pada larutan hara Yoshida.

No.	Parameter Pengamatan	Perlakuan			KK (%)
		Unsur hara Al×P (A)	Galur (G)	Interaksi (A*G)	
1.	Tinggi Tajuk	**	**	**	10,72
2.	Panjang Akar	**	**	**	16,23
3.	Jumlah Anakan	**	**	**	24,41
4.	Bobot Kering Akar	**	**	tn	7,10a
5.	Bobot Kering Tajuk	**	**	**	27,02
6.	Bobot Kering Total	**	**	**	28,90

Keterangan: ** = Sangat nyata pada $F < 0,01$; tn = tidak nyata; KK = Koefisien Keragaman
a = data hasil transformasi \sqrt{X} sebanyak 1 kali

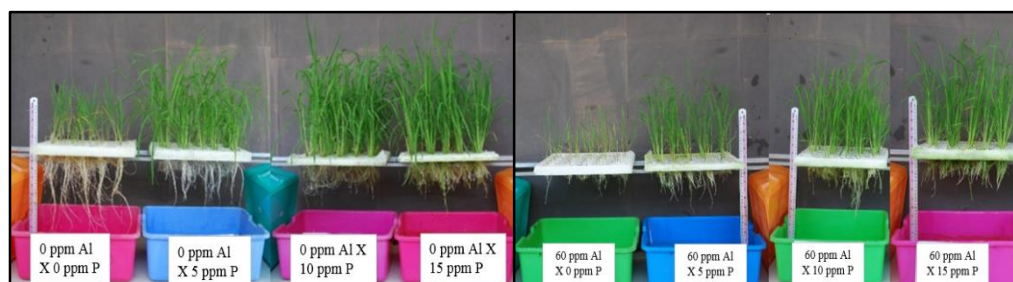
Pengaruh perlakuan konsentrasi unsur hara Al×P terhadap karakter galur-galur yang diamati dapat dilihat Pada (Tabel 1).

Pada Tabel 1 dapat dilihat faktor pertama yaitu konsentrasi unsur hara berpengaruh sangat nyata terhadap semua parameter. Faktor kedua yaitu variasi galur berpengaruh sangat nyata terhadap semua parameter pengamatan. Interaksi antara konsentrai unsur hara dan variasi galur hanya pada parameter bobot kering akar yang tidak memberikan pengaruh yang nyata.

Berdasarkan hasil penelitian Konsentrasi A4 (0 ppm Al × 15 ppm P) memberikan hasil yang terbaik pada parameter tinggi tajuk, jumlah anakan, bobot kering akar, bobot kering tajuk dan bobot kering total dapat dilihat pada (Gambar 1).

Penelitian menggunakan larutan hara Yoshida sebelumnya telah dilakukan oleh Prasetiyono (2010) dalam tesisnya dengan menggunakan konsentrasi (0,5 dan 10 ppm P) dan (0 dan 45 ppm Al) hasil percobaan menunjukkan terjadi peningkatan nilai karakter agronomis (kecuali panjang akar) pada galur-galur BC₂F₃ seiring dengan peningkatan kadar P. Sedangkan pada hasil penelitian ini menunjukkan penambahan konsentrasi

unsur P menjadi 15 ppm dapat meningkatkan karakter agronomi seperti tinggi tajuk, jumlah anakan, bobot kering akar, bobot kering tajuk dan bobot kering total (kecuali panjang akar) hal ini karena unsur P yang tersedia untuk tanaman yang salah satunya berfungsi sebagai pembentukan anakan sehingga dapat meningkatkan hasil produksi tanaman.



Gambar 1. Respon tanaman padi pada berbagai kondisi P dan Al dalam larutan hara Yoshida. Dari kiri ke kanan: Perlakuan A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, dan A8.

Menurut Prasetiyono (2010), bobot kering total akar pada kondisi kurang P dapat digunakan sebagai peubah utama untuk seleksi toleransi terhadap defisiensi P. Pada penelitian ini perlakuan A2 (0 ppm Al \times 5 ppm P) yaitu kondisi kurang P dijadikan sebagai perlakuan untuk penyeleksi galur padi yang memiliki lokus *Pup1*, Kasalath sebagai pembanding (tetua donor) yang memiliki lokus *Pup1*.

Hasil penelitian bobot kering akar perlakuan A2 galur G4 [10B (B4-SK4)] menunjukkan skor tertinggi yaitu 0,115 g, dibanding tetua Kasalath yang memiliki skor 0,114 g. Karakter panjang akar perlakuan A2 dapat dilihat pada (Gambar 2).

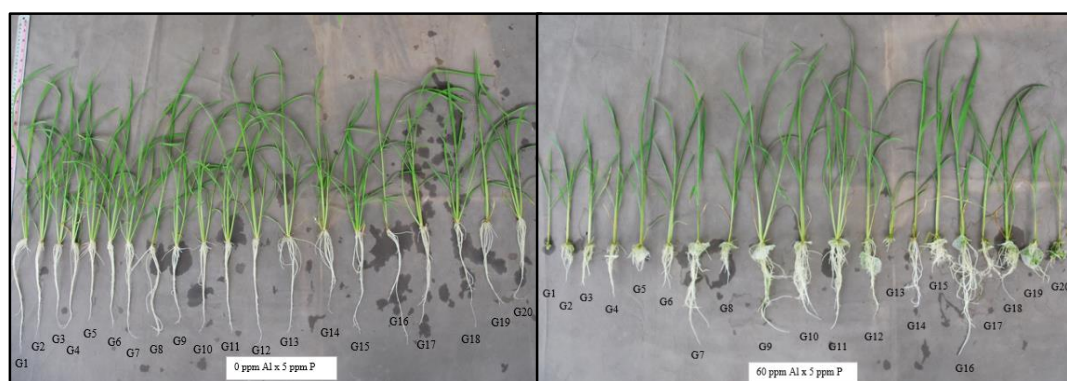
Percobaan cek toleran Al dilakukan untuk melihat galur padi hasil persilangan Situ Bagendit-

Pup1(SB-2) × Dupa mana yang sudah mengikuti tetua pembanding Dupa yang mempunyai lokus *Alt*. Cekaman Al dapat meracuni tanaman padi terutama pada akar tanaman padi sehingga pertumbuhan akar menjadi lambat dan dapat menurunkan hasil produksi padi.

Pada percobaan cek toleran Al, penambahan konsentrasi menjadi 60 ppm Al tanaman padi masih tetap hidup walaupun terdapat cekaman dari unsur Al. Perlakuan A6 (60 ppm Al × 5 ppm P) yaitu kondisi tercekam

Al dan kurang P dijadikan sebagai perlakuan untuk penyeleksi galur padi yang memiliki lokus *Alt*, Dupa sebagai pembanding (tetua donor) yang memiliki lokus *Alt*.

Hasil penelitian bobot kering akar perlakuan A6 galur G11 [35(21(B15)-3)] menunjukkan skor yang sama tertinggi yaitu 0,057 g, dibanding tetua Dupa yang memiliki skor 0,040 g. Karakter panjang akar perlakuan A6 dapat dilihat pada (Gambar 2).



Gambar 2. Karakter panjang akar pada larutan hara Yoshida. Dari kiri ke kanan: perlakuan A2 (0 ppm Al × 5 ppm P) dan perlakuan A6 (60 ppm Al × 5 ppm P).

Tabel 2. Skoring panjang akar relatif (PAR) toleransi keracunan Al pada larutan hara Yoshida.

Nomor	Galur Padi	Lokus	Konsentrasi 10 ppm P
G1	Kasalath		0,11 P
G2	SB-1		0,48 M
G3	8B (B1-SK1)	<i>Pup1</i>	0,36 M
G4	10B (B4-SK4)	<i>Pup1</i>	0,48 M
G5	13B (B7-SK7)	<i>Pup1</i>	0,52 M
G6	17B (B11-SN4)	<i>Pup1</i>	0,47 M
G7	19B (B14-SN7)	<i>Pup1</i>	0,61 M

G8	Dupa		1,00 T
G9	SB-2		0,54 M
G10	29 (20(B8)-1)	<i>Pup1+Alt</i>	0,86 T
G11	35 (21(B15-3)	<i>Pup1+Alt</i>	0,90 T
G12	43 (24(B21-10)	<i>Pup1+Alt</i>	0,76 T
G13	52 (28(B35)-1)	<i>Pup1+Alt</i>	0,95 T
G14	55 (29(B45)-1)	<i>Pup1+Alt</i>	0,73 T
G15	ITA131		0,19 P
G16	Hawara Bunar		1,02 T
G17	Kencana Bali		0,56 M
G18	Cabacu		1.27 T
G19	Inpago 8		0.60 M
G20	Inpari 40		0.48 M

Keretangan: Skor $\leq 0,29$ =peka (P) , $0,30-0,69$ =moderat (M), $\geq 0,70$ = oleran (T)

Pada percobaan toleran Al (*Alt*) dapat dihitung dengan rumus yaitu rumus panjang akar relatif (PAR) yaitu dengan rumus panjang akar yang tercekam Al dibagi dengan panjang akar tanpa adanya cekaman Al (Suhartini, 2010). Pada percobaan ini yaitu berarti panjang akar 60 ppm Al dibagi dengan panjang akar 0 ppm Al. Hasil dari perhitungan ini terbagi menjadi 3 tipe yaitu peka dengan skor $\leq 0,29$, moderat dengan skor $0,30-0,69$, dan toleran dengan skor $\geq 0,70$.

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil skoring panjang akar relatif (PAR) toleransi keracunan Al pada larutan hara Yoshida. Perhitungan ini menggunakan data pada konsentrasi 10 ppm P yang merupakan konsentrasi standar.

Dupa sebagai tetua pembanding cek toleran Al menunjukkan skor 1,00

artinya $\geq 0,70$ yang berarti toleran, sedangkan Situ Bagendit-*Pup1* (SB-2) menunjukkan skor 0,54 yang berarti moderat. Pada galur-galur hasil persilangan Situ Bagendit-*Pup1*(SB-2) \times Dupa yaitu G10, G11, G12, G13, dan G14 menunjukkan skor $\geq 0,70$ yang berarti toleran artinya galur-galur tersebut sudah mengikuti tetua donor Dupa yang mana padi ini toleran terhadap cekaman Al dan mempunyai lokus *Alt*.

Uji molekuler

Pada pelaksanaan uji genotipe ini terdiri dari isolasi DNA, uji kualitas dan uji kuantitas DNA, amplifikasi DNA, elektroforesis hasil PCR, dan analisis data. Isolasi DNA ini bertujuan untuk mendapatkan DNA yang murni tidak tercampur komponen sel lain seperti protein dan

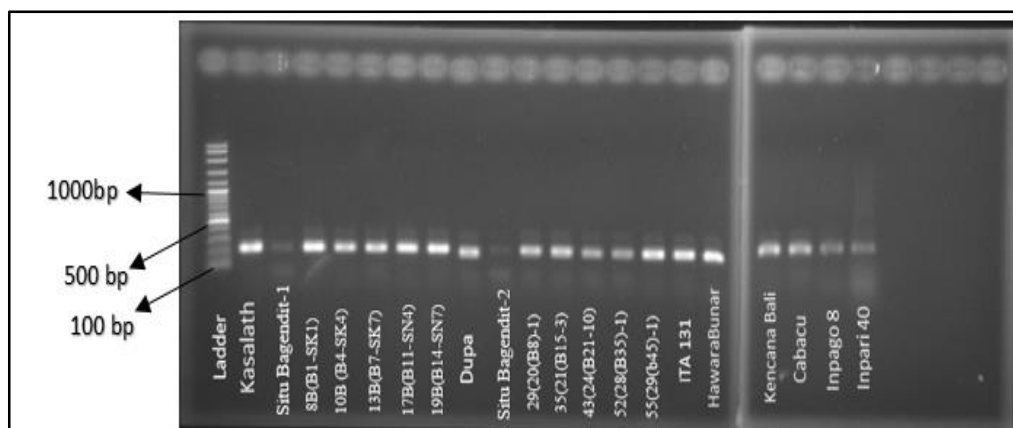
RNA, uji kualitas untuk melihat pita DNA dan uji kuantitas untuk mendapatkan konsentrasi DNA. Amplifikasi DNA dilakukan dengan menggunakan mesin PCR yang bertujuan untuk memperbanyak jumlah untai pita DNA dari setiap sampel yang sudah didapatkan dengan menggunakan tiga primer. Elektroforesis hasil PCR dengan menggunakan gel agarosa 1,2% dan gel poliakrilamida 8%. Analisis data yaitu untuk melihat alel mana yang mempunyai lokus *Pup1* dan *Alt*.

Berdasarkan hasil visualisasi uji kualitas dengan menggunakan elektroforesis gel agarosa, pita mengalami *smear* yaitu keadaan pita DNA tidak muncul tetapi hanya ada garis cahaya yang menyerupai pita atau disebut juga terdegradasi. Menurut Solihah (2014), *smear* pita DNA tersebut diduga disebabkan oleh pemipetan DNA berulang-ulang sehingga DNA terpotong sehingga hal ini dapat mengakibatkan terjadinya *smear* pada pita-pita yang diuji.

Berdasarkan hasil uji kuantitas dapat diketahui perhitungan DNA yang diuji dari 20 sampel tersebut yaitu berkisar antara 23,8 hingga 1,241 ng/ μ l. Tinggi rendahnya konsentrasi DNA disebabkan oleh beberapa faktor pada saat isolasi DNA.

Identifikasi pola alel pada galur padi ini yaitu pada beberapa galur hasil persilangan yang mempunyai lokus *Pup1* dan persilangan padi yang memiliki lokus *Pup1+Alt* dan varietas padi lainnya seperti ITA131, Hawara Bunar, Kencana Bali, Cabacu, Inpago 8, dan Inpari 40.

Primer K46-2 adalah primer yang digunakan untuk mendeteksi pola alel galur padi apakah mengikuti tetua Kasalath yang mempunyai lokus *Pup1* atau tidak. Pada marka spesifik ini menggunakan elektroforesis agarosa 1,2%.



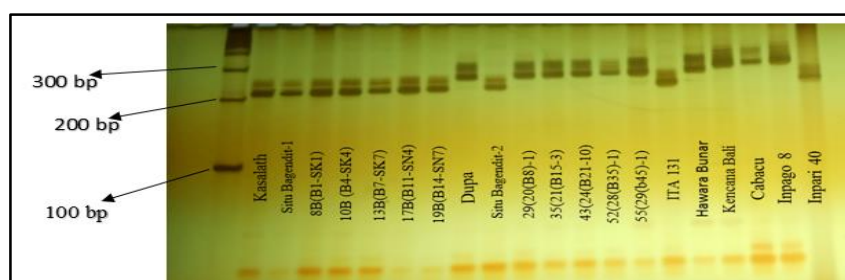
Gambar 3. Hasil elektroforegram pada primer K46-2

Berdasarkan hasil elektroforegram pada Gambar 3, yaitu pada primer K46-2 telah teridentifikasi galur padi yang mengikuti pola alel padi Kasalath, adapun galur yang mengikuti tetua Kasalath yang mempunyai lokus *Pup1* yaitu G3 [8B (B1-SK1)], G4 [10B (B4-SK4)], G5 [13B(B7-SK7)], G6 [17B(B11-SN4)], dan G7 [19B(B14-SN7)], ITA131, Hawara Bunar, Kencana Bali dan Cabacu.

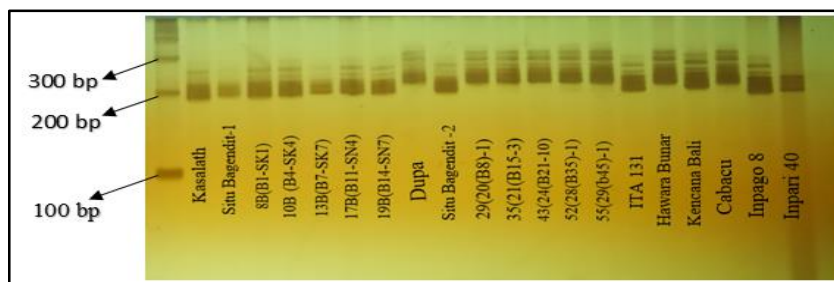
Hasil elektroforegram pada primer RM 12031 dan RM 1361 dengan menggunakan elektroforesis gel akrilamida 8%. RM 12031 dan RM 1361 merupakan marka

mikrosatelit yang mempunyai gen-gen yang dapat mendeteksi lokus *Alt* (*Aluminum tolerant*).

Pada Gambar 4 menunjukkan semua sampel DNA teramplifikasi dengan baik. Pada pengujian identifikasi lokus *Alt* ini Dupa sebagai tanaman pembanding untuk galur padi yang lainnya dan sebagai tetua yang memiliki lokus *Alt*. Pada primer RM12031 galur-galur padi yang memiliki ukuran pita yang sama dengan Dupa yaitu G10 [29(20(B8)-1)], G11 [35(21(B15)-3)], G12 [43(24(B21)-10)], G13 [52(28(B35)-1)], G14 [55(29(B45)-1)] dan Hawara Bunar.



Gambar 4. Hasil elektroforegram pada primer RM12031



Gambar 5. Hasil elektroforegram pada primer RM12031

Gambar 5 adalah hasil elektroforegram pada primer RM1361. Primer ini adalah pengujian untuk galur-galur padi yang alelnya mengikuti ukuran dari pita Dupa sebagai pembanding cek toleran Aluminium. Pola alel pada galur G10 [29(20(B8)-1)], G11 [35(21(B15)-3)], G12 [43(24(B21)-10)], G13 [52(28(B35)-1)], G14 [55(29(B45)-1)], Hawara Bunar dan Cabacu mengikuti ukuran dari pola alel dari galur pembanding Dupa yang memiliki lokus *Alt*.

SIMPULAN

Uji Fenotipe

Perlakuan Konsentrasi A4 (0 ppm Al \times 15 ppm P) memberikan hasil yang terbaik pada parameter tinggi tajuk, jumlah anakan, bobot kering akar, bobot kering tajuk dan bobot kering total.

Galur G4 [10B (B4-SK4)] menunjukkan skor tertinggi yaitu 0,115 g dibanding tetua donor

Kasalath yaitu 0,114 g yang memiliki lokus *Pup1* dan *Alt* galur G11 [35(21(B15)-3)] menunjukkan skor yang sama tertinggi yaitu 0,057 g, dibanding tetua Dupa yang memiliki skor 0,040 g yang memiliki lokus *Alt* pada parameter bobot kering akar.

Uji Molekuler

Pada uji molekuler pada primer K46-2 dapat mendeteksi galur yang memiliki lokus *Pup1* seperti Kasalath yaitu yaitu G3 [8B (B1-SK1)], G4 [10B (B4-SK4)], G5 [13B(B7-SK7)], G6 [17B(B11-SN4)], dan G7 [19B(B14-SN7)], ITA131, Hawara Bunar, Kencana Bali dan Cabacu.

Primer RM12031 dapat mendeteksi galur yang memiliki lokus *Alt* dengan tetua pembanding Dupa yaitu G10 [29(20(B8)-1)], G11 [35(21(B15)-3)], G12 [43(24(B21)-10)], G13 [52(28(B35)-1)], G14 [55(29(B45)-1)] dan Hawara Bunar.

Primer RM1361 dapat mendeteksi galur yang memiliki

lokus *Alt* dengan tetua pembanding Dupa yaitu G10 [29(20(B8)-1)], G11 [35(21(B15)-3)], G12 [43(24(B21)-10)], G13 [52(28(B35)-1)], G14 [55(29(B45))], Hawara Bunar dan Cabacu.

DAFTAR PUSTAKA

- Atakora, W.K., M. Fosu, S.O Abebrese, M., Asante, M. Wissuwa. 2015. *Evaluation of Low Phosphorus Tolerance of Rice Varieties in Northern Ghana. Sustainable Agriculture Research. Canada (CA) : Canadian Center of Science and Education.*
- BPS. 2015. Konsumsi Rata-rata per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 2007-2014.
- Dellaporta, S.L., J. Wood, and J.B. Hick. 1983. A Plant DNA Minipreparation. Version II. *Plant Mol. Biol. Rep.* 4: 19-21.
- Hu, B., P. Wu, C.Y. Liao, W.P. Zhang, J.J. Ni. 2001. *Qtls And Epistasis Underlying Activity Of Acid Phosphatase Under Phosphorus Sufficient And Deficient Condition In Rice (Oryza sativa L.)*. *Plant Soil* 230:99-105.
- Huang, P.M., A. Violante. 1997. Pengaruh Asam Organik Terhadap Kristalisasi dan Sifat Permukaan Produk Pengendapan Al. hal. 242-331.
- Ming, F., X. Zheng, G. Mi, L. Zhu, F. Zhang. 2001. Detection and Verification of Quantitative Trait Loci Affecting Tolerance to Low Phosphorus in Rice. *J.Plant.*
- Ni, J.J., P. Wu, D. Senadhira, N. Huang. 1998. Mapping Qtls for Phosphorus Deficiency Tolerance in Rice (*Oryza sativa* L.). *Theor Appl. Genet.* 97: 1361-1369.
- Nugroho, K., Slamet, P. Lestari. 2017. Keragaman Genetik 24 Varietas Padi Sawah dan Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) Indonesia Berdasarkan Marka ssr. *Scripta Biologica. Nutr.* 24:1399 1408.
- Prasetyono, J. 2010. Studi Efek Interogasi *Pup1 (P Uptake1)* untuk Meningkatkan Toleransi Padi Terhadap Defisiensi Fosfor. [Disertasi]. Institut Pertanian. Bogor.185hlm.
- Rengel, Z. 2000. Mineral Nutrition of Crops, Fundamental Mechanisms and Implications. Food Products Press. Binghamton: New York.
- Shimizu, A., S. Yanagihara, S. Kawasaki, H. Ikehashi. 2004. *Phosphorus Deficiency Induced Root Elongation and Its Qtl in Rice (Oryza sativa L.)*. *Theor Appl Genet.* 109: 1361-1368.
- Sholihah, S.M. 2014. Hubungan Kekerabatan Beberapa Kultivar Pisang (*Musa* sp.) untuk Sifat Ketahanan Terhadap Penyakit Berdasarkan *Resistance Gene Analog (RGA)*. [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Maulana malik Ibrahim: Malang.
- Suhartini, T. 2010. Pertumbuhan Akar Dua Puluh Genotipe Padi Gogo pada Kahat

- Fosfor dan Cekaman Aluminium. *Berita Biologi*. Vol. 10 (3).
- Tasliah, T. Suhartini, J. Prasetyono, I.H. Somantri, M. Bustamam. 2011. Respon Genotipe Padi Pogo Terhadap Defisiensi P. *J. Pen. Pert. Tan. Pangan* 30 (3): 172181.
- Wissuwa, M., M. Yano, N. Ae. 1998. Mapping of QTLs Forphosphorus Deficiency Tolerancein Rice (*Oryza sativa* L.). *Theor Appl. Genet.* 97: 777-783.
- Wu, P., C.Y. Liao, B. Hu, K.K. Yi, W.Z. Jin, J.J. Ni, C. He. 2000. Qtls and Pistasis For Aluminium Tolerance In Rice (*Oryza sativa* L.) at Different Seedling Stages. *Theor Appl. Genet.* 100: 1295-1303.