

EFEK CEKAMAN ALUMINIUM TERHADAP VARIETAS PADI PADA TAHAP VEGETATIF AWAL DI MEDIA KULTUR HARA

Emilia Oktatora¹, Feriadi¹, Junainah¹, Hegar Nurjannah¹, Waliah Nur Rahayu²

¹Jurusan Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

²Program Studi Manajemen Agribisnis Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

Email: emilia.oktatora@polsri.ac.id (korespondensi)

Abstract

This study aims to determine the effect of aluminum stress on rice varieties during the early vegetative phase using a nutrient culture medium. This research employs a completely randomized design with two treatment factors: rice varieties and aluminum concentration. The variety factor consists of Rindang 1, Situ Patenggang, Towuti, Inpago 8, Inpara, and Inpago 10, and the aluminum concentration is 0 ppm and 250 ppm. Rice seeds are germinated for three days. The seeds that have been germinated are then planted in Kimura B nutrient culture media. The condition of the planting media is Kimura B 100% and pH 5.5, and this is maintained until day 21 when the first sampling is conducted. Then, the solution is replaced with a new one using Kimura B 100% nutrient culture media and pH 3.5, along with the addition of 250 ppm aluminum, and this is done until day 28 when the second sampling is conducted. The same procedure is repeated until day 35 when the third sampling is conducted. The analysis results show that the application of 250 ppm aluminum stress significantly affects all rice varieties. In the variables of plant height and root length, the Rindang 1 variety has the highest average values, namely 178.17 cm and 92.12 cm, respectively. Meanwhile, for the variable of leaf count, the variety with the highest average value is Towuti, which is 28.60 leaves.

Keyword: Aluminium, Nutrient Culture, Rice, Vegetative

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cekaman aluminium terhadap varietas padi pada fase vegetatif awal menggunakan media kultur hara. Penelitian ini menggunakan RAKF dengan 2 faktor perlakuan yaitu varietas padi dan konsentrasi aluminium. Faktor varietas terdiri dari Varietas Rindang 1, Situ Patenggang, Towuti, Inpago 8, Inpara dan Inpago 10, dan konsentrasi aluminium yaitu 0 ppm dan 250 ppm. Benih padi disemaikan selama tiga hari. Benih yang telah disemai, kemudian ditanam di media kultur hara Kimura B. Keadaan media tanam yaitu Kimura B 100 % dan pH 5,5, ini dilakukan hingga hari ke-21 dan dilakukan sampling pertama. Kemudian larutan diganti yang baru dengan media kultur hara Kimura B 100 % dan pH 3,5 serta penambahan 250 ppm aluminium, ini dilakukan hingga hari ke-28, dan dilakukan sampling kedua. Kemudian dilakukan hal yang sama seperti sebelumnya, ini dilakukan hingga hari ke-35, dan dilakukan sampling ketiga. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian cekaman aluminium 250 ppm terhadap varietas padi berpengaruh sangat nyata terhadap semua varietas padi. Pada peubah tinggi tanaman dan panjang akar, varietas Rindang 1 memiliki rata-rata nilai tertinggi yaitu masing-masing 178,17 cm dan 92,12 cm. Sedangkan untuk peubah jumlah daun, varietas yang memiliki rata-rata nilai tertinggi adalah Towuti yaitu 28,60 helai.

Kata kunci: Aluminium, Kultur Hara, Padi, Vegetatif

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, padi merupakan tanaman pokok dan penting untuk dipelajari dan dikembangkan budidayanya. Indonesia memiliki lahan penanaman padi yang cukup luas, sehingga menghasilkan beras lebih

banyak dibandingkan bahan mentah lainnya. Namun hasil panen padi masih bisa meningkat melebihi hasil rata-rata Indonesia. Hal ini tentunya dilakukan dengan cara yang benar, mulai dari pemilihan benih, pengolahan tanah yang benar, hingga penggunaan pupuk yang tepat

dan cara budidaya yang sesuai. Hasil panen padi yang maksimal dicapai bila tanaman memenuhi seluruh kebutuhan pokoknya seperti hara, udara, sinar matahari, dan air. Oleh karena itu, untuk memastikan bahwa padi memenuhi kebutuhan vitalnya, berbagai tugas perlu dilakukan (Jamilah, 2017).

Sekitar 70% tanah dibelahan dunia merupakan tanah bermasalah yang terkontaminasi asam, basa, logam berat, dan lain-lain. Namun, tanah masam masih menjadi hambatan utama bagi produksi sebagian besar tanaman pokok dunia. Diperkirakan sekitar 50% lahan pertanian terkena keracunan aluminium akibat tanah masam. Oleh karena itu harus ada beberapa langkah dalam penyelesaian masalah ini (Panda et al. 2009).

Akar tanaman paling rentan terhadap toksisitas aluminium. Toksisitas ini akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan akar. Saat pemanjangan akar adalah terjadinya proses pembelahan sel, namun karena toksisitas aluminium terjadi, maka menghambat mekanisme pembelahan sel. Akibatnya pertumbuhan akar menjadi kerdil dan rapuh, perkembangan rambut akar menjadi buruk, serta ujung akar akan bengkak dan rusak (Clarkson, 1965). Aluminium menyebabkan kerusakan parah pada akar, sehingga mengurangi penyerapan ion dan air (Barcelo & Poschenrieder, 2002). Pada bagian ujung akar, yaitu tudung akar, meristem, dan zona pemanjangan, sangat sensitif terhadap aluminium dan mudah mengakumulasi aluminium. Akibatnya, hal ini menyebabkan kerusakan fisik yang lebih besar dibandingkan pada area jaringan akar yang sudah matang. Efek toksik utama aluminium terlokalisasi di zona transisi distal ujung akar (Sivaguru, & Horst, 1998). Di zona akar ini, sel-sel meristematik keluar dari fase mitosis dan bersiap untuk pemanjangan sel yang bergantung pada F-aktin secara cepat (BalukSa et al. 1992; Verbelen, et al. 2006). Pemanjangan sel pada zona pemanjangan akan dihambat oleh efek utama aluminium, yang terjadi pada zona transisi yang berdekatan tempat proses ini berlangsung kurang aktif.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Padi

Bulir beras, yang biasa disebut biji, terdiri dari biji atau bulir beras (*caryopsis*) dan sekam, yang membungkus beras. Permukaannya

mengandung beberapa lapisan tipis jaringan yang terdiferensiasi secara botani yang membungkus embrio dan endosperma. Daun padi yang khas terdiri atas selubung, helai, tangkai daun, pelepah, dan silinder daun yang membungkus semua bagian pucuk yang lebih muda. Bilahnya tipis, rata, dan lebih panjang dari pelepah di semua daun kecuali daun kedua. Padi mempunyai radikula (akar seminalis), akar mesokotil, dan akar nodal (atau adventif). Sistem perakaran padi pada dasarnya terdiri dari akar-akar nodal. Setiap nodus biasanya mengembangkan sekitar 5-25 akar. Sumbu malai memanjang dari pangkal malai ke puncak. Sumbu malai terdiri dari 8-10 simpul Interval 2 hingga 4 cm dari mana cabang-cabang primer berkembang. Bunga terdiri dari putik, benang sari, dan bulir. Komponen-komponen dari putik adalah stigma, style, dan ovarium. Kepala putik berbentuk plumose, tempat butiran serbuk sari dilepaskan. Ovariumnya tebal, halus, dan memiliki dua style. Batang terdiri dari serangkaian ruas dan ruas batang, yang terbungkus dalam selubung sebelum berbunga, dan sebagian kecil dari batang tepat di bawah malai menjadi terbuka setelah berbunga. Anakan padi adalah cabang yang berkembang dari ketiak daun di setiap simpul batang utama yang tidak memanjang atau dari anakan lainnya selama pertumbuhan vegetatif. Ketika daun kelima pada batang utama muncul, daun pertama dari tunas akan muncul dari ketiak daun kedua pada batang tersebut (Yoshida, 1981).

2.2. Aluminium

Saat tanah menjadi asam, aluminium akan larut menjadi bentuk fitotoksik bagi tanaman (Matsumoto, 2000). Bentuk paling beracun aluminium di dalam tanah masam dengan pH dibawah 5 adalah Al^{3+} . Toksisitas aluminium merupakan faktor utama yang membatasi pertumbuhan tanaman di tanah masam (Foy, 1992). Vitorello et al. (2005) menyatakan hal tersebut dapat mengakibatkan berkurangnya hasil panen padi, akibat diperparahnya keadaan kondisi tanah dalam keadaan kejenuhan basa yang rendah, juga akibat kekurangan kalium dan magnesium. Akibat toksisitas aluminium, maka akan membatasi produktivitas dan perluasan pertanian, terutama di daerah dataran tinggi dan dataran rendah yang bersifat asam dengan tanah sulfat masam di seluruh daerah tropis. Dampak langsung utama dari keracunan aluminium pada tanaman adalah terhambatnya pertumbuhan akar. Penurunan pertumbuhan akar ini umumnya membatasi penyerapan air dan unsur hara, serta menghambat metabolisme tanaman dan mengurangi pertumbuhan. Keracunan aluminium akan menyebabkan

kekurangan unsur hara (magnesium, kalium, fosfor), cekaman kekeringan, ketidakseimbangan hormonal, dan menghambat pertumbuhan tunas.

Tanaman telah mengembangkan beberapa strategi untuk beradaptasi pada tanah masam dengan kandungan aluminium tinggi melalui mekanisme fisiologis terkait toleransi terhadap cekaman aluminium. Secara spesifik adalah: (1) kemampuan tanaman dalam mengatur nilai pH sebagai respon terhadap perubahan disekitar akar (2) Mendukung penyerapan nitrat dan amonium (Utama, 2008) (3) Meningkatnya aktivitas enzim yang lebih spesifik.

Al dapat menghambat proses metabolisme serta pertumbuhan dari tanaman, namun efek Al masih dapat ditoleransi sampai batas tertentu pada tanaman toleran (Sopandie, 1999; Kasim, 2000; Ma, 2000). Sifat toleransi oleh tanaman padi terhadap aluminium merupakan faktor penting bagi tanaman untuk beradaptasi pada tanah masam. Hal ini dapat menjadi sumber dalam identifikasi pertumbuhan tanaman padi, akibat hambatan pertumbuhan yang disebabkan oleh aluminium guna menemukan genotipe padi yang toleran terhadap cekaman aluminium (Utama, 2008).

2.3. Media Kultur Hara

Media kultur hara yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan hara Kimura B. Larutan hara Kimura B merupakan salah satu larutan unsur hara yang disertifikasi sebagai larutan unsur hara oleh IRRI (*International Rice Research Institute*), dan penggunaannya sebagai media tanam untuk menguji respon pertumbuhan berbagai tanaman golongan sereal. Dimana biasanya perlakuan yang digunakan dalam penelitian adalah tingkat penyediaan unsur hara yang rendah hingga menimbulkan efek beracun bagi tanaman.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa alat, diantaranya ialah wadah plastik berukuran 25 x 25 x 15 cm, ember (berukuran 5 liter), styrofoam, pompa aerator, penggaris atau alat ukur meteran, neraca analitik, Total Dissolved Solids Meter (TDS meter), pH meter, dan kamera. Sedangkan bahan yang digunakan ialah terdapat enam jenis varietas padi yaitu Rindang 1 (P1), Situ Patenggang (P2), Towuti (P3) Inpago 8 (P4), Inpara (P5) dan Inpago 10 (P6), serta media tanam cairan nutrisi berupa larutan Kimura B (yang terdiri

atas larutan stok A dengan kandungan terdiri dari Amonium Sulfat $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ 48,2 g, Magnesium Sulfat $(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ 134,8 g, Kalium Nitrat (KNO_3) 18,3 g dan Kalium Double Superphosphate (KH_2PO_4) 24,8 g, dan larutan stok B dengan kandungan terdiri dari Kalsium Nitrat $(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ 86,17 g, Ferosulfat $(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ 16 g dan Nitrogen Hidro Chlorida (1N HCl) 42 ml) Fe 250 ppm, dan NaOCl 0,5 %.

Analisis Data

Rancangan acak kelompok faktorial (RAKF) digunakan dalam penelitian ini. Dimana terdiri atas dua faktor, yaitu faktor konsentrasi besi (0 ppm Al dan 250 ppm Al) dan faktor varietas padi Rindang 1 (P1), Situ Patenggang (P2), Towuti (P3) Inpago 8 (P4), Inpara (P5) dan Inpago 10 (P6). Guna melakukan analisis data, yaitu analisis sidik ragam Rancangan Acak Kelompok Faktorial digunakan dengan merancang tiga ulangan untuk setiap kelompok, dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) digunakan sebagai uji lanjut. Grafik data akan digunakan sebagai perbandingan antara perlakuan.

Persiapan Media Tanam

Medium larutan Kimura B (yaitu terdiri atas larutan stok A yang mengandung Amonium Sulfat $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ 48,2 gram, Magnesium Sulfat $(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ 134,8 gram, Kalium Nitrat (KNO_3) 18,3 gram dan Kalium Double Superphosphate (KH_2PO_4) 24,8 gram, dan larutan stok B yang mengandung Kalsium Nitrat $(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ 86,17 gram, Ferosulfat $(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ 16 gram dan Nitrogen Hidro Chlorida (1N HCl) 42 ml, yang akan menjadi media kultur air dimasukkan ke dalam wadah plastik dengan ukuran 25 x 25 x 15 cm.

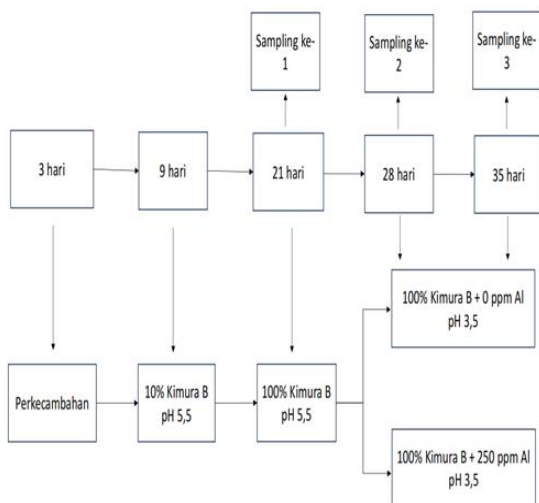
Perkecambahan

Selama tiga hari, benih diletakkan di dalam kapas tisu yang telah dibasahi dan wadah disimpan di suhu ruang dan terlindung dari cahaya matahari untuk proses perkecambahan. Setelah satu hari, benih dikering-anginkan. Setelah itu, pemilihan benih yang berkecambah diambil yang baik dan memiliki keseragaman pertumbuhan, yaitu akar yang panjang, kotiledon yang normal, dan bagian kecambahnya yang berkembang besar. Kemudian, benih yang telah dipilih dikulturkan dalam medium Kimura B.

Kultur Larutan Hara

Penelitian ini menggunakan urutan yang sama dalam penggunaan perlakuan kultur larutan hara dan waktu pengambilan sampling tanaman padi, pada penelitian yang telah dilakukan oleh Oktatora (2021) terhadap faktor cekaman besi, namun pada penelitian ini akan menggunakan faktor cekaman aluminium.

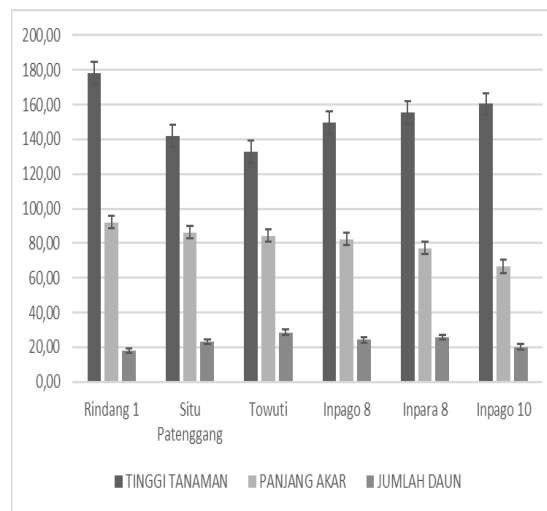
Ember disiapkan, dan ditambahkan larutan 10% Kimura B dengan konsentrasi pH 5,5. Kemudian benih yang telah berkecambah ditempatkan pada styrofoam yang telah diberi lubang-lubang kecil sesuai jumlah sampel yang akan diambil, dan ditempatkan di ember yang telah dipasang aerator. Perlakuan ini dilakukan selama 9 hari. Mulai hari ke 10, digantilah larutan media kultur airnya, yaitu mulai menggunakan larutan 100% Kimura B dengan konsentrasi pH 5,5 hingga hari ke-21. Di hari ke-21 ini dilakukan pengambilan sampling yang pertama. Pada hari ke-22, media kultur air diganti larutan 100% Kimura B yang baru, dan di saat ini mulai dilakukan penambahan larutan aluminium dengan konsentrasi 250 ppm dengan pH larutan menjadi 3,5. Perlakuan ini dilakukan hingga hari ke-28. Di hari ke-28 ini dilakukan pengambilan sampling yang kedua. Memasuki hari ke-29, media kultur air diganti kembali menjadi yang baru dengan larutan 100% Kimura B serta penambahan larutan aluminium konsentrasi 250 ppm dan pH larutan diatur pada konsentrasi 3,5. Perlakuan ini dilakukan hingga hari ke-35. Di hari ke-35 ini dilakukan pengambilan sampling yang ketiga.



Gambar 1. Alur Perlakuan Kultur Hara

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

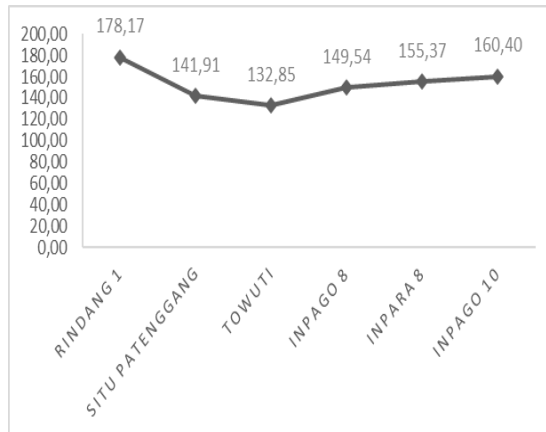
Pertumbuhan tanaman padi yang ditanam pada media kultur hara, berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan cekaman aluminium 250 ppm, berpengaruh sangat nyata terhadap semua varietas pada peubah tinggi tanaman, panjang akar, dan jumlah daun. Namun, untuk perbandingan nilai cekaman aluminium terhadap masing-masing varietas, menunjukkan nilai berpengaruh sangat nyata pada peubah tinggi tanaman dan panjang akar, sedangkan pada peubah jumlah daun menunjukkan perbedaan yang nyata,



Gambar 2. Diagram Perbandingan Pengaruh Cekaman Aluminium Terhadap Setiap Varietas Padi

4.1. Tinggi Tanaman

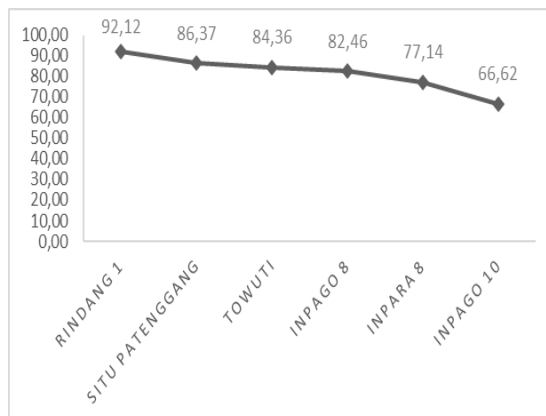
Tinggi tanaman padi berdasarkan uji BNT akibat faktor cekaman aluminium, menunjukkan perbedaan yang sangat nyata antara varietas padi. Hasil analisis menunjukkan bahwa tinggi tanaman padi tertinggi adalah pada varietas Rindang 1 dengan rata-rata tinggi tanaman 178,17 cm, sedangkan untuk tinggi terendah adalah pada varietas Towuti dengan rata-rata 132,85 cm. Purnomo et al. (2007) mengungkapkan gejala cekaman aluminium akan terlihat pada tanaman yang keracunan dengan menunjukkan ciri terjadinya klorosis, kekurangan nutrisi dan tanaman menjadi kerdil.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Aluminium Terhadap Tinggi Tanaman

4.2. Panjang Akar

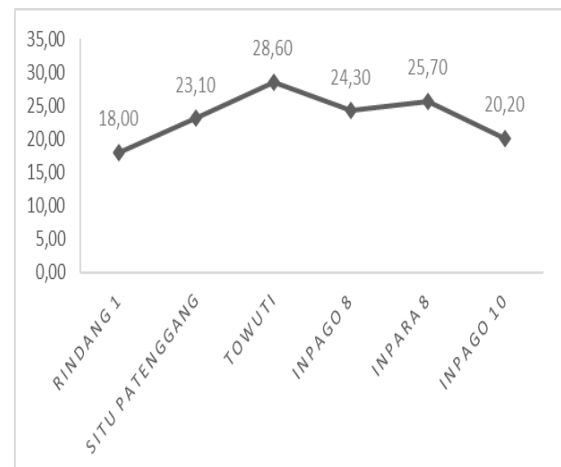
Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa akibat cekaman aluminium, berpengaruh sangat nyata terhadap panjang akar tanaman padi. Hasil analisis menunjukkan panjang akar tanaman terpanjang terdapat pada varietas Rindang 1 dengan jumlah rata-rata 92,12 cm, sedangkan panjang akar terpendek adalah pada varietas Inpago 10 dengan jumlah rata-rata panjang akar 66,62 cm. Pertumbuhan tanaman yang baik memiliki faktor vegetatif tanaman yang tinggi, sehingga akan diikuti pula dengan produksi yang tinggi. Sejalan dengan Utama (2010), menyatakan bahwa penghambatan pembentukan akar pada tanaman yang terkena cekaman Aluminium akan menyebabkan penurunan panjang akar padi.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Aluminium Terhadap Panjang Akar

4.3 Jumlah Daun

Pengamatan jumlah daun pada varietas tanaman padi berdasarkan uji BNT akibat faktor cekaman aluminium menunjukkan perbedaan yang sangat nyata antar varietas padi. Hasil analisis menunjukkan jumlah daun tertinggi terdapat pada varietas Towuti dengan jumlah rata-rata 28,60 helai, sedangkan jumlah daun terendah adalah pada varietas Rindang 1 dengan jumlah rata-rata 18,00 helai.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Aluminium Terhadap Jumlah Daun

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian cekaman aluminium pada tahap vegetatif awal tanaman padi mempengaruhi pertumbuhan varietas tanaman padi. Dimana pemberian perlakuan 250 ppm aluminium akan memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sehingga mengganggu pertumbuhannya. Dari hasil analisis yang ada menunjukkan bahwa pemberian cekaman aluminium berpengaruh sangat nyata terhadap semua varietas, meliputi peubah tinggi tanaman, panjang akar dan jumlah daun tanaman padi. Varietas dengan nilai rata-rata tertinggi adalah terdapat pada varietas Rindang 1, dengan nilai rata-rata panjang akar 178,17 cm dan nilai rata-rata panjang akar 92,12 cm. Sedangkan untuk peubah jumlah daun, varietas dengan nilai rata-rata tertinggi ialah Towuti dengan nilai 28, 60 helai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balukša, F., Parker, J. S., & Barlow, P. W. (1992). Specific patterns of cortical and endoplasmic microtubules associated with cell growth and tissue differentiation in roots of maize (*Zea mays* L.). *Journal of cell science*, 103(1), 191-200.
<https://doi.org/10.1242/jcs.103.1.191>
- [2] Barcelo, J., & Poschenrieder, C. (2002). Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminium toxicity and resistance: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 48(1), 75-92.
[https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00013-8](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00013-8)
- [3] Clarkson, D. T. (1965). The effect of aluminium and some other trivalent metal cations on cell division in the root apices of *Allium cepa*. *Annals of Botany*, 29(2), 309-315.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083953>
- [4] Foy, C. D. (1992). Soil chemical factors limiting plant root growth. In *Limitations to plant root growth* (pp. 97-149). New York, NY: Springer New York.
- [5] Jamilah, J. (2017). *Peluang Budidaya Tanaman Padi Sebagai Penyedia Beras dan Pakan Ternak Menunjang Kedaulatan Pangan*. Yogyakarta: Deepublish.
- [6] Kasim, N. 2000. Eksudasi dan akumulasi asam organik pada beberapa kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) genotipe toleran Al. [Thesis. Sekolah Pascasarjana]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [7] Ma, J. F. (2000). Role of organic acids in detoxification of aluminum in higher plants. *Plant and cell physiology*, 41(4), 383-390.
<https://doi.org/10.1093/pcp/41.4.383>
- [8] Matsumoto H. 2000. Cell biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. *Inter Rev Cy996*. Aluminum tolerance of 1BL.1RS and 1AL.1RS near-isolines in soft red winter wheat. *Crop Sci*, 36(4): 978-990.
[https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(00\)00001-2](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(00)00001-2)
- [9] Naibaho, D. (2019). Karakter Vegetatif Berbagai Varietas Tomat Terhadap Pemberian Aluminium Pada Media Kultur Hara. *Jurnal Online PERTANIAN TROPIK*, 6(1), 72-79.
<https://doi.org/10.32734/jopt.v6i1.3042>
- [10] Oktatora, E., Suwignyo, R. A., Hasmeda, M., & Damayanti, R. (2021). Morphological Characteristics of Rice Varieties on Iron Stress in Nutrient Culture Media. *BIOVALENTIA: Biological Research Journal*, 7(1), 32-38.
<https://doi.org/10.24233/biov.7.1.2021.214>
- [11] Purnomo, W., Sujiprihati, S., & Amisnaipa, A. (2010). Penapisan Genotipe Cabal (*Capsicum annum* L.) Toleran Aluminium Berdasarkan Perbedaan Panjang Akar Pada Fase Vegetatif. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 14(1).
<https://doi.org/10.22146/ipas.58557>
- [12] Panda, S. K., Baluška, F., & Matsumoto, H. (2009). Aluminum stress signaling in plants. *Plant signaling & behavior*, 4(7), 592-597.
<https://doi.org/10.4161/psb.4.7.8903>
- [13] Sivaguru, M., & Horst, W. J. (1998). The distal part of the transition zone is the most aluminum-sensitive apical root zone of maize. *Plant Physiology*, 116(1), 155-163.
<https://doi.org/10.1104/pp.116.1.155>
- [14] Sopandie, D. (1999). Differential Al tolerance of soybean genotypes related to nitrate metabolism and organic acid exudation. *Comm. Ag*, 5(1), 13-20.
- [15] Utama, M. Z. H. (2008). Mekanisme fisiologi toleransi cekaman aluminium spesies legum penutup tanah terhadap metabolisme nitrat (NO₃-), amonium (NH₄+), dan nitrit (NO₂-). *Indonesian Journal of Agronomy*, 36(2).
- [16] Utama, M. Z. H. (2010). Penapisan varietas padi gogo toleran cekaman aluminium. *Indonesian Journal of Agronomy*, 38(3), 7809.
- [17] Verbelen, J. P., Cnodder, T. D., Le, J., Vissenberg, K., & Baluška, F. (2006). The root apex of *Arabidopsis thaliana* consists of four distinct zones of growth activities: meristematic zone, transition zone, fast elongation zone and growth

terminating zone. Plant signaling & behavior, 1(6), 296-304.

<https://doi.org/10.4161/psb.1.6.3511>

- [18] Vitorello, V. A., Capaldi, F. R., & Stefanuto, V. A. (2005). Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 129-143.

<https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000100011>

- [19] Yoshida, S., Forno, D. A., Cock, J. H., & Gomez, K. A. (1976). Laboratory manual for physiological studies of rice, International Rice Research Institute. Los Banos. Philippines, 83.
- [20] Yoshida, S. (1981). Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute, 269.