

## PENGUJIAN KETAHANAN BEBERAPA VARIETAS PADI GOGO LOKAL TERHADAP CEKAMAN ALUMINIUM DENGAN KULTUR HARA DAN PEWARNAAN HEMATOKSILIN

### TESTING THE RESISTANCE OF SOME LOCAL UPLAND RICE VARIETIES TOWARDS ALUMINIUM STRESS BY NUTRIENT CULTURE AND HEMATOXYLIN STAINING

Riki Oktafiyanto Putra<sup>1</sup>, Suprayogi<sup>2</sup>, dan Begananda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Faperta Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

<sup>2</sup>Program Studi Agroteknologi, Faperta Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

<sup>3</sup>Program Studi Agroteknologi, Faperta Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

<sup>1</sup>E-mail: [riki.oktafiyanto@yahoo.co.id](mailto:riki.oktafiyanto@yahoo.co.id)

#### Abstrak

Keracunan Aluminium (Al) erat kaitannya dengan kemasaman tanah akibat pH rendah. Tanaman yang keracunan Al akan mengalami kekahatan hara N, P, K Ca, dan Mg, sehingga pertumbuhan kerdil dan tidak mampu berproduksi. Mengingat bahwa Indonesia memiliki sumber plasma nutfah yang sangat besar maka masih perlu untuk dilakukan pengujian terhadap varietas padi gogo lokal terhadap cekaman Al. Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat ketahanan beberapa varietas padi gogo lokal terhadap cekaman aluminium. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Screen house Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Terdapat dua metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan kultur hara dan dengan menggunakan hematoksilin. Varietas padi yang digunakan pada penelitian ini yaitu: V1 = Hawara Bunar; V2 = IR64; V3 = Padi Kuning; V4 = Selegreng; V5 = Brentel; V6 = Marus. Perlakuan konsentrasi Al yang digunakan pada penelitian ini yaitu : A0 = Al 0 ppm; A1 = Al 45 ppm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa varietas kontrol Hawara Bunar menunjukkan nilai PAR tertinggi yaitu sebesar 0,72 dan menunjukkan intensitas pewarnaan akar yang paling rendah dengan skor 1,65. Sementara itu, varietas Padi Kuning memiliki nilai TTR, BKAR, dan BKTR yang paling tinggi yaitu sebesar 0,68, 0,71, dan 0,41 berturut-turut, serta termasuk kedalam kelas moderat pada percobaan pewarnaan akar.

**Kata kunci** : aluminium, padi gogo, kultur hara, hematoksilin

#### Abstract

Aluminum (Al) toxicity is closely related to soil acidity due to low pH. Plants that are poisoned by Al will experience deficiency of N, P, K Ca, and Mg, so that growth is stunted and unable to produce. Considering that Indonesia has a very large source of germplasm, it is still necessary to conduct tests on local upland rice varieties against Al stress. The objective of this research is to determine the level of resistance of several local upland rice varieties to aluminum stress. The research was conducted at the Laboratory and Screen house of the Faculty of Agriculture, Jenderal Soedirman University, Purwokerto. There are two methods used in this study, namely by using nutrient culture and by using hematoxylin. The rice varieties used in this study were: V1 = Hawara Bunar; V2 = IR64; V3 = Padi Kuning; V4 = Selegreng; V5 = Brentel; V6 = Marus. The Al concentration treatments used in this study were: A0 = Al 0 ppm; A1 = Al 45 ppm. The results of this study indicated that the control variety Hawara Bunar showed the highest PAR value of 0.72 and the lowest intensity of root coloring was 1.65. Meanwhile, Padi Kuning had the highest TTR, BKAR, and BKTR values, namely 0.68, 0.71, and 0.41 respectively, and was included in the moderate class in the root staining experiment.

**Keywords** : aluminium, upland rice, nutrient culture, hematoxylin

## PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor usaha yang paling penting dan memiliki peran strategis dalam proses pembangunan nasional, dan memiliki peran mendasar dalam kehidupan manusia yaitu dengan menyediakan bahan pangan dalam mewujudkan ketahanan pangan yang merupakan prasyarat untuk tercapainya ketahanan ekonomi serta ketahanan politik suatu negara (Bafadal, 2014). Indonesia sebagai negara agraris menjadi salah satu produsen dan konsumen beras terbesar di dunia bersama India, China, dan Thailand. Meskipun demikian, kebijakan impor tetap dilakukan oleh pemerintah dengan tujuan untuk menjaga stok cadangan beras nasional tetap aman. Oleh karena itu perlu adanya upaya untuk terus meningkatkan produksi beras nasional agar stok beras cadangan dapat dipenuhi sendiri tanpa harus melakukan impor.

Salah satu tantangan yang dihadapi dalam upaya peningkatan produksi beras adalah adanya lahan marginal seperti lahan kering masam yang belum termanfaatkan atau menjadi pembatas bagi produktivitas padi. Luas lahan kering masam di Indonesia mencapai 107,36 juta ha dan 22,22 juta ha di antaranya potensial untuk pertanian tanaman pangan (Ritung *et al.*, 2015). Hal ini tentunya merupakan sebuah potensi yang sangat besar bagi peningkatan produksi beras apabila lahan tersebut dapat dikelola dengan baik sehingga dapat memberikan hasil yang optimal. Menurut Rahayu dan Harjoso (2010), rata-rata produktivitas padi gogo hanya 2,56 ton/ha, jauh dibawah produktivitas padi sawah yaitu 4,57 ton/ha. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa kendala dalam budidaya padi gogo salah satunya adalah yang berkaitan dengan tanah masam. Keracunan Al erat kaitannya dengan kemasaman tanah akibat pH rendah. Tanaman yang keracunan Al akan mengalami kekahatan hara N, P, K Ca, dan Mg, sehingga pertumbuhan kerdil dan tidak mampu berproduksi. Fiksasi Al menyebabkan ketersediaan hara di tanahrendah dan pemupukan tidak efisien (Mulyaningsih *et al.*, 2016).

Mengingat bahwa Indonesia memiliki sumber plasma nutfah yang sangat besar maka masih perlu untuk dilakukan pengujian terhadap varietas padi gogo lokal terhadap cekaman aluminium. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan varietas padi gogo lokal yang memiliki sifat toleran terhadap cekaman Al melalui metode kultur hara yang diberi cekaman Al dengan konsentrasi tertentu. Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat ketahanan beberapa varietas padi gogo lokal terhadap cekaman aluminium.

## METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai September 2020 di Laboratorium Pemuliaan Tanaman dan Bioteknologi, Laboratorium Tanah dan Sumberdaya Lahan, dan *Screen house* Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Karangwangkal, Purwokerto Utara. Terdapat dua metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan kultur hara dan dengan menggunakan hematoksilin. Percobaan pada media kultur hara menggunakan rancangan *split plot* dengan rancangan dasar Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari dua faktor percobaan, yaitu konsentrasi Al sebagai petak utama dan varietas padi sebagai anak petak. Kemudian, pada percobaan hematoksilin juga digunakan rancangan dasar RAK namun hanya terdiri dari satu faktor percobaan, yaitu varietas. Varietas padi yang digunakan pada penelitian ini yaitu: V1 =

Hawara Bunar; V2 = IR64; V3 = Padi Kuning; V4 = Selegreng; V5 = Brentel; V6 = Marus. Perlakuan konsentrasi Al yang digunakan pada penelitian ini yaitu :A0 = Al 0 ppm (tanpa Al); A1 = Al 45 ppm. Variabel yang diamati pada penelitian ini yaitu panjang akar, tinggi tanaman, berat kering akar, berat kering tajuk, panjang akar relatif, bobot kering akar relatif, tinggi tanaman relatif, bobot kering tajuk relatif, skor pewarnaan akar dengan hematoksin.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui bahwa pemberian Al dengan konsentrasi 45 ppm menyebabkan cekaman yang sangat nyata terhadap pertumbuhan tanaman padi dibanding perlakuan tanpa Al. Penelitian-penelitian sebelumnya juga menunjukkan hasil yang sama seperti yang telah dilaporkan oleh Coronel *et al.* (1990) serta Roy dan Bhadra (2014) dimana konsentrasi Al dalam larutan hara secara nyata menurunkan pertumbuhan akar, jumlah akar primer, panjang tajuk, jumlah daun, bobot segar, dan bobot kering tanaman. Perbedaan keragaan antar varietas yang diuji terlihat pada variabel panjang akar dan berat kering akar, dan perbedaan sangat nyata pada variabel tinggi tanaman dan berat kering tajuk. Interaksi antara Al dan varietas berpengaruh sangat nyata terhadap variabel tinggi tanaman, namun pada variabel panjang akar, berat kering akar, dan berat kering tajuk tidak terdapat interaksi antara Al dan varietas (Tabel 2).

**Tabel 2.** Analisis ragam pengaruh Al, varietas dan interaksi Al x Varietas terhadap pertumbuhan padi kultur hara

Sumber Keragaman	F hitung			
	Panjang Akar	Tinggi Tanaman	Berat Kering Akar	Berat Kering Tajuk
Al	262,681 <sup>**</sup>	465,623 <sup>**</sup>	109,726 <sup>**</sup>	8789,062 <sup>**</sup>
Varietas	3,829 <sup>*</sup>	69,501 <sup>**</sup>	2,869 <sup>*</sup>	9,835 <sup>**</sup>
Al x varietas	2,035 <sup>tn</sup>	6,175 <sup>**</sup>	1,994 <sup>tn</sup>	1,62 <sup>tn</sup>

Keterangan: <sup>\*\*</sup> = sangat nyata (signifikan pada taraf 0,01), <sup>\*</sup> = nyata (signifikan pada taraf 0,05), dan <sup>tn</sup> = tidak berbeda nyata

Secara umum dapat dilihat bahwa pemberian Al dengan konsentrasi sebesar 45 ppm pada larutan kultur menurunkan panjang akar, tinggi tanaman, berat kering akar, dan berat kering tajuk secara signifikan pada seluruh varietas yang diuji. Terdapat perbedaan pertumbuhan antar varietas pada perlakuan 0 ppm maupun 45 ppm dikarenakan adanya perbedaan genetik dari setiap varietas tersebut. Oleh karena itu, data hasil pengamatan tidak dapat digunakan langsung untuk membedakan tingkat toleransi antar varietas, sehingga diperlukan nilai relatif dari setiap variabel yang diuji sebagai kriteria seleksi (Tabel 3 dan 4). Pada penelitian ini nilai relatif dihitung dengan cara yaitu nilai pada perlakuan Al 45 ppm dibagi dengan nilai pada perlakuan tanpa Al.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap pertumbuhan akar dapat dipastikan bahwa pemberian Al dengan konsentrasi 45 ppm secara signifikan menghambat pertumbuhan akar pada seluruh varietas yang diuji yang didukung dengan fakta bahwa tidak ada interaksi antara varietas dan konsentrasi Al berdasarkan analisis ragam (Tabel 2), dengan kata lain cekaman Al sebesar 45 ppm memberikan pengaruh yang sama pada seluruh

varietas. Miftahudin *et al.* (2007) menyatakan efek dari toksisitas Al pada tanaman utamanya adalah menghambat pertumbuhan akar dan menyebabkan akar menjadi pendek dan kerdil. Efek tersebut dapat terjadi setidaknya pada konsentrasi 15 ppm Al, dan dapat semakin parah dengan meningkatnya konsentrasi Al. Menurut Cai *et al.* (2011) Sistem perakaran merupakan jaringan pertama yang mengalami kerusakan ketika tanaman tumbuh pada lingkungan dengan tingkat toksisitas Al yang tinggi, dan juga 95% Al dalam tanaman terakumulasi di dalam akar. Lu *et al.* (2020) juga menyatakan bahwa efek yang paling langsung dan jelas dari toksisitas Al pada pertumbuhan tanaman adalah menghambat pemanjangan akar hanya dalam waktu beberapa menit atau beberapa jam.

**Tabel 3.** Panjang Akar dan Tinggi Tanaman serta nilai relatifnya dari 6 varietas padi terhadap cekaman Al pada kultur hara

Varietas padi gogo	Panjang Akar (cm)		Panjang Akar Relatif	Tinggi Tanaman (cm)		Tinggi Tanaman Relatif
	Konsentrasi Al			Konsentrasi Al		
	0 ppm	45 ppm		0 ppm	45 ppm	
Hawara Bunar	22,96b	16,45a	0,72	49,65c	30,57c	0,62
IR 64	24,12ab	16,53a	0,68	44,05d	27,72d	0,63
Padi Kuning	25,83a	16,58a	0,64	58,97a	39,89a	0,68
Selegreng	23,67b	13,97b	0,59	53,09b	27,19d	0,51
Brentel	23,94ab	14,19b	0,59	57,21a	35,85b	0,63
Marus	23,39b	15,22ab	0,65	45,70d	26,97d	0,59
KK (%)	5,65			3,89		

*Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji LSD pada taraf 0,05. KK = koefisien keragaman*

**Tabel 4.** Berat Kering Akar dan Berat Kering Tajuk serta nilai relatifnya dari 6 varietas padi terhadap cekaman Al pada kultur hara

Varietas padi gogo	Berat Kering Akar (g)		Berat Kering Akar Relatif	Berat Kering Tajuk (g)		Berat Kering Tajuk Relatif
	Konsentrasi Al			Konsentrasi Al		
	0 ppm	45 ppm		0 ppm	45 ppm	
Hawara Bunar	0,053bc	0,035ab	0,66	0,157b	0,047b	0,29
IR 64	0,059ab	0,029b	0,50	0,164b	0,046b	0,28
Padi Kuning	0,058abc	0,041a	0,71	0,202a	0,083a	0,41
Selegreng	0,061a	0,032b	0,53	0,192a	0,049b	0,26
Brentel	0,055abc	0,030b	0,55	0,193a	0,056b	0,29
Marus	0,051c	0,029b	0,58	0,169b	0,047b	0,28
KK (%)	10,45			10,21		

*Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji LSD pada taraf 0,05. KK = koefisien keragaman*

Dari keenam varietas yang diuji hanya varietas kontrol Hawara Bunar yang menunjukkan respon toleran terhadap cekaman Al dengan nilai Panjang Akar Relatif (PAR) 0,71. Menurut Indrayani *et al.* (2016), galur moderat dan toleran diduga memiliki kemampuan untuk mencegah Al menyebrangi membran plasma dan masuk ke simplas atau tempat lain yang sensitif terhadap Al di sitoplasma ujung akar. Kemungkinan hal ini dapat terjadi dengan peningkatan pH rhizosfer atau apoplas dan pelepasan ligan pengkelat Al. Berdasarkan penelitian sebelumnya telah dibuktikan bahwa pada padi, pelepasan

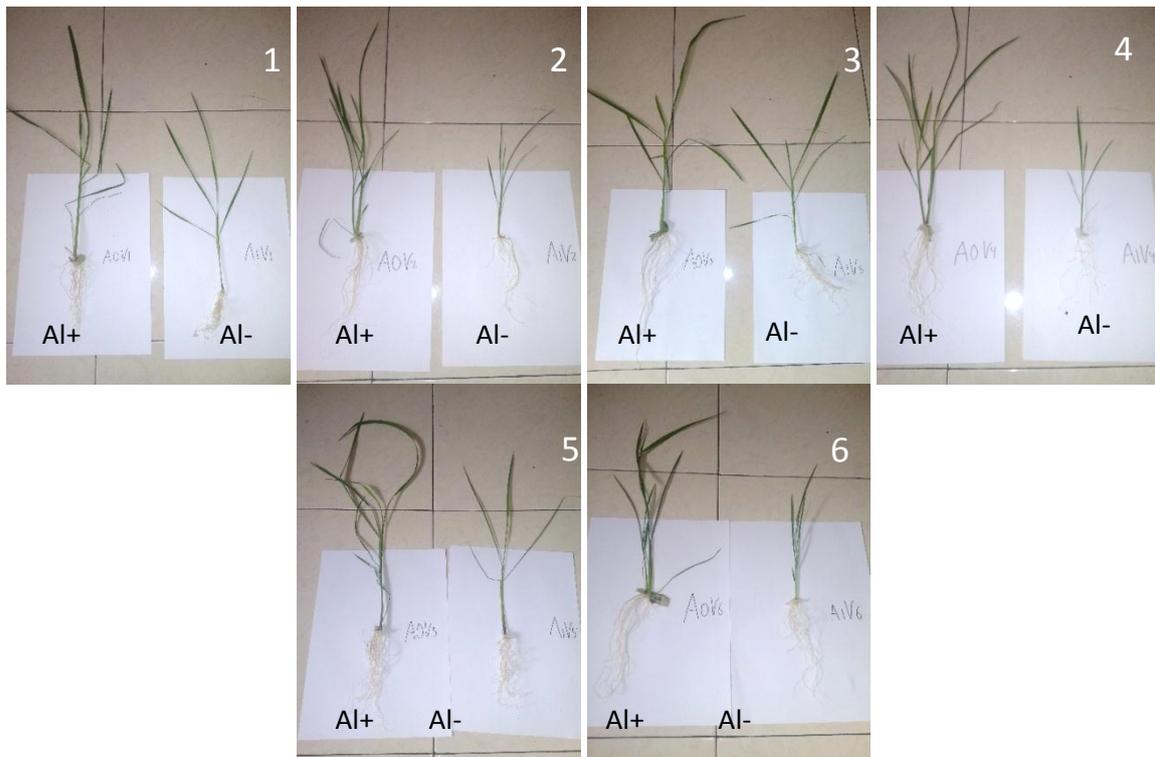
senyawa pengikat  $Al^{3+}$  ke dalam daerah apoplastik dan pada permukaan ujung akar dapat secara efektif mengkelat  $Al^{3+}$ , menghindari penetrasi ke dalam sel akar sampai batas tertentu dan mencegah kerusakan komponen seluler secara berturut-turut (Ma, 2000). Utama (2010) melaporkan bahwa perbedaan dalam penyerapan nitrat ( $NO_3^-$ ) menyebabkan perubahan pH dan perbedaan ini dapat mengakibatkan perbedaan pada varietas peka dan toleran dalam metabolisme  $NO_3^-$ . Tingkat toleransi pada varietas toleran ditandai oleh kemampuannya menggunakan  $NO_3^-$  secara lebih efisien dalam kondisi  $NH_4^+$  tersedia. Menurut Lu *et al.* (2020) mekanisme detoksifikasi eksternal sebagian besar bertanggung jawab atas toleransi Al pada padi dan ini telah dikonfirmasi dengan identifikasi dari lokus sifat kuantitatif (QTLs) untuk toleransi Al pada padi.

Nilai Tinggi Tanaman Relatif (TTR) yang tertinggi dimiliki oleh Padi kuning yaitu sebesar 0,68, namun secara umum seluruh varietas dapat dikatakan mengalami penurunan tinggi tanaman yang cukup signifikan, terutama pada varietas Selegreng dimana pada kondisi tanpa cekaman Al memiliki tinggi tanaman yang tergolong tinggi dibanding varietas lain yaitu sebesar 57,21 cm, sementara pada kondisi cekaman Al justru memiliki tinggi tanaman yang lebih rendah dari varietas lain yaitu sebesar 27,19 cm (Tabel 3). Kemudian, varietas kontrol toleran memiliki nilai TTR sebesar 0,62, hasil ini cukup mengejutkan karena sedikit lebih rendah dibanding varietas kontrol peka sebesar 0,63. Hasil ini tidak sesuai dengan hasil pada pengamatan panjang akar, karena varietas yang memiliki nilai PAR tinggi belum tentu memiliki nilai TTR yang tinggi, begitupun sebaliknya. Menurut Utama (2010), beberapa genotip tanaman padi memiliki mekanisme adaptasi terhadap cekaman Al dengan lebih banyak menggunakan energi untuk pertumbuhan akar dibandingkan energi untuk pertumbuhan tajuk. Selain itu, diduga kegagalan tanaman dalam menghambat akumulasi Al pada tajuk juga menjadi penyebab dari rendahnya tinggi tanaman pada kondisi cekaman Al.

Berdasarkan nilai Berat Kering Akar Relatif (BKAR) didapatkan bahwa Padi Kuning memiliki nilai yang paling tinggi dibanding varietas lainnya yaitu sebesar 0,71 dan nilai terendah yaitu varietas kontrol peka IR64 sebesar 0,50. Dari hasil pengamatan secara visual terlihat bahwa padi Kuning memiliki perakaran yang cukup baik dan lebih lebat dibanding varietas lain pada kondisi tercekam, sementara itu IR64 yang memiliki nilai BKAR terendah terlihat memiliki akar yang lebih sedikit dibanding varietas lain (Gambar 1). Menurut Awasthi *et al.* (2017), akar seminal ditemukan berkurang pada genotipe sensitif jika dibandingkan dengan genotipe toleran pada kondisi adanya Al. Dengan demikian, ekspansi sel akar dan pembelahan sel berlangsung dengan lebih baik pada genotipe yang toleran. Nagasaka *et al.* (2003) juga menemukan bahwa cekaman Al turut menghambat perkembangan akar adventif (*crown roots*) walaupun tidak separah seperti yang terjadi pada akar seminal.

Berat kering tajuk menunjukkan penurunan atau nilai relatif yang lebih rendah dibanding variabel lain yang diamati dengan nilai terbesar hanya 0,41 yang dimiliki oleh Padi Kuning, bahkan varietas kontrol toleran hanya memiliki nilai Berat Kering Tajuk Relatif (BKTR) sebesar 0,29. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa pengaruh Al terutama menghambat pertumbuhan akar dan mengganggu metabolisme tanaman dengan mengurangi penyerapan air dan nutrisi mineral yang pada akhirnya mengurangi pertumbuhan tajuk (Roy dan Bhadra, 2014). Selain menurunkan pertumbuhan tanaman, stres Al juga dapat menurunkan konsentrasi unsur-unsur mineral, khususnya Ca, Mg, dan

P, pada tajuk tanaman (Foy, 1996). Menurut Guo *et al.* (2012), kekurangan P sangat membatasi akumulasi biomassa tanaman, mengurangi luas daun, mengurangi efisiensi fotosintesis, dan mengubah jalur metabolisme biokimia. Foy (1996), menambahkan bahwa kekurangan P juga dapat menyebabkan nekrosis pada ujung daun, *stunting*, daun berwarna hijau tua, dan terkadang pigmentasi ungu pada daun atau batang. Pada penelitian ini terlihat dengan jelas bahwa tanaman yang diberi perlakuan Al 45 ppm menunjukkan gejala *stunting* atau penghambatan pertumbuhan yang cukup parah, dan beberapa sampel tanaman juga menunjukkan gejala nekrosis pada ujung daun (Gambar 1). Defisiensi P tersebut dapat disebabkan oleh berkurangnya serapan dan transport P yang disebabkan oleh pengendapan Al-P pada akar tanaman, atau karena gangguan oleh Al dalam metabolisme P yang terjadi di tajuk tanaman (Foy, 1996).



**Gambar 1.** Panjang akar dan tinggi tanaman setelah 21 hari pada kultur hara. Al- = Tanpa Al dan Al+ = Al 45 ppm. 1) Hawara Bunar, 2) IR64, 3) Padi Kuning, 4) Selegreng, 5) Brentel, 6) Marus

Hasil dari analisis ragam pada variabel skor warna akar menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata warna akar antar varietas yang diuji (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan toleransi antar varietas berdasarkan analisis ragam pada karakter skor warna akar. Meskipun hasil analisis ragam tidak menunjukkan adanya perbedaan, namun berdasarkan hasil skoring beberapa varietas dapat diklasifikasikan kedalam kelas yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa varietas kontrol toleran Hawara Bunar termasuk varietas toleran berdasarkan hasil skoring dengan skor sebesar 1,65. Kemudian Padi Kuning dan IR64 termasuk kedalam varietas moderat dengan skor masing-masing 2,20 dan 2,42. Sementara itu varietas Selegreng, Brentel, dan Marus termasuk kedalam varietas peka dengan skor masing-masing 2,77, 2,83, dan 3,37 (Tabel 6).

**Tabel 5.** ANOVA dari 6 varietas padi untuk karakter skor warna akar

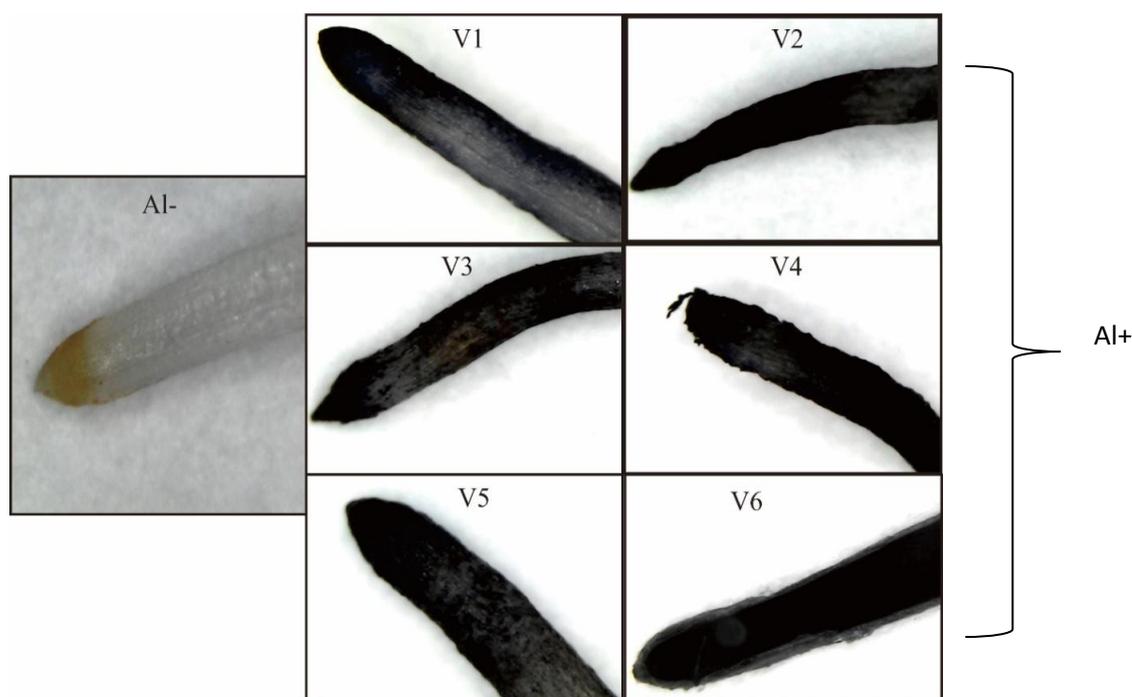
Sumber Keragaman	db	F hitung
Blok	2	0,625 <sup>tn</sup>
Varietas	5	1,771 <sup>tn</sup>
Error	10	
Total	17	

Keterangan : tn = tidak berbeda nyata

**Tabel 6.** Skoring pewarnaan hematoksilin

Varietas	Skor	Keterangan pewarnaan	Kelas
Hawara Bunar	1,65	Sebagian	Toleran
IR 64	2,42	Separuh	Moderat
Padi Kuning	2,20	Separuh	Moderat
Selegreng	2,77	Menyeluruh	Peka
Brentel	2,83	Menyeluruh	Peka
Marus	3,37	Menyeluruh	Peka

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa terdapat perbedaan yang sangat jelas antara akar yang tidak diberi Al dengan akar yang diberi Al 45 ppm. Akar yang tidak diberi perlakuan Al berwarna putih bening dengan sedikit warna kuning pada ujung akar, hal tersebut dikarenakan tidak adanya interaksi antara hematin dan Al. Sedangkan pada akar yang diberi perlakuan Al 45 ppm terlihat dengan jelas bahwa adanya perubahan warna menjadi hitam dengan sedikit noda berwarna biru. Menurut Miftahudin *et.al.* (2007), akar yang tercekam Al menunjukkan warna ungu tua di ujung akar setelah pewarnaan dengan hematoksilin, yang menunjukkan bahwa adanya akumulasi Al di zona perakaran. Intensitas warna yang terbentuk berdasarkan pengamatan terlihat paling jelas pada bagian ujung akar (Gambar 2).



**Gambar 2.** Hasil pewarnaan akar menggunakan hematoksilin. Al- = tanpa Al dan Al+ = Al 45 ppm. V1= Hawara Bunar, V2= IR64, V3= Padi Kuning, V4= Selegreng, V5= Brentel, V6= Marus

Apabila diperhatikan intensitas warna yang terbentuk agak sedikit berbeda antar varietas. Varietas Marus terlihat memiliki intensitas warna yang lebih besar dan menyeluruh dibanding varietas lain sehingga berdasarkan skoring termasuk kedalam kelas peka. Sementara itu, varietas Hawara Bunar memiliki intensitas warna yang lebih sedikit dibanding varietas lain dengan terlihat masih adanya bagian yang berwarna putih, oleh karena itu berdasarkan skoring varietas ini termasuk kedalam kelas toleran. Menurut Awasthi *et al.* (2017), intensitas warna gelap yang terbentuk akibat kompleks Al-hematoksilin (Hematin), berbanding lurus dengan jumlah Al yang terakumulasi di jaringan akar, dengan begitu dapat diduga bahwa konsentrasi Al pada jaringan akar lebih tinggi pada varietas marus dibanding Hawara Bunar karena intensitas pewarnaan yang lebih besar pada varietas Marus. Kemudian untuk varietas lainnya sebenarnya tidak terdapat perbedaan yang begitu jelas sehingga nilai dari skornya tidak berbeda begitu jauh, namun berdasarkan pengklasifikasian pada percobaan ini varietas Padi Kuning dan IR64 dikategorikan moderat sementara varietas Selegreng dan Brentel dikategorikan peka. Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah diperkirakan bahwa secara umum, semakin sensitif sebuah genotip terhadap Al, maka semakin banyak Al yang terakumulasi dalam jaringan akar (Miftahudin *et al.*, 2007).

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap karakter morfologi dan pewarnaan akar dengan hematoksilin terlihat bahwa adanya hubungan, dimana varietas yang menunjukkan performa yang baik pada karakter morfologi menghasilkan intensitas pewarnaan yang lebih sedikit dibanding varietas lain. Miftahudin *et al.* (2007) juga melaporkan hasil yang sama bahwa terdapat hubungan positif antara karakter *root re-growth*, panjang akar relatif, dan *root elongation* dengan intensitas pewarnaan akar menggunakan hematoksilin. Alvim *et al.* (2012) juga menyatakan bahwa penghambatan pertumbuhan akar berhubungan langsung dengan akumulasi  $Al^{3+}$  di ujung akar. Varietas yang menunjukkan performa yang baik pada kedua percobaan itu yaitu varietas kontrol toleran Hawara Bunar dengan nilai PAR tertinggi dan menunjukkan intensitas pewarnaan akar yang paling rendah, selain itu varietas Padi Kuning juga menunjukkan performa yang cukup baik dibanding varietas lain karena memiliki nilai TTR, BKAR, dan BKTR yang paling tinggi serta termasuk kedalam kelas moderat pada percobaan pewarnaan akar.

## KESIMPULAN

Varietas kontrol toleran Hawara Bunar dan varietas Padi Kuning menunjukkan tingkat toleransi yang lebih baik dibanding varietas lain berdasarkan pengamatan terhadap karakter morfologi dan pengamatan pada pewarnaan akar. Varietas Hawara Bunar menunjukkan nilai PAR tertinggi yaitu sebesar 0,72 dan menunjukkan intensitas pewarnaan akar yang paling rendah dengan skor 1,65. Sementara itu, varietas Padi Kuning memiliki nilai TTR, BKAR, dan BKTR yang paling tinggi yaitu sebesar 0,68, 0,71, dan 0,41 berturut-turut, serta termasuk kedalam kelas moderat pada percobaan pewarnaan akar.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alvim MN, Ramos FT, Oliveira DC, Isaias RMS, França MGC. 2012. Aluminium localization and toxicity symptoms related to root growth inhibition in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *J. Biosci.* 37(6): 1079–1088
- Awasthi JP, Saha B, Regon P, Sahoo S, Chowra U, Pradhan A, Roy A, Panda SK. 2017. Morpho-physiological analysis of tolerance to aluminum toxicity in rice varieties of North East India. *PLoS ONE.* 12(4): e0176357
- Bafadal A. 2014. Analisis sektor basis pertanian untuk pengembangan ekonomi daerah. *Agriplus.* 24(2): 152-160
- Cai M, Zhang S, Xing C, Wang F, Wang N, Zhua L. 2011. Developmental characteristics and aluminum resistance of root border cells in rice seedlings. *Plant Science.* 180 (5): 702–708
- Coronel VP, Akita S, Yoshida S. 1990. Aluminium toxicity tolerance in rice(*Oryza sativa* L) seedlings. *Plant nutrition - physiology and applications.* 357-363
- Foy CD. 1996. Tolerance of barley cultivars to an acid, aluminium-toxic subsoil related to mineral element concentrations in their shoots. *J Plant Nutr.* 19: 1361–1380
- Guo T, Yao P, Zhang Z, Wang J, dan Wang M. 2012. Involvement of antioxidative defense system in rice seedlings exposed to aluminum toxicity and phosphorus deficiency. *Rice Science.* 19(3): 207–212
- Indrayani S, Anggraheni YGD, Wibowo H, Mulyaningsih ES. 2016. Pengujian padi gogo terhadap keracunan aluminium di lapangan dan skala rumah kaca dalam dua generasi. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Padi 2016*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi, 31 Agustus. hlm. 655-663
- Lu H, Dong G, Hua H, Zhao W, Li J, Xua R. 2020. Method for initially selecting Al-tolerant rice varieties based on the charge characteristics of their roots. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 187: 1-8.
- Ma JF. 2000. Role of organic acids in detoxification of aluminum in higher plants. *Plant Cell Physiol.* 41: 383-390.
- Miftahudin, Nurlaela, Juliarni. 2007. Uptake and distribution of aluminum in root apices of two rice varieties under aluminum stress. *Hayati.* 14(3): 110-114
- Mulyaningsih, ES, Perdani, AY, Indrayani, S, dan Suwarno. 2016. Seleksi fenotipe populasi padi gogo untuk hasil tinggi, toleran aluminium dan tahan blas pada tanah masam. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 35(3): 191-198
- Nagasaka S, Teraoka T, Matsumoto S, Mori S, Yoshimura E. 2003. Difference in Al sensitivity between seminal and crown roots of rice nursery seedlings. *Soil Science and Plant Nutrition.* 49(6): 897-902
- Rahayu AH, Harjoso T. 2010. Karakter agronomis dan fisiologis padi gogo yang ditanam pada media tanah bersekam pada kondisi air di bawah kapasitas lapang. *Akta Agrosia.* 13(1): 40-49
- Ritung S, Suryani E, Subardja D, Sukarman, Nugroho K, Suparto, Hilmatullah, Mulyani A, Tafakresno C, Sulaeman Y, Subandiono RE, Wahyunto, Ponidi, Prasodjo N, Suryana

- U, Hidayat H, Priyono A, Supriyatna W. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia. Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan. Dalam: Husen E, Agus F, Nursyamsi D (Eds.). IAARD-PRESS.
- Roy B, Bhadra S. 2014. Effects of toxic levels of aluminium on seedling parameters of rice under hydroponic culture. *Rice Science*. 21(4): 217–223
- Utama MZH. 2010. Penapisan varietas padi gogo toleran cekaman aluminium. *J. Agron. Indonesia*. 38(3): 163-169