

## PENGUJIAN PADI GOGO TERHADAP KERACUNAN ALUMINIUM DI LAPANGAN DAN SKALA RUMAH KACA DALAM DUA GENERASI

<sup>1</sup> Sri Indrayani, <sup>2</sup> Yuliana Galih Dyan Anggraheni

<sup>3</sup> Heru Wibowo, <sup>4</sup> Enung Sri Mulyaningsih

Pusat Penelitian Bioteknologi, LIPI

Jl. Raya Bogor Km 46 Cibinong Science Center, 16911

Telpn 021-8754587, Fax. 021-8754588 \*[nci\\_bio@yahoo.com](mailto:nci_bio@yahoo.com)

### ABSTRAK

Ultisol ialah tanah tua masam dengan kandungan hara rendah dan aluminium (Al) yang tinggi. Lahan ultisol tersebar diseluruh wilayah Indonesia dan sebagian diantaranya dimanfaatkan sebagai lahan produksi padi gogo. Penggunaan varietas padi gogo toleran aluminium merupakan upaya yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan lahan ultisol. Penelitian ini menggunakan populasi hasil silangan varietas Situ Patenggang dan B-11930F-TB-2. Pengujian di lapangan pada lahan masam telah dilakukan sebelumnya menggunakan populasi F6 sementara pengujian di rumah kaca menggunakan generasi F7, yang diuji berdasarkan metode kultur hara. Tujuan penelitian ialah mendapatkan informasi tingkat toleransi terhadap aluminium berdasarkan pengujian di lapangan dan di rumah kaca. Berdasarkan uji di lapangan pada generasi sebelumnya, terpilih 36 galur harapan potensial toleran Al. Sementara hasil validasi di rumah kaca menunjukkan bahwa beberapa galur mengalami pergeseran tingkat toleransi Al antara hasil uji di lahan masam dengan hasil uji di kultur hara. Diperoleh satu galur toleran Al baik di lapangan maupun di kultur hara, 11 moderat, dan 4 peka.

**Kata kunci:** padi gogo, keracunan aluminium, uji fenotipik.

### ABSTRACT

Ultisols are intensely weathered soils with a low nutrient and high aluminum (Al) contents. Ultisols spread throughout the Indonesia archipelago and some of them is used as upland rice production field. The use of aluminum tolerant upland rice varieties is an effort to utilize ultisols. This study used breeding population derived from the cross between Situ Patenggang and B-11930F-TB-2. The field evaluation was conducted in acid soil by using F6 population, while evaluation in the screen house was conducted on F7 generation, by using nutrient culture method. This study aimed to obtain information on Aluminium toxicity tolerance of upland rice lines based on test under field and screen house scale. Based on the previous field study had been selected 36 potentially lines tolerance to Al. While the validation results in the screen house showed shifting level of Al tolerance between acid soil and nutrient culture test. It showed that one line tolerant Al both field and nutrient culture test, 11 moderate and four susceptible.

**Keywords:** Upland Rice, Aluminum toxicity, and Phenotypic test

## PENDAHULUAN

Tanaman padi merupakan tanaman pangan yang penting di Indonesia. Kebutuhan padi sebagai bahan pangan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia. Usaha mengimpor beras telah dilakukan sejak beberapa tahun lalu untuk mencukupi kebutuhan pangan nasional. Sampai saat ini kontribusi produksi padi gogo secara nasional masih relatif rendah, sehingga pengembangannya masih terus diupayakan. Produksi padi gogo pada tahun 2011 sebesar 3,091 ton ha<sup>-1</sup> dan jauh dibawah padi sawah yang mencapai 5,179 ton ha<sup>-1</sup> (Sadimantara dan Muhidin, 2012).

Padi gogo banyak ditanam di lahan-lahan sub optimal seperti lahan ultisol yang tersebar di Indonesia. Budidaya padi gogo yang hanya memerlukan sedikit air selama pertumbuhannya dapat menjadi solusi pemanfaatan lahan ultisol. Menurut Subagyo *et al* (2004) luas daratan Indonesia yang berjenis ultisol adalah 45.794.000 ha atau 25% dari total luas daratan Indonesia (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006) Sebaran terluas terdapat di Kalimantan (21.938.000 ha), diikuti oleh Sumatera (9.469.000 ha), Maluku dan Papua (8.859.000ha), Sulawesi (4.303.000ha), Jawa (1.172.000 ha) dan Nusa Tenggara (53.000 ha).

Kendala lahan ultisol ialah lahan ini memiliki kandungan hara rendah dan kandungan Al yang tinggi sehingga potensi keracunan Al sangat tinggi. Keracunan Al erat kaitannya dengan kemasaman tanah (pH) (Alluri 1986; Kaher 1993). Tanaman yang teracun Al akan mengalami kekahatan unsur hara N, P, Ca, dan Mg sehingga pertumbuhannya menjadi kerdil dan tidak menghasilkan organ tanaman yang bernilai ekonomis. Pemanfaatan dan pengembangan lahan ultisol dilakukan dengan beberapa cara seperti kegiatan pengapuran, dan pemakaian varietas toleran Al. Lubis *et al* (1993) menyebutkan bahwa penggunaan varietas toleran dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Keuntungan lain ialah dapat menekan biaya pengelolaan lahan ultisol, karena tidak diperlukan kegiatan pengapuran. Penggunaan kapur dalam jumlah tinggi akan menambah biaya pengelolaan lahan. Prasetyo dan Suriadikarta (2006) menyebutkan bahwa respon tanaman pangan terhadap Al berbeda-beda sehingga membutuhkan kapur dalam jumlah yang berbeda.

Upaya perakitan varietas toleran terhadap Al merupakan alternatif pengembangan padi gogo untuk lahan ultisol yang ada di Indonesia. Laboratorium Agronomi Puslit Bioteknologi LIPI, memiliki galur-galur potensial padi gogo toleran Al. Galur-galur padi gogo ini telah melewati uji lapang di lahan masam Lampung. Pengkajian lanjut potensi galur-galur padi gogo toleran Al perlu dilakukan pada tingkat fenotipik. Tujuan dari penelitian ini ialah mendapatkan informasi kestabilan tingkat toleransi antara pengujian di lapangan dan di rumah kaca.

## METODE PENELITIAN

### Bahan tanaman

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah 36 galur padi generasi F6 hasil persilangan Situ Patenggang dan B11930F-TB-2. Galur-galur tersebut telah diseleksi pada lahan masam di Lampung dengan kelompok: toleran, moderat dan peka Al (Tabel 1). Galur B11930F-TB-2 memiliki keunggulan toleran Al, tahan blas dan bertekstur pulen. Sementara Situ Patenggang bersifat aromatik dan merupakan varietas unggul nasional. Varietas pembanding toleran menggunakan IR60080-23 dan varietas ITA sebagai pembanding peka.

**Tabel 1.** Hasil seleksi 36 galur F6 persilangan Situ Patenggang  $\times$  B11930F-TB-2 di lahan masam Lampung ( Mulyaningsih *et al.* 2016).

| Kelompok | Galur                                                                                      |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Toleran  | 12, 14, 82, 83, 84, 85, 87, 207, dan 208                                                   |
| Moderat  | 13-1, 13-2, 78-1, 78-2, 80-1, 80-2, 81, 86, 88, 210, 218, 296, 298, 302, 416, 461, dan 463 |
| Peka     | 461-1, 461-2, 461-3, 463-1, 463-2, 463-3, 463-4, 463-5, 463-6 dan 463-7                    |

### Uji fenotipik toleransi Al

Uji toleransi Al menggunakan metode yang disampaikan oleh Lubis & Suwarno (2000) serta Santika (2011). Modifikasi dilakukan terhadap bentuk steroform yang digunakan dengan bak-bak plastik berukuran 35 cm x 25 cm x 10 cm berisi larutan Yoshida dengan perlakuan 0 ppm dan 60 ppm  $\text{AlCl}_3$ . Sebelum ditanam dalam larutan Yoshida, benih disterilisasi dengan cara direndam alkohol 70% (1 menit), dicuci akuades 3 kali, dan direndam bayclean 70% (15 menit) sambil di shaker. Benih dicuci akuades hingga tidak berbau dan siap ditanam. Benih steril ditumbuhkan dalam setiap lubang steroform yang dilapisi dengan kain kasa plastik 1 mm. Setiap galur ditanam 10 benih. Larutan Yoshida dipertahankan pada  $\text{pH } 4 \pm 0.2$  diamati perubahan pH larutan setiap dua hari. Secara rutin setiap 1 minggu larutan Yoshida diganti baru.

Tanaman di bak plastik dipelihara dan dibiarkan tumbuh sampai umur 20 hari kemudian diukur panjang akarnya. Hasil pengamatan panjang akar digunakan untuk menghitung nilai panjang akar relatif (PAR) = panjang akar pada perlakuan Al/panjang akar tanpa Al. Berdasarkan nilai PAR, galur yang diuji dapat dikelompokkan sebagai peka jika  $\text{PAR} \leq \text{PAR} - 1 \text{ SD}$ ; moderat jika  $\text{PAR} - 1 \text{ SD} < \text{PAR} \leq \text{PAR} + 1 \text{ SD}$ ; toleran jika  $\text{PAR} > \text{PAR} + 1 \text{ SD}$  (Bakhtiar *et al.* 2007). Rataan PAR setiap galur dibandingkan dengan varietas IR60080-23 sebagai pembanding toleran dengan uji BNT pada taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji fenotipik toleransi Al

Panjang akar digunakan sebagai parameter utama dalam pengujian. Penghambatan pertumbuhan akar akibat keracunan Al pada padi telah banyak dilaporkan (Nasution dan Suhartini, 1991; Kwatiwada *et al.*, 1996; Rusdiansyah *et al.*, 2001; Bakhtiar *et al.*, 2007; Mulyaningsih *et al.*, 2012). Keracunan Al mempengaruhi jaringan akar terutama ujung akar. Kondisi perakaran tanaman pada larutan Yoshida dengan 60 ppm  $\text{AlCl}_3$  merupakan cerminan kemampuan tanaman dalam menghadapi cekaman Al. Tanaman dengan akar panjang dan baik pada kondisi tercekam Al menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam beradaptasi terhadap keracunan Al. Hasil pengujian fenotipik menggunakan larutan Yoshida disajikan pada Gambar 1.



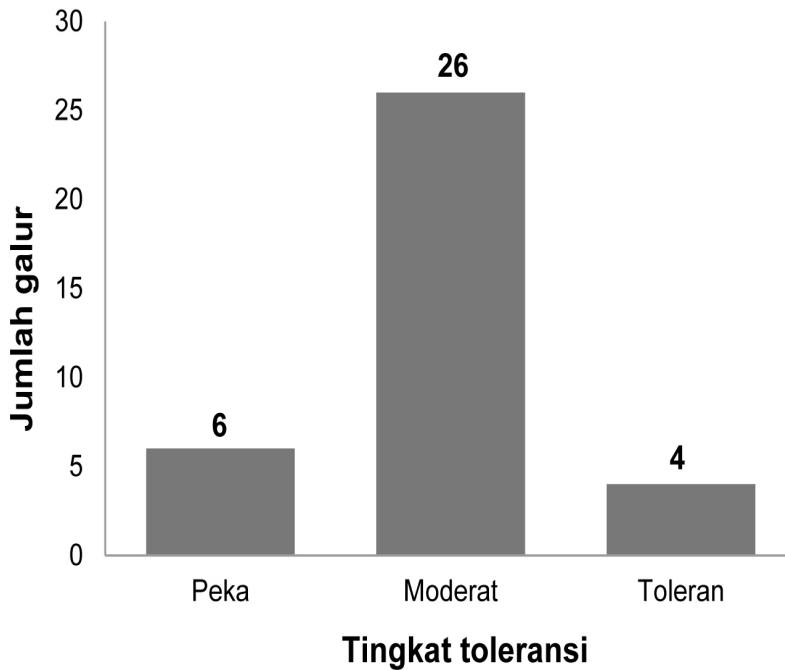
**Gambar 1.** Hasil uji fenotipik kultur hara dalam larutan Yoshida pada 20 hari setelah tanam.

A) Keragaan fenotipik bibit padi gogo,

B) Kondisi perakaran bibit dalam larutan Yoshida tanpa  $\text{AlCl}_3$  dan 60 ppm  $\text{AlCl}_3$ .

Pengelompokkan galur toleran Al berdasarkan nilai PAR pada tanaman padi berbeda-beda antara beberapa peneliti. Khatiwada *et al* (1996) menyebutkan bahwa pertumbuhan akar pada galur peka berkurang lebih dari 50%, berarti pengelompokkan hanya menjadi dua kelompok, yaitu toleran dan peka. Berdasarkan nilai PAR Nasution dan Suhartini (1991) membagi 3 kelompok yaitu toleran jika  $\text{PAR} \geq 0.7$ , moderat antara  $0.69 - 0.62$  dan peka  $\leq 0.61$ . Demikian pula Wu *et al* (1997) mengelompokkan menjadi tiga namun range nilai PAR berbeda yaitu toleran jika  $\text{PAR} > 0.9$ , moderat antara  $0.7 - 0.9$  dan peka jika  $< 0.7$ .

Dalam penelitian ini pengelompokan toleransi tanaman terhadap Al dilakukan berdasarkan sebaran nilai PAR mengikuti pola distribusi normal yang dikelompokkan menjadi 3 kelompok (toleran, moderat, dan peka) berdasarkan rata-rata dan simpang baku. Pengelompokan tersebut ialah: toleran jika  $PAR > 0.761$ , moderat  $0.302 < PAR \leq 0.761$  dan peka jika  $PAR \leq 0.302$  (Gambar 2).



**Gambar 2.** Pengelompokan tingkat toleransi terhadap Al berdasarkan sebaran nilai PAR pada 36 galur hasil persilangan.

Hasil seleksi berdasarkan nilai PAR dengan metode larutan hara yang ditambahkan  $AlCl_3$  disajikan pada Tabel 2. Dari 36 galur yang diuji diperoleh 4 galur toleran (84, 13-1, 13-2, dan 461), 6 galur peka (86, 463-4, 463-2, 298, 463-6, dan 463-5) dan 26 galur lainnya moderat. Nilai PAR pada galur toleran berkisar antara 0.77 – 1.03, galur moderat 0.32 – 0.74, dan galur peka 0.10 – 0.27. Hasil uji lanjut BNT pada taraf 5% menunjukkan perbedaan nyata pada hampir keseluruhan galur hasil persilangan. Berdasarkan data tersebut diperoleh 1 galur dengan nilai PAR nyata lebih tinggi dari varietas pembandingan toleran yaitu galur 13-2 (sangat toleran). Diduga galur tersebut memiliki sistem metabolisme tertentu sehingga keberadaan Al terlarut tidak mempengaruhi pertumbuhannya. Penelitian lanjut terhadap galur ini sangat menarik untuk dipelajari.

**Tabel 2.** Nilai PAR galur hasil persilangan berdasarkan panjang akar

| Galur       | PAR         | Keterangan | Galur             | PAR  | Keterangan |
|-------------|-------------|------------|-------------------|------|------------|
| 84          | 0.77        | T          | 210               | 0.52 | M*         |
| 461         | 0.81        | T          | 463-1             | 0.53 | M*         |
| 13-1        | 0.86        | T          | 82                | 0.53 | M*         |
| <b>13-2</b> | <b>1.03</b> | <b>T*</b>  | 463-7             | 0.55 | M*         |
| 298         | 0.10        | P*         | 302               | 0.55 | M*         |
| 463-6       | 0.14        | P*         | 296               | 0.61 | M*         |
| 463-5       | 0.15        | P*         | 218               | 0.65 | M*         |
| 463-2       | 0.17        | P*         | 461-2             | 0.65 | M*         |
| 463-4       | 0.19        | P*         | 83                | 0.67 | M*         |
| 86          | 0.27        | P*         | 87                | 0.67 | M*         |
| 85          | 0.32        | M*         | 461-1             | 0.68 | M*         |
| 80-2        | 0.35        | M*         | 78-1              | 0.70 | M*         |
| 78-2        | 0.36        | M*         | 207               | 0.72 | M*         |
| 416         | 0.38        | M*         | 12                | 0.74 | M*         |
| 81          | 0.41        | M*         | 461-3             | 0.74 | M*         |
| 88          | 0.44        | M*         | <b>Tetua</b>      |      |            |
| 463-3       | 0.47        | M*         | Stpatenggang      | 0.47 | M*         |
| 14          | 0.47        | M*         | B-11930F-TB-2     | 1.04 | T*         |
| 80-1        | 0.50        | M*         | <b>Pembanding</b> |      |            |
| 208         | 0.51        | M*         | ITA               | 0.25 |            |
| 463         | 0.51        | M*         | IR60080-23        | 0.99 |            |

**Keterangan:** \* Berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5% dengan varietas pembanding toleran. T=toleran, M=moderat, dan P=peka.

Pada galur moderat dan toleran diduga memiliki kemampuan untuk mencegah Al menyebrangi membran plasma dan masuk ke simplas atau tempat-tempat lain yang peka terhadap Al di sitoplasma ujung akar. Kemungkinan hal ini dapat terjadi dengan peningkatan pH rhizosfer atau apoplas dan pelepasan ligan pengkelat Al (Kochian, 1995; Taylor, 1988).

Hambatan pemanjangan akar pada galur peka diduga karena adanya hambatan pembesaran dan pembelahan sel. Coronel *et al* (1990) melaporkan pada padi peka, Al cenderung diakumulasikan pada akar di dalam sel epidermis dan kortek tetapi hampir tidak dijumpai dalam sistem pembuluh. Al juga dijumpai terakumulasi pada dinding sel akar yang berikatan dengan gugus karboksil dari matrik pektin. Hal ini membuat matrik menjadi rigid dan menghambat pembesaran sel, sehingga pemanjangan akar terhambat akibat adanya hambatan pembelahan dan pemanjangan sel. Ma *et al* (2004) melaporkan bahwa Al dapat menurunkan viskositas dan elastisitas dinding sel akar secara nyata yang terlibat dalam penghambatan pertumbuhan akar.

Hasil seleksi cekaman Al di lahan masam dan kultur hara dengan kondisi pH yang sama (pH 4,0) mengalami perubahan/pergeseran tingkat toleransi terhadap Al. Tidak semua galur yang toleran di lahan masam juga toleran di kultur hara. Keragaman hasil atau pergeseran kelompok diduga sangat ditentukan oleh faktor lingkungan pengujian. Pada pengujian di lahan masam pengaruh cekaman tidak selalu disebabkan oleh tingkat Al terlarut namun diduga ada faktor lain seperti iklim mikro, ketersediaan hara dan kesuburan tanah yang bervariasi. Sementara hasil pengujian di rumah kaca cekaman yang terjadi bersifat seragam disebabkan oleh faktor tunggal Al terlarut. Galur- galur yang menunjukkan konsistensi antara pengujian dilahan dan rumah kaca ialah: galur toleran 84, galur moderat 78-1, 78-2, 80-1, 80-2, 81, 210, 218, 296, 302, 416, dan 463, galur peka 463-2, 463-4, 463-5, dan 463-6 (Tabel 3).

**Tabel 3.** Perbandingan hasil seleksi cekaman Al di lahan masam dan kultur hara

| No | Galur       | Lahan masam    | Kultur hara    | No | Galur | Lahan masam    | Kultur hara    |
|----|-------------|----------------|----------------|----|-------|----------------|----------------|
| 1  | 12          | Toleran        | Moderat        | 19 | 210   | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> |
| 2  | 14          | Toleran        | Moderat        | 20 | 218   | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> |
| 3  | 82          | Toleran        | Moderat        | 21 | 296   | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> |
| 4  | 83          | Toleran        | Moderat        | 22 | 298   | Moderat        | Peka           |
| 5  | <b>84</b>   | <b>Toleran</b> | <b>Toleran</b> | 23 | 302   | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> |
| 6  | 85          | Toleran        | Moderat        | 24 | 416   | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> |
| 7  | 87          | Toleran        | Moderat        | 25 | 461   | Moderat        | Toleran        |
| 8  | 207         | Toleran        | Moderat        | 26 | 463   | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> |
| 9  | 208         | Toleran        | Moderat        | 27 | 461-1 | Peka           | Moderat        |
| 10 | 13-1        | Moderat        | Toleran        | 28 | 461-2 | Peka           | Moderat        |
| 11 | 13-2        | Moderat        | Toleran        | 29 | 461-3 | Peka           | Moderat        |
| 12 | <b>78-1</b> | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> | 30 | 463-1 | Peka           | Moderat        |
| 13 | <b>78-2</b> | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> | 31 | 463-2 | <b>Peka</b>    | <b>Peka</b>    |
| 14 | <b>80-1</b> | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> | 32 | 463-3 | Peka           | Moderat        |
| 15 | <b>80-2</b> | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> | 33 | 463-4 | <b>Peka</b>    | <b>Peka</b>    |
| 16 | <b>81</b>   | <b>Moderat</b> | <b>Moderat</b> | 34 | 463-5 | <b>Peka</b>    | <b>Peka</b>    |
| 17 | 86          | Moderat        | Peka           | 35 | 463-6 | <b>Peka</b>    | <b>Peka</b>    |
| 18 | 88          | Moderat        | Moderat        | 36 | 463-7 | Peka           | Moderat        |

## KESIMPULAN

Berdasarkan nilai PAR hasil uji kultur hara diperoleh 6 galur peka, 26 galur moderat dan 4 galur toleran cekaman Al dari 36 galur hasil persilangan Situ Patenggang dan B119030F-TB2. Diperoleh 1 galur toleran, 11 galur moderat dan 4 galur peka yang menunjukkan konsistensi tingkat toleransi terhadap Al antara pengujian dilahan masam dan dan kultur hara.

## SARAN

Hasil penelitian menunjukkan konsistensi yang tidak sama antara uji di lahan masam dengan uji kultur hara, oleh karena itu perlu dilakukan uji lanjut yang lebih mendetail.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alluri, K. 1986. Screening rice varieties in upland soil. Progress in Upland Rice Research. IRRI. Los Banos, Philippines. P. 263-270.
- Bakhtiar, Purwoko B.S, Trikoesoemaningtyas, Chozin M.A, Dewi I, and Amir M. 2007. Penapisan galur haploid ganda padi gogo hasil kultur antera untuk toleransi terhadap cekaman aluminium. Buletin Agronomi 35 (1): 8-14.
- Coronel V.P, Akita S, Yoshida S. 1990. Aluminium toxicity tolerance in rice (*Oryza sativa* L) seedlings. In: Van Beusichem, M.L. (ed). Plant Nutrition-Physiology and Application. Kluwer Acad Publ. The Netherlands.
- Enung S. Mulyaningsih, A. Y. Perdani, dan S. Indrayani. 2016. Seleksi fenotife populasi padi gogo untuk hasil tinggi, toleran aluminium dan tahan blas pada tanah masam. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. Vol 35, No. 3. Hal. 191-197. ISSN 0216-9959.
- Kaher, A. 1993. Status perbaikan varietas padi gogo untuk lahan kering marginal. Disajikan sebagai makalah penunjang dalam Simposium Penelitian Tanaman Pangan II, Puslitbangtan. Jakarta/Bogor, 23-25 Agustus 1993.
- Kochian L.V. 1995. Cellular mechanisms of aluminium toxicity and resistance in plant. Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol. 46: 273-260.
- Khatiwada S.P, Senadhira D, Carpena A.L, Zeigler R.S, Fernandez P.G. 1996. Variability and genetics of tolerance for aluminium toxicity in rice. Theor. Appl. Genet. 93:738-744.
- Lubis E, Diredja M, Harahap Z, dan Kustianto B. 1993. Perbaikan padi gogo. Disajikan sebagai makalah penunjang dalam Simposium Penelitian Tanaman Pangan II, Puslitbangtan. Jakarta/Bogor, 23-25 Agustus 1993.
- Lubis E dan Suwarno. 2000. Seleksi padi gogo yang cocok untuk lahan masam. Buletin Plasma Nutfah 6 (1): 47-52.



- Ma, J.F., R. Shen, S. Nagao, E. Tanimoto. 2004. Aluminium targets elongating cells by reducing cell wall extensibility in wheat roots. *Plant Cell Physiol.* 45(5): 583-589.
- Nasution I dan Suhartini . 1991. Evaluasi metode uji ketahanan kultivar padi gogo terhadap tanah masam. Dalam: Machmud, M., M. Kosim, L. Gunarto (eds). *Prosiding Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Prasetyo B.H. dan Suriadikarta D.A. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 25 (2): 39-47.
- Rusdiansyah, N. Rohaeni, Trikoesoemaningtyas. 2001. Evaluasi beberapa kultivar padi gogo asal Kalimantan Timur untuk ketahanan terhadap aluminium menggunakan metode kultur hara. *Bul. Agron* 29 (3): 73-77.
- Santika A. 2011. Teknik pengujian galur padi gogo terhadap keracunan aluminium di rumah kaca. *Buletin Teknik Pertanian* 16 (2): 43-47.
- Subagyo, H.N. Suharta, dan Siswanto A.B. 2004. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Dalam A. Adimihardja, L.I. Amien, F. Agus, D. Djaenudin (Ed.). *Sumberdaya lahan Indonesia dan pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor. pp. 21-66.
- Sadimantara G.R dan Muhidin. 2012. Daya hasil beberapa kultivar padi gogo lokal asal Sulawesi Tenggara pada cekaman kekeringan. *Jurnal Agroteknos* 2 (3): 121-125.
- Taylor, G.J. 1988. The physiology of aluminium tolerance. *In*: Singel. H., A. Singel (eds). *Metal Ions in Biological System Vol 24. Aluminium and Its Role in Biologi*. Marcel Dekker. New York. p. 165-198.
- Wu, P., B. Zhao, J. Yan, A. Luo, Y. Wu, D. Senadhira. 1997. Genetic control of tolerance to aluminium toxicity in rice. *Euphytica*. 97: 289-293.