

Uji Adaptasi Tiga Varietas Bawang Merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) pada Tanah Masam

Adaptation Test of Three Varieties of Shallots (*Allium cepa* var. *aggregatum*) on Acidic Soil

Jekki Irawan^{1*}, Dewi Andriani¹, Mawaddah Putri Arisma Siregar¹, Tsamarah Nur Rahmah¹, Mayasari¹Diterima

11 September 2025/ Disetujui 29 Desember 2025

ABSTRACT

*Shallot (*Allium cepa* var. *aggregatum*) is a high-value horticultural crop with significant economic importance in the culinary, health, and industrial sectors. The increasing market demand has driven efforts to develop varieties that are adaptive to diverse environmental conditions. Of the more than 20 shallot varieties cultivated in Indonesia, only a few are capable of adapting to acidic soils. This study aimed to evaluate the adaptive capacity of three shallot varieties (Bima Brebes, Sanren, and Lokananta) in acidic soil conditions. The experiment was conducted on acidic soil using a non-factorial randomized complete block design (RCBD) with 9 replications, resulting in 27 experimental units. The results showed that all three varieties were able to grow on regosol soil with a soil pH value of 4.60 and significant differences were observed among the varieties for most growth parameters. Bima Brebes exhibited the highest performance at the final observation, with a plant height of 28.21 cm, 43.07 leaves, 9.69 tillers, 10.62 bulbs, 31.29 g bulb weight per clump, 40.96 g fresh bulb weight per plant, and 3.62 g dry bulb weight per plant. These findings suggest that Bima Brebes has strong potential as a superior variety for sustainable optimization of acidic soils.*

Keywords: *Adaptation, Bima Brebes, Lokananta, Sanren*

ABSTRAK

Bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) adalah tanaman hortikultura bernilai ekonomi tinggi untuk kuliner, kesehatan, dan industri. Permintaan pasar yang meningkat mendorong pengembangan varietas adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan. Dari lebih 20 varietas di Indonesia, hanya sedikit yang mampu beradaptasi di tanah masam. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan adaptasi tiga varietas bawang merah (Bima Brebes, Sanren, dan Lokananta) pada tanah masam. Penelitian dilaksanakan di lahan masam menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) non faktorial dengan 9 ulangan sehingga terdapat 27 unit percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga varietas mampu tumbuh di jenis tanah regosol dengan nilai pH tanah sebesar 4.60 dan antar varietasnya terdapat perbedaan signifikan pada sebagian besar parameter pertumbuhan. Varietas Bima Brebes menunjukkan performa paling unggul di akhir pengamatan, dengan tinggi tanaman 28.21 cm, jumlah daun 43.07 helai, jumlah anakan 9.69 anakan, jumlah umbi 10.62 siung, bobot umbi per rumpun 31.29 g, bobot basah umbi 40.96 g tanaman-1, dan bobot kering umbi 3.62 g tanaman-1. Hasil ini menunjukkan bahwa varietas Bima Brebes berpotensi sebagai varietas unggulan untuk optimalisasi lahan masam secara berkelanjutan.

Kata kunci: Adaptasi, Bima Brebes, Lokananta, Sanren

¹⁾Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Teuku Umar,
Jl. Alue Peunyareng, Gunong Kleng, Kecamatan Meureubo, Kabupaten Aceh Barat 23681, Indonesia
E-mail: dewiandriani@utu.ac.id (*penulis korespondensi)

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) merupakan bagian dari komoditi hortikultura yang ikut andil dalam membangun perekonomian negara. Indonesia menduduki peringkat ke-33 sebagai negara eksportir bawang merah periode 2019-2023 (Bapanas, 2024). Pemanfaatan bawang merah banyak digunakan dalam berbagai bidang meliputi: kuliner, kesehatan, kosmetik, bioenergi, dan perlindungan tanaman (Gofar *et al.*, 2023). Habitus budidaya bawang merah akan tumbuh optimal pada struktur tanah remah, drainase baik, tingkat kesuburan tanah tinggi, suhu antara 23 °C - 32 °C, dan pH 5-6 (Nurwahdani *et al.*, 2024).

Permintaan bawang merah di pasar diprediksi akan terus meningkat. Namun, keberadaan tanah masam yang luas di Indonesia menjadi kendala bagi produktivitas bawang merah. Luasan tanah masam di Indonesia diperkirakan mencapai 18.5 juta Ha. Tingkat kesuburan tergolong suboptimal, pH berkisar 5-6, minim unsur hara esensial dan lebih didominasi oleh kandungan aluminium (Al), besi (Fe) dan mangan (Mn) yang tinggi (Bolan *et al.*, 2023). Tanah masam dapat memberikan stress lingkungan yang menghambat pertumbuhan tanaman berupa tingginya Fe^{3+} , toksisitas Al^{3+} , dan defisiensi fosfat (Ojeda-Rivera *et al.*, 2020). Meskipun tanah masam dianggap kurang ideal untuk tanaman hortikultura, tetapi dengan memilih varietas unggul yang adaptif dapat menjadi potensi untuk meningkatkan produktivitas tanah masam.

Beberapa varietas bawang merah mampu beradaptasi baik terhadap tanah masam. Pengujian lebih lanjut terkait beberapa varietas bawang merah perlu dilakukan guna memperoleh varietas yang paling cocok untuk dibudidayakan pada kondisi lahan masam. Karakteristik varietas bawang merah yang diharapkan nantinya mampu meningkatkan produktivitas, sesuai mutu, tahan terhadap hama dan penyakit, umur panen genjah, serta kualitas umbi memenuhi standar komersil (Kharolina *et al.*, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh varietas yang unggul dan adaptif terhadap tanah masam sehingga dapat dijadikan rekomendasi alternatif dalam pengoptimalan tanah masam.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di University Farm (UF) Universitas Teuku Umar, Aceh Barat pada Desember 2023 hingga Februari 2024 dengan ketinggian di bawah 200 m dpl dan jenis tanah regosol. Bahan yang digunakan meliputi umbi bawang merah varietas Bima Brebes, Sanren, Lokananta, pupuk kandang dan pupuk NPK. Alat yang digunakan berupa pH meter, jangka sorong, timbangan, peralatan tanam,

marker, penggaris, dan pita ukur. Model rancangan penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) non faktorial. Faktor yang diuji berupa 3 varietas bawang merah (Bima Brebes, Sanren, Lokananta), setiap varietas ditanam sebanyak 9 ulangan sehingga diperoleh 27 unit percobaan. Pengolahan tanah pada lahan percobaan dilakukan sebelum tanam dengan cara dicangkul sedalam ± 30 cm, kemudian dibuat unit percobaan berukuran 1 m x 1.5 m dengan drainase ± 30 cm. Jarak tanam yang digunakan berukuran 20 cm x 15 cm, sehingga banyaknya umbi yang ditanam yakni 30 tanaman. Satu unit percobaan terdiri atas 8 tanaman sampel.

Sampel komposit tanah diambil dari beberapa titik pada kedalaman 0-20 cm, dianalisis di Laboratorium PT. NPK Asian Agri. Pupuk kandang (1 kg plot^{-1}) diaplikasikan 7 hari sebelum tanam, kemudian pemberian pupuk NPK (200 kg ha^{-1}) diberikan sebanyak 3 kali yakni pada 5 hari sebelum tanam, 1 hari setelah tanam (HST) dan 14 hari setelah tanam (HST) dengan dosis $1/3$ bagian dalam setiap pemupukan (Irawan *et al.*, 2025). Pemeliharaan meliputi penyiraman, dilakukan setiap pagi dan sore, disesuaikan dengan kondisi curah hujan di lapangan. Varietas Bima Brebes dan Lokananta dipanen pada 60 HST, sedangkan Sanren pada 62–64 HST (Purwanto, 2020). Panen dilakukan saat tanaman menunjukkan kematangan fisiologis, ditandai dengan 60–90% batang layu, daun mengering dan rebah, serta umbi padat, muncul ke permukaan, serta kulit umbi tampak mengilat dan berwarna merah. Sebanyak 5 tanaman sampel dipanen terlebih dahulu untuk mengetahui bobot basah per tanaman. Kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70 °C selama 3 hari. Parameter pertumbuhan yang diamati meliputi pengukuran tinggi tanaman setiap seminggu sekali dimulai pada 14 HST, jumlah daun setiap dua minggu, serta pada akhir penelitian diamati jumlah anakan perumpun, jumlah umbi akhir, diameter umbi, bobot umbi per rumpun, bobot basah umbi, dan bobot kering umbi. Analisis data penelitian dilakukan dengan Uji ANOVA untuk menunjukkan pengaruh nyata, kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut berupa uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf $\alpha = 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tanah Sebelum Percobaan

Hasil analisis tanah (Tabel 1) pada awal penelitian menunjukkan bahwa tanah memiliki pH sangat masam (4.60) yang berpotensi menghambat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan kelarutan Al sebesar $1.05 \text{ cmol kg}^{-1}$ sehingga tergolong agak tinggi dan berpotensi toksik, yang dapat menghambat pertumbuhan akar dan penyerapan hara esensial. Kandungan hara makro menunjukkan N total cukup tinggi (0.49%), P tersedia rendah (14.06 mg kg^{-1}), K tersedia sangat rendah ($0.07 \text{ cmol kg}^{-1}$), sedangkan C-organik sangat tinggi

(10.06%). Kadar nitrogen tinggi mempercepat pertumbuhan vegetatif, sedangkan kekurangan fosfor dan kalium membatasi pertumbuhan akar serta mengurangi ketahanan terhadap stres (Lopez *et al.*, 2023).

Demikian pula, nilai KTK ($11.69 \text{ cmol kg}^{-1}$) sedang, Ca ($0.85 \text{ cmol kg}^{-1}$) dan Mg ($0.34 \text{ cmol kg}^{-1}$) rendah, serta Na ($0.10 \text{ cmol kg}^{-1}$) tergolong rendah, menandakan bahwa tanpa penambahan seperti pengapuran dan pupuk, pertumbuhan tanaman akan sangat terbatas. Untuk unsur mikro, kandungan Mn ($232.84 \text{ mg kg}^{-1}$), Zn (52.06 mg kg^{-1}), Cu (9.01 mg kg^{-1}) berkategori cukup-tinggi dan Fe (4.01%) tinggi. Logam berat menunjukkan Pb (11.42 mg kg^{-1}) dan Cd (1.14 mg kg^{-1}) keduanya melebihi ambang batas yang tidak direkomendasikan untuk pertanian sehingga berpotensi menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman. Unsur hara mikro diperlukan dalam jumlah kecil, namun pada kadar cukup hingga tinggi, terutama di tanah masam, kelarutannya dapat meningkat dan berpotensi toksik bagi tanaman (Chen dan Liao, 2016).

Pertumbuhan dan Hasil Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman tiga varietas bawang merah pada tanah masam menunjukkan variasi pertumbuhan

signifikan pada beberapa waktu pengamatan (Tabel 2). Bima Brebes tumbuh tertinggi 28.21 cm, signifikan lebih tinggi dibandingkan Sanren 22.67 cm dan Lokananta 20.49 cm pada 56 HST, menandakan Bima Brebes memiliki adaptasi yang lebih baik. Varietas Lokananta menempati posisi pertumbuhan tinggi moderat sedangkan Sanren memiliki performa paling rendah dibandingkan semua varietas. Hal tersebut terjadi diduga akibat pengaruh sifat kimia tanah, terutama tingkat keasaman dan ketersediaan unsur hara. Tanah masam meningkatkan kelarutan aluminium hingga mencapai tingkat toksik yang menghambat akar dan rendahnya ketersediaan P, K, Ca, serta Mg juga memperburuk penyerapan nutrisi (Wang *et al.*, 2019). Sedangkan tingginya Mn, Zn, Cu, dan Fe berpotensi menimbulkan toksisitas atau antagonisme hara yang mengganggu fisiologi tanaman (de Lima *et al.*, 2020). Kondisi ini diduga menurunkan pertumbuhan Lokananta dan Sanren, sedangkan Bima Brebes tumbuh lebih tinggi, menunjukkan ketahanan terhadap tanah masam dan potensi genetik adaptif untuk lahan suboptimal (Marlina *et al.*, 2021).

Varietas berpengaruh signifikan terhadap rerata jumlah daun, dimana varietas Bima Brebes konsisten memiliki jumlah daun lebih tinggi dibanding Sanren dan Lokananta yang hanya berkisar 2-4 helai dari awal hingga akhir fase vegetatif

Tabel 1. Hasil Analisis Awal Sifat Kimia Tanah

Parameter Uji	Nilai Hasil Uji dan Kategori	Parameter Uji	Nilai Hasil Uji dan Kategori
Ph (KCL 0.01 M)	4.60 (Sangat masam)	Al (cmol kg^{-1})	1.05 (Tinggi-berpotensi toksik)
N Total (%)	0.49 (Sedang – tinggi)	Na (cmol kg^{-1})	0.10 (Rendah)
P tersedia (mg kg^{-1})	14.06 (Rendah)	Mn (mg kg^{-1})	232.84 (Cukup – tinggi)
K tersedia (cmol kg^{-1})	0.07 (Sangat rendah)	Zn (mg kg^{-1})	52.06 (Tinggi)
C Organik (%)	10.06 (Sangat tinggi)	Cu (mg kg^{-1})	9.01 (Tinggi)
CEC (cmol kg^{-1})	11.69 (Sedang)	Fe (%)	4.01 (Tinggi)
Ca (cmol kg^{-1})	0.85 (Rendah)	Pb (mg kg^{-1})	11.42 (Tinggi ($<10 \text{ mg kg}^{-1}$))
Mg (cmol kg^{-1})	0.34 (Rendah)	Cd (mg kg^{-1})	1.14 (Tinggi ($<0.5 \text{ mg kg}^{-1}$))

Keterangan : Analisis Tanah di Laboratorium PT. NPK Asian Agri

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman dan jumlah daun tiga varietas bawang merah pada tanah masam

Varietas	Tinggi Tanaman (cm)						
	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST	49 HST	56 HST
Bima Brebes	19.70c	23.43	25.91b	29.08b	29.02c	29.76b	28.21c
Sanren	11.24a	12.84	17.15a	20.41a	21.39a	21.83a	22.67b
Lokananta	13.24b	14.09	17.95a	21.27a	23.24b	21.97a	20.49a
Varietas	Jumlah Daun (helai)						
	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST	49 HST	56 HST
Bima Brebes	19.33b	27.29b	31.36b	40.24b	43.07b	27.38c	18.31b
Sanren	2.22a	2.78a	3.49a	3.60a	4.53a	4.00a	4.07a
Lokananta	2.53a	3.02a	3.78a	3.78a	4.64a	4.04a	4.20a

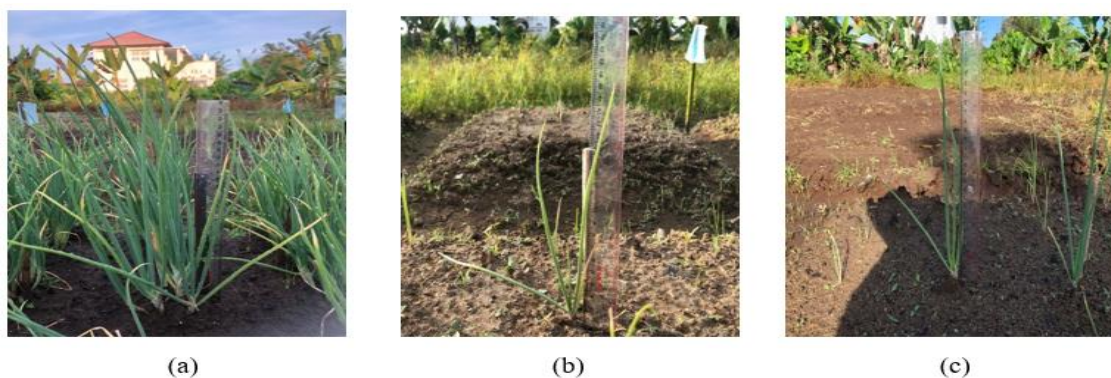
Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT

(Tabel 2). Varietas Bima Brebes unggul dalam jumlah daun (43.07 helai) dibanding Sanren (4.53 helai) dan Lokananta (4.64 helai) pada 42 HST, meskipun varietas Bima Brebes mengalami penurunan jumlah daun pada 49–56 HST menjadi 27.38 dan 18.31 helai, namun varietas tetap memiliki jumlah daun lebih tinggi dibandingkan dua varietas lainnya (Gambar 1) dan (Gambar 2). Penurunan fisiologis pada bawang merah diduga terjadi akibat peralihan fase vegetatif ke generatif yang mengalihkan asimilat dari organ vegetatif ke pembentukan umbi sehingga pembentukan daun dan aktivitas fisiologis menurun (Przygocka Cyna *et al.*, 2020). Selain itu, faktor lain seperti tanah masam dengan kelarutan Al^{3+} yang tinggi memicu ketidakseimbangan homeostasis unsur mikro seperti Fe, Zn, Mn, dan Cu, yang menyebabkan antagonisme unsur dan toksisitas, akibatnya dapat menghambat pertumbuhan vegetatif tanaman (Bose *et al.*, 2022 ; Prathapan *et al.*, 2024). Namun dalam kondisi suboptimal ini, varietas Bima Brebes memiliki toleransi dan adaptasi genetik dengan mempertahankan jumlah daun paling tinggi dibandingkan varietas Sanren dan Lokananta.

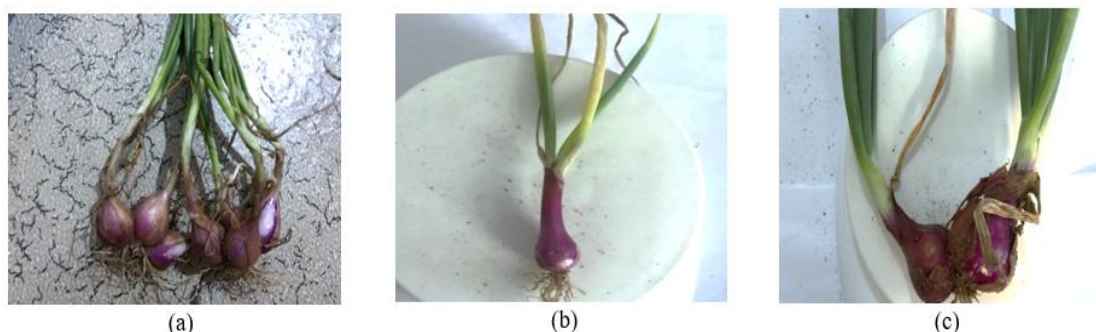
Varietas Bima Brebes unggul pada tanah masam dengan jumlah anakan 9.69 lebih tinggi dibanding Lokananta (1.13 anakan) dan Sanren (1.00 anakan), serta memiliki umbi 10.62 siung, melampaui Lokananta (1.73 siung) dan Sanren (1.00 siung) (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan bahwa Bima

Brebes efektif mengalokasikan energi untuk pembentukan umbi meskipun di tanah masam, dengan korelasi positif antara jumlah anakan dan umbi yang menunjukkan potensi produktivitasnya (Kurnianingsih *et al.*, 2018). Penelitian sebelumnya oleh Ojeda-Rivera *et al.* (2020), pada tanaman model (*Arabidopsis*) melaporkan bahwa, *Sensitive To Proton Rhizotoxicity 1 (STOP1)* memainkan peran sentral dalam mengatur respons akar *Arabidopsis* terhadap berbagai tekanan abiotik khas tanah asam seperti pH rendah, toksisitas aluminium (Al^{3+}), kelebihan besi (Fe^{3+}), dan ketersediaan fosfat (Pi) yang rendah. *STOP1* mengatur eksudasi asam organik, detoksifikasi Al, dan perubahan arsitektur akar. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa tanaman bawang merah Varietas Bima Brebes memiliki kemampuan untuk mengaktifkan faktor transkripsi *Sensitive To Proton Rhizotoxicity 1 (STOP1)* lebih baik dibandingkan Varietas Sanren dan Lokananta, kendati demikian penelitian lebih detail terhadap ekspresi gen tersebut perlu dilakukan.

Pengamatan menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada diameter umbi antar varietas bawang merah (Tabel 3). Varietas Bima Brebes memiliki diameter umbi 33.16 mm, Sanren 33.13 mm, dan Lokananta 34.29 mm. Nilai ini masih sesuai dengan deskripsi varietas masing-masing, yaitu Bima Brebes dan Sanren 34.0–36.0 mm, serta Lokananta 31.1–35.8 mm. Ketiga varietas memiliki kapasitas genetik serupa membentuk ukuran umbi dan stabilitas diameter tinggi



Gambar 1. Tinggi tanaman (a) varietas Bima Brebes (b) varietas Sanren dan (c) varietas Lokananta



Gambar 2. Jumlah anakan perumpun (a) varietas Bima Brebes (b) varietas Sanren dan (c) varietas Lokananta

Tabel 3. Rata-rata jumlah anakan, jumlah umbi, diameter umbi, bobot umbi perumpun, bobot basah umbi, bobot kering umbi tiga varietas bawang merah pada tanah masam

Varietas	Parameter Pengamatan					
	Jumlah Anakan Perumpun	Jumlah Umbi (Siung)	Diameter Umbi (mm)	Bobot Umbi Perumpun (g)	Bobot Basah Umbi (g tanaman ⁻¹)	Bobot Kering Umbi (g tanaman ⁻¹)
Bima Brebes	9.69c	10.62c	33.16	31.29c	40.96c	3.62b
Sanren	1.00a	1.00a	33.13	2.33a	3.42a	0.48a
Lokananta	1.13b	1.73b	34.29	5.80b	7.24b	0.95a

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf = 5%, tn = tidak berpengaruh nyata

meskipun ditanam di tanah masam. Sejalan dengan Kartinaty *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa diameter umbi cenderung dipengaruhi faktor genetik. Meskipun diameter umbi varietas Bima Brebes, Sanren, dan Lokananta tidak berbeda signifikan, bobot umbi per rumpun menunjukkan perbedaan nyata. Bima Brebes mencatat bobot tertinggi (31.29 g), jauh di atas Sanren (2.33 g) dan Lokananta (5.80 g). Hal ini menunjukkan Bima Brebes lebih efisien beradaptasi secara fisiologis-genetik pada kondisi tanah masam dengan KTK yang tergolong sedang dan tingginya C-organik pada lokasi penelitian ini membantu penyediaan kation penting (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+) yang mendukung pembentukan umbi. Temuan ini sejalan dengan Solihin *et al.* (2024), bahwa peningkatan KTK dan C-organik berpengaruh signifikan terhadap bobot umbi per rumpun.

Varietas Bima Brebes menghasilkan bobot basah umbi tertinggi 40.96 g tanaman⁻¹, melebihi Sanren (3.62 g tanaman⁻¹) dan Lokananta (7.24 g tanaman⁻¹). Bobot kering umbi tertinggi juga diperoleh Bima Brebes (3.42 g tanaman⁻¹), berbeda signifikan dari Sanren (0.48 g tanaman⁻¹) dan Lokananta (0.95 g tanaman⁻¹), sedangkan Sanren dan Lokananta tidak berbeda nyata (Tabel 3). Hasil ini menunjukkan kapasitas genetik unggul Bima Brebes dalam mengakumulasi biomassa umbi, sejalan dengan Muliana *et al.* (2018), bahwa varietas ini memiliki sistem perakaran dan efisiensi fisiologis lebih baik dalam memanfaatkan hara pada tanah masam. Hasil ini berbeda dengan Cokrosudibyo *et al.* (2023), yang melaporkan berat umbi segar Bima Brebes pada pH netral 122.50 g tanaman⁻¹ dan berat kering 63.55 g tanaman⁻¹ dimana produktivitas setara dengan 30.6 ton ha⁻¹. Kandungan fosfor pada pH netral lebih tersedia sehingga mendukung pertumbuhan akar, transportasi karbohidrat, serta pembentukan bunga dan buah. Sehingga, rendahnya berat umbi diduga akibat keterbatasan fosfor tersedia di tanah masam dan menurunnya kelarutan kalium pada pH rendah yang memengaruhi integritas sel, ketahanan tanaman, dan pembentukan umbi (Nanda *et al.*, 2022). Secara keseluruhan, varietas Bima Brebes menunjukkan karakter unggul dan adaptif pada lahan ber-pH rendah dengan estimasi produktivitas hasil konversi sebesar 10.24 ton ha⁻¹. Meskipun capaian ini relatif lebih rendah dibandingkan hasil pada lahan optimal, namun produktivitas tersebut sebanding dengan

laporan Basuki *et al.*, (2017) yang menunjukkan hasil sekitar 10 ton ha⁻¹, sehingga varietas ini berpotensi menjadi alternatif dalam mendukung optimalisasi pemanfaatan tanah masam.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan varietas bawang merah merespons berbeda terhadap tanah masam. Varietas Bima Brebes konsisten unggul dibandingkan Sanren dan Lokananta pada hampir semua parameter, kecuali diameter umbi. Saat panen, varietas ini mencapai tinggi 29.02 cm, jumlah daun 43.07 helai, anakan 9.69, umbi 10.62 siung, bobot umbi per rumpun 31.29 g, bobot basah 40.96 g tanaman⁻¹, dan bobot kering 3.62 g tanaman⁻¹. Keunggulan tersebut berpotensi menjadikan varietas Bima Brebes sebagai alternatif varietas bawang merah pada tanah masam dengan potensial hasil mencapai 10.24 ton ha⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pangan Nasional. 2024. Ekspor Bawang Merah, Dorong Ekosistem Pangan yang Lebih Kuat Untuk Bantu Topang Pasar Pangan Global. [12 Oktober 2024]
- Basuki, R. S., Khaririyatun, N., Sembiring, A., dan Arsanti, I. W. (2017). Studi adopsi varietas bawang merah Bima Brebes dari Balitsa di Kabupaten Brebes (Adoption study of Bima Brebes shallot from IVEGRI in Brebes District). *J. Hort.* 27(2): 261-268. [Doi: https://doi.org/10.21082/jhort.v27n2.2017.p261-268](https://doi.org/10.21082/jhort.v27n2.2017.p261-268)
- Bolan, N., Sarmah, A. K., Bordoloi, S., Bolan, S., Padhye, L. P., Van Zwieten, L., Sooriyakumar, P., Khan, B. A., Ahmad, M., dan Solaiman, Z. M. 2023. Soil acidification and the liming potential of biochar. *Environ. Pollut.* [Doi: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120632](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120632)
- Bose, J., Acharya, A., Bhattacharya, S., dan Adhikari, A. 2022. Aluminum in plant: Benefits, toxicity and

- tolerance mechanisms. *Front. Plant Sci.* 13:1085998. [Doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1085998](https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1085998)
- Chen, Z. C., dan Liao, H. 2016. Organic acid anions: An effective defensive weapon for plants against aluminum toxicity and phosphorus deficiency in acidic soils. *J. Genet. Genom.* 43(11):627–638. [Doi: https://doi.org/10.1016/j.jgg.2016.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jgg.2016.11.003)
- Cokrosudibyo, F. M., Dinarti, D., dan Aisyah, S. I. 2023. Pengaruh Giberelin (GA3) terhadap pertumbuhan dan komponen hasil bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) varietas Bima Brebes. *Bul. Agrohorti.* 11(2):277–285. [Doi: https://doi.org/10.29244/agrob.v11i2.46936](https://doi.org/10.29244/agrob.v11i2.46936)
- De Lima, V. A., Guedes, R. E., dan da Silva, J. B. 2020. Toxicity and bioaccumulation of heavy metals in plants: A review. *Environ. Chem. Lett.* 18(5):1441–1453.
- Gofar, N., Nur, T. P., Permatasari, S. D. I., Muslimah, S., Fikri, H., Haryono, A., Pujiati, dan Utami, H. A. 2023. Application of organic fertilizer enriched with *Trichoderma harzianum* on shallot (*Allium cepa*) cultivation in ultisols. *Biodiversitas.* [Doi: https://doi.org/10.13057/biodiv/d240458](https://doi.org/10.13057/biodiv/d240458)
- Irawan, J., dan Andriani, D. 2025. Penerapan fly ash and bottom ash (FABA) sebagai perbaikan kesuburan tanah guna pertumbuhan dan hasil bawang merah. *J. Pembel. Pemberdaya. Masy.* 6(1):299–310. [Doi: https://doi.org/10.33474/jp2m.v6i1.23388](https://doi.org/10.33474/jp2m.v6i1.23388)
- Kartinaty, T., Hartono, H., dan Serom, S. 2019. Penampilan pertumbuhan dan produksi lima varietas bawang merah (*Allium ascalonicum*) di Kalimantan Barat. *Buana Sains.* 18(2):103–108. [Doi: https://doi.org/10.33366/bs.v18i2.1183](https://doi.org/10.33366/bs.v18i2.1183)
- Kharolina, K., Mustikarini, E. D., dan Pratama, D. 2023. Potensi hasil berbagai varietas unggul bawang merah di lahan ultisol kabupaten bangka. *J. Tanah Sumberd. Lahan.* 10(2):215–222. [Doi: https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.2.4](https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.2.4)
- Kurnianingsih, A., Susilawati, S. M., dan Sefrila, M. 2018. Karakter pertumbuhan tanaman bawang merah pada berbagai komposisi media tanam. *J. Hort. Indonesia.* 9(3):167-173. [Doi: https://doi.org/10.29244/jhi.9.3.167-173](https://doi.org/10.29244/jhi.9.3.167-173)
- Lopez, G., Ahmadi, S. H., Amelung, W., Athmann, M., Ewert, F., Gaiser, T., Gocke, M. I., Kautz, T., Postma, J., Rachmilevitch, S., Schaaf, G., Schnepf, A., Stoschus, A., Watt, M., Yu, P., & Seidel, S. J. 2023. Nutrient deficiency effects on root architecture and root-to-shoot ratio in arable crops. *Frontiers in Plant Science.* [Doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1067498](https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1067498)
- Marlina, L., Purnomo, J., & Susanti, H. (2021). Growth response and yield of three shallot varieties on the various mixed of UREA+ ZA in Ultisol Soil. *Tropical Wetland J.* 7(2):47–51. [Doi: https://doi.org/10.20527/twj.v7i2.95](https://doi.org/10.20527/twj.v7i2.95)
- Muliana, S. A., Hartono, A., Susila, A. D., dan Sabiham, S. 2018. Pengelolaan dan pemupukan fosfor dan kalium pada pertanian intensif bawang merah di empat desa di Brebes. *J. Hort. Indonesia.* 9(1):27–37. [Doi: https://doi.org/10.29244/jhi.9.1.27-37](https://doi.org/10.29244/jhi.9.1.27-37)
- Nanda, A., Sari, I., dan Yusuf, E. Y. 2022. Pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium cepa* L.) dengan pemberian mikroorganisme lokal (MOL) feses walet pada media gambut. *J. Agro Indragiri.* 7(1):22–34. [Doi: https://doi.org/10.32520/jai.v9i1.1854](https://doi.org/10.32520/jai.v9i1.1854)
- Nurwahdani, S., Handayani, R. S., Ismadi, Nilahayati, Nazirah, dan Inayatillah, A. 2024. Perbandingan pertumbuhan dan hasil berbagai varietas bawang merah (*Allium cepa*) di lahan gambut Meulaboh Aceh Barat. *J. Agronida.* 10(2):68–75. [Doi: https://doi.org/10.30997/jag.v10i2.14592](https://doi.org/10.30997/jag.v10i2.14592)
- Ojeda-Rivera, J.O., Oropeza-Aburto, A., dan Herrera-Estrella. 2020. Dissection of root transcriptional responses to low pH, aluminum toxicity and iron excess under Pi-Limiting Conditions in arabidopsis wild-type and stop1 seedlings. *Front. Plant Sci.* 11:01200. [Doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01200](https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01200)
- Prathapan, P. L., Bose, J., Bhattacharya, S., dan Adhikari, A. 2024. Understanding plant tolerance to aluminum: Exploring mechanisms. *Plant Soil.* 10:67–45. [Doi: https://doi.org/10.1007/s11104-024-06745-0](https://doi.org/10.1007/s11104-024-06745-0)
- Purwanto. 2020. Teknologi Budidaya Bawang Merah di Lahan Sempit. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Banten.
- Przygocka Cyna, K., Barłóg, P., Grzebisz, W., dan Spiżewski, T. 2020. Onion (*Allium cepa* L.) yield and growth dynamics response to in-season patterns of nitrogen and sulfur uptake. *Agronomy.* 10(8):1146. [Doi: https://doi.org/10.3390/agronomy10081146](https://doi.org/10.3390/agronomy10081146)
- Smolders, E., Oorts, K., dan McLaughlin, M. J. 2021. Meta-analysis of the effects of liming on soil pH and

cadmium availability. Sci. Total Environ. 755:142518.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142518>

Solihin, E., Sudirja, R., dan Kamaluddin, N. N. 2024. Pengaruh pembenah tanah cair dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium cepa* L.). J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi. 24(3):2006–2011. Doi: <https://doi.org/10.33087/jiubj.v24i3.5268>

Wang, Y., Yang, L., Wang, W., Shen, Q., dan Guo, S. 2019. Role of root exudates in aluminum tolerance of plants in acidic soils. Plant Soil. 431(1–2):1–17.