

PENGARUH NUTRIPRIMING PADA BENIH DENGAN ZINC (Zn) TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN JAGUNG UNGU HIBRIDA

THE EFFECT OF SEED NUTRIPRIMING WITH ZINC (Zn) ON VEGETATIVE GROWTH OF PURPLE HYBRID CORN PLANTS

Rusdi Sion, Agustiansyah* dan Paul Benyamin Timotiwu

Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Kota Bandar Lampung, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: agustiansyah.1972@fp.unila.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 20 November 2023

Direvisi: 12 Desember 2023

Disetujui: 30 Desember 2023

KEYWORDS:

Nutripriming, priming, seed, zinc

ABSTRACT

Seed priming is the initial treatment of seeds to increase germination and plant vigor. Zinc (Zn) has an important role in plant growth, and Zn deficiency can cause symptoms such as chlorosis and abnormal growth. Nutripriming is a technique that involves soaking seeds in a nutrient solution to improve seed quality. Several recent studies have shown that priming seeds with Zn sulfate can increase growth and Zn content in crops such as rice and maize. This certainly has the potential to increase crop production, seed quality and crop yields. This study had 3 treatments given including control, nutripriming Zn 0.5%, and nutripriming Zn 1%. The experiment used a Completely Randomized Design (CRD) with each treatment repeated 6 times. The total experimental units in this study consisting of 3 treatments and 6 replications were 18 plots in total. Each plot consists of 14 purple corn plants. Based on the research results, it was found that the 0.5% nutripriming treatment increased plant metabolism which can be look from the percentage of seed germination on first week, trend on plant height, trend of total plant leaf, trend of leaf green level, and leaf assimilation rate per unit leaf area.

ABSTRAK

Priming benih adalah perlakuan awal pada benih untuk meningkatkan perkecambahan dan vigor tanaman. Zinc (Zn) memiliki peran penting dalam pertumbuhan tanaman, dan kekurangan Zn dapat menyebabkan gejala seperti klorosis dan pertumbuhan abnormal. Nutripriming adalah salah satu teknik yang melibatkan perendaman benih dalam larutan nutrisi untuk meningkatkan kualitas benih. Beberapa penelitian belakangan ini menunjukkan bahwa priming benih dengan Zn sulfat dapat meningkatkan pertumbuhan dan kandungan Zn dalam tanaman seperti padi dan jagung. hal ini tentunya memiliki potensi untuk meningkatkan produksi tanaman, kualitas benih, dan hasil panen. Penelitian ini memiliki 3 perlakuan yang diberikan meliputi kontrol, nutripriming Zn 0,5%, dan nutripriming Zn 1%. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 6 kali. Total satuan percobaan yang terdapat pada penelitian ini yang terdiri dari 3 perlakuan dan 6 ulangan adalah sebanyak 18 petak. Masing masing petak terdiri dari 14 tanaman jagung ungu. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa perlakuan nutripriming 0,5% meningkatkan metabolisme tanaman yang dilihat dari tren peningkatan persentase daya kecambah benih pada minggu pertama, tren peningkatan tinggi tanaman, tren jumlah daun tanaman, tren tingkat kehijauan daun dan laju asimilasi daun per unit luas daun.

KATA KUNCI:

Benih, nutripriming, priming, zinc

1. PENDAHULUAN

Zinc merupakan salah satu elemen yang esensial; bagi seluruh makhluk hidup, berperan sebagai katalis dan faktor penyusun beberapa enzim, dan pengatur protein. Zn menjadi kunci dalam metabolisme tanaman yang berperan sebagai aktivator enzim (lebih dari 300 enzim dari 6 kelas enzim), sintesis auksin, metabolisme karbohidrat, dan sintesis protein (Andreini *et al.*, 2006; Coleman, 1992; Grzebisz *et al.*, 2008; Sinclair & Krämer, 2012). Kekurangan unsur hara mikro sering menjadi permasalahan dalam budidaya tanaman. Pada tanaman defisiensi Zn menyebabkan penurunan laju pertumbuhan, penurunan terhadap cekaman lingkungan dan sintesis klorofil. Menurut Cakmak (2000) Gejala kekurangan Zn pada tanaman dapat diamati dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang abnormal.

Keabnormalan ini terjadi ketika defisiensi Zn sudah sangat tinggi terjadi. gejala tersebut meliputi kekerdilan, klorosis pada daun, dan sterilnya spikelet (bagian bunga pada famili poaceae) (Sinclair & Krämer, 2012). Selain itu tanaman juga rentan terkena kerusakan akibat intensitas cahaya yang tinggi dan infeksi jamur. Keracunan Zn tanaman menyebabkan terjadi penghambatan pertumbuhan dan penurunan produksi. Oleh sebab itu ketersediaan dan stabilnya transpor Zn selama masa pertumbuhan dan perkembangan tanaman menjadi hal yang penting. Walaupun Zn bukan merupakan unsur hara makro yang diperlukan dalam jumlah yang banyak, tetapi keberadaannya menjadi penting untuk keseimbangan metabolisme tanaman. Zn memiliki peranan penting dalam berbagai reaksi enzimatik, proses metabolisme dan reaksi oksidasi-reduksi. Selain itu, Zn juga penting untuk banyak enzim yang diperlukan untuk metabolisme nitrogen, transfer energi, dan sintesis protein. Enzim tanaman yang diaktifkan oleh Zn terlibat dalam metabolisme karbohidrat, pemeliharaan integritas membran sel, sintesis protein, pengaturan sintesis auksin dan pembentukan serbuk sari (Bhardwaj *et al.*, 2022; Cakmak & Kutman, 2018)

Priming benih merupakan suatu kegiatan perlakuan benih yang dilakukan pada awal persemaian dengan memiliki peran untuk memperbaiki sekaligus mengefisienkan perkecambahan benih. Menurut Raj & Raj (2019), priming benih dapat memperbaiki membran sel pada benih, memperbaiki dan mensintesa DNA dan RNA, membantu perkembangan embrio yang belum matang, membantu perubahan jaringan endosperm di sekitar embrio, memecah dormansi dan pra perkecambahan pada benih.

Hal ini tentunya menyebabkan vigor benih meningkat sebagai efek dari metabolisme di dalam benih yang aktif. Stimulasi kinerja metabolisme yang aktif pada benih setelah dipriming mampu mencegah efek deteriorasi benih yang sudah lama disimpan. Beberapa teknik priming yang sudah dikembangkan belakangan ini meliputi hydro-priming, halo-priming, osmo-priming, matrix priming, osmohardening, on-farm priming, hormoprimer, micronutrient priming (*nutripriming*), bioprimer, dan nanoparticle priming (Pawar & Laware, 2018). Priming banyak dilakukan pada beberapa komoditas yang ditujukan untuk memperbaiki perkecambahan benih yang disebabkan cekaman lingkungan seperti perkecambahan benih bayam pada lingkungan dengan salinitas tinggi dan suhu rendah (Salt stress) ((Imran *et al.*, 2021; Zafar *et al.*, 2022), memperbaiki vigor benih padi pada kondisi terendam (Sulaiman *et al.*, 2016), meningkatkan perkecambahan pada Lentil dengan kondisi cekaman air (Sağlam *et al.*, 2010), dan lain-lain.

Menurut Farooq *et al.*, (2012) pemberian nutrisi mikro pada tanaman dapat dilakukan melalui 3 teknis yaitu pada tanah dengan pemupukan konvensional, disemprotkan pada daun atau diaplikasikan secara langsung ke benih. Teknik *nutripriming* melibatkan benih yang direndam dalam larutan yang mengandung nutrisi untuk meningkatkan kualitas benih dengan meningkatkan kandungan nutrisi yang terkandung di dalam benih. *Nutripriming* lebih menekankan bukan hanya vigor bibit yang ditingkatkan namun, diharapkan kandungan nutrisi dari bibit yang berkecambah

juga ikut meningkat. Zinc menjadi salah satu unsur yang dapat diberikan pada saat perlakuan benih sebelum tanam yaitu salah satunya dengan cara nutrimpriming.

Benih yang sudah diberikan perlakuan benih dengan Zn memiliki kemampuan untuk berkecambah lebih baik dan meningkatkan daya pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedepannya. Menurut Tuiwong *et al.*, (2022) priming benih menggunakan pupuk nitrogen dan Zn mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman padi hingga umur 21 hari. Tidak hanya pertumbuhan, benih yang di-priming menggunakan pupuk nitrogen dan Zn sulfat atau hanya dengan Zn sulfat saja menunjukkan adanya peningkatan kandungan Zn pada umur 7, 14, dan 21 hari sejak ditanam dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut Choukri *et al.*, (2022) priming benih jagung menggunakan Zn mampu meningkatkan kandungan Zn pada jaringan tanaman sebesar 15% selama masa pertumbuhannya. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi nutrimpriming dengan Zn terhadap pertumbuhan vegetatif jagung varietas Jantan F-1.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Lahan Lab Lapang terpadu Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan mulai dari bulan Juni hingga Agustus 2023. Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi larutan Zn sulfat heptahidrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dengan konsentrasi 0,5% dan 1%, benih jagung ungu Jantan F1, pupuk Urea, SP-36, dan KCl, insektisida dan fungisida untuk mencegah kerusakan yang diakibatkan oleh hama dan penyakit. Perlakuan yang diberikan pada percobaan ini meliputi (1) kontrol (P0); (2) nutrimpriming Zn 0,5% (P1), dan (3) nutrimpriming Zn 1%. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 6 kali. Total satuan percobaan yang terdapat pada penelitian ini yang terdiri dari 3 perlakuan dan 6 ulangan adalah sebanyak 18 petak percobaan berukuran 2 x 3 meter. Masing-masing petak terdiri dari 14 tanaman jagung ungu. Data yang didapat diuji asumsi dan diolah sidik ragamnya dengan program R Studio. Dilanjutkan dengan analisis pola pertumbuhan tanaman dengan grafik.

2.1 Persiapan Lahan Penanaman

Tanah lahan dicangkul dan digaru agar gembur dan siap untuk ditanami. Setelah gembur, petak percobaan dibuat dengan ukuran 2 x 3 meter. Sampel tanah diambil dengan metode sampling pada beberapa titik petak tanah yang sudah terbentuk untuk diuji kandungan mineralnya. Selain itu sampel tanah juga diuji menggunakan tes kit Perangkat Uji Tanah Kering (Upland Soil Test Kit) Ver 1.0. Pada pengujian menggunakan alat ini diuji kandungan hara P, K, pH tanah, dan kandungan bahan organik.

2.2 Persiapan Benih Jagung dan Priming Benih

Benih disiapkan untuk penanaman dan diberikan perlakuan. Jumlah benih yang disiapkan akan dilebihkan 30% dari masing masing perlakuan untuk mencegah apabila saat ditanam benih tidak tumbuh. Untuk perlakuan benih priming, benih direndam dengan larutan priming dari setiap perlakuan selama 24 jam dan kemudian dikering-anginkan selama $\pm 2-3$ jam, sebelum akhirnya benih ditanam. Sebelum perlakuan, kandung Zn pada jagung dianalisis menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy* (ICP-ES) dan didapat kandungan sebesar 30,42 mg/Kg.

Tabel 1. Hasil pengujian sampel tanah lapang menggunakan soil test kit

Indikator Test	Hasil Test	Rekomendasi Pupuk
Bahan Organik	Rendah	Urea 200 Kg/Ha
P	Sedang	SP-36 175 Kg/Ha
K	Sedang	KCl 75 Kg/Ha
pH	Agak Masam	500-750 Kg/Ha

2.3 Penanaman Benih dan Perawatan Tanaman

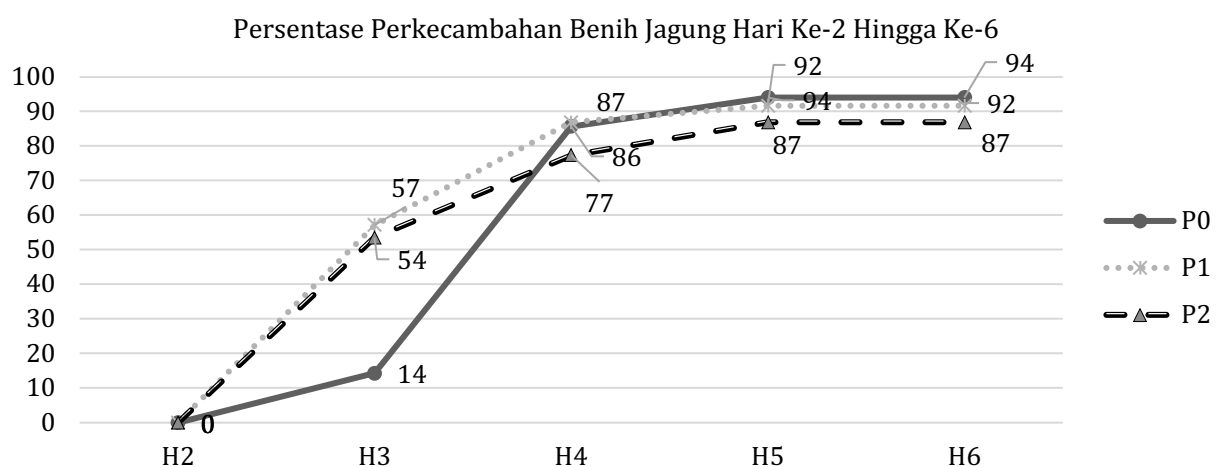
Sebelum benih ditanam, petak yang sudah disiapkan dibuat lubang tanam dengan jarak 70 cm x 20 cm antar lubang penanamannya. Benih ditanam pada lubang tanam dengan kedalaman \pm 2-4 cm dan ditutup dengan tanah. Petak pertanaman kemudian disiram untuk melembabkan tanah dan inisiasi perkecambahan benih. Setelah benih tumbuh, perawatan yang dilakukan meliputi penyiangan gulma, monitoring hama, penyiraman tanaman setiap hari, dan pemberian Urea, SP-36, dan KCl dengan dosis berdasarkan hasil tes sampel tanah (Tabel 1).

Selain itu tanaman yang tumbuh juga diberi perlakuan pestisida untuk menghindari serangan hama maupun penyakit yang dapat merusak tanaman selama observasi dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kecepatan Perkecambahan

Berdasarkan Gambar 1 terlihat respon benih yang di priming (baik perlakuan P1 maupun P2) dibandingkan dengan benih yang tidak di priming (P0) memiliki kemampuan untuk berkecambah lebih cepat yang dilihat sejak hari ke-3 (H3) setelah tanam. Walaupun pada akhir pengamatan yaitu hari ke-6 (H6) persentase kecambah yang tumbuh secara statistik tidak signifikan menunjukkan adanya perbedaan persentase perkecambahan tanaman. Hal ini menunjukkan benih yang di-priming memiliki aktivitas metabolisme untuk berkecambah lebih cepat dikarenakan Zn dapat berperan sebagai aktifator enzim terutama enzim yang bersifat hidrolase (Zastrow & Pecoraro, 2014). Salah satu dari enzim yang memiliki sifat hidrolase, menginisiasi pembentukan GA yang tentunya mampu memacu inisiasi perkecambahan lebih awal dan cepat dibandingkan dengan benih yang tidak diberikan perlakuan.

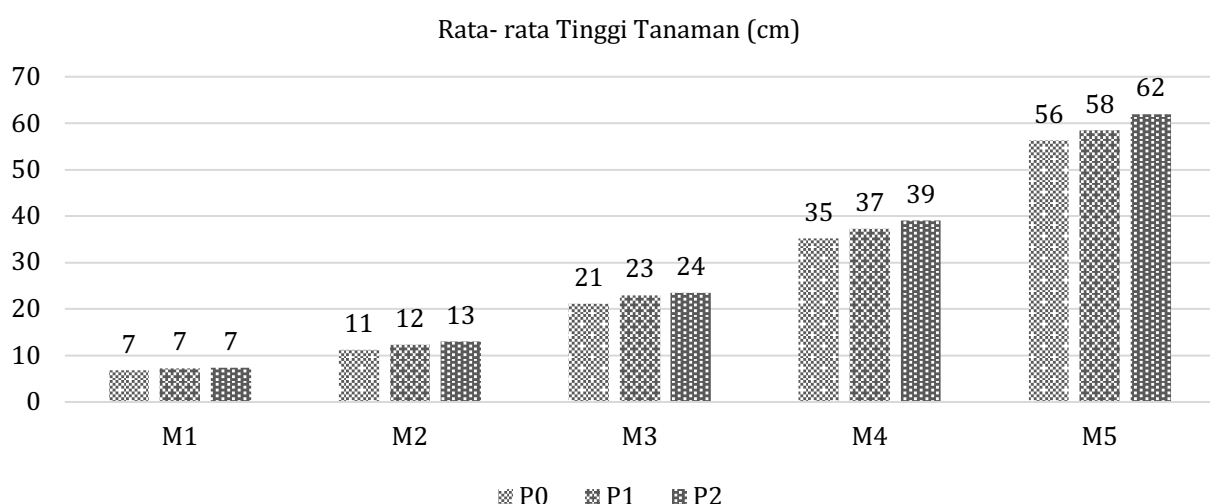


Gambar 1. Grafik persentase perkecambahan Benih Jagung Hari ke-2 (H2) hingga ke-6.(H6). (P0= Kontrol; P1= Nutripriming 0,5%; P2= Nutripriming 1%)

Menurut Tuiwong *et al.* (2022), pemberian perlakuan priming benih dengan larutan Zn dapat meningkatkan persentase perkecambahan benih. Selain itu menurut Choukri *et al.* (2022) pengaplikasian nutrimpriming pada benih jagung dengan durasi perendaman tertentu dapat meningkatkan persentase perkecambahan benih yang berbeda dibandingkan dengan benih tanpa perlakuan sama sekali. Hal inilah yang mendasari perlakuan nutrimpriming Zn 0,5% (P1) dan perlakuan nutrimpriming Zn 1% (P2) pada hari ketiga (H3) pada gambar 1 memiliki persentase perkecambahan yang tinggi secara berturut turut yaitu 57% dan 54% dibandingkan dengan kontrol (P0) yaitu hanya 14%.

3.2 Tinggi Tanaman

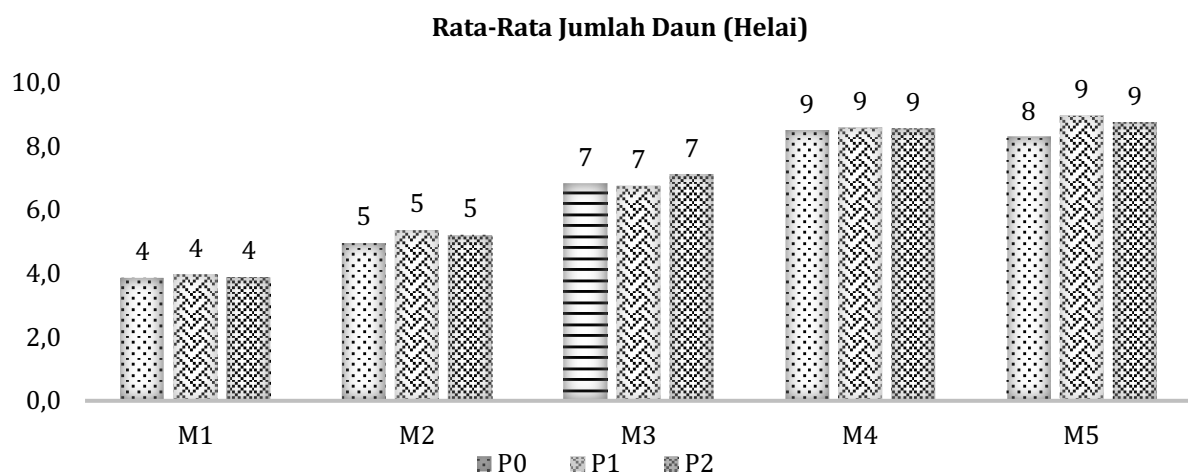
Penelitiannya sebelumnya menurut Choukri *et al.* (2022), pada tanaman jagung silase menunjukkan tidak adanya perbedaan tinggi yang signifikan pada beberapa perlakuan yang diberikan meliputi aplikasi Zn melalui tanah maupun priming Zn dengan beberapa jenis konsentrasi. Hasil yang didapat, menunjukkan bahwa perlakuan priming yang diberikan pada benih jagung ungu varietas Jantan F1 juga tidak memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada rata-rata tinggi tanaman jagung ungu. Gambar 2 menunjukkan rata-rata tinggi tanaman yang diamati dari minggu pertama pengamatan hingga minggu keenam. Dari Gambar 2 didapatkan bahwa adanya pola peningkatan rata-rata tinggi tanaman dari tiap minggu yang lebih tinggi pada tanaman jagung yang diberikan perlakuan nutrimpriming Zn 0,5% (P1) dan nutrimpriming Zn 1% (P2) dibandingkan dengan tanaman kontrol (P0). adanya kecenderungan pola peningkatan tinggi tanaman pada tanaman yang diberi perlakuan Zn menunjukkan peran Zn sendiri sebagai katalisator pada reaksi metabolisme tanaman. Menurut Choukri *et al.* (2022), Zn bereperan dalam pembentukan tryptophan, yang merupakan enzim prekursor untuk auksin. Auksin sendiri berperan dalam perpanjangan sel. Tanaman yang diberikan perlakuan diduga memiliki metabolisme yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman kontrol. Hal ini dapat dilihat pada minggu terakhir pengamatan yaitu minggu kelima (M5), tanaman dengan perlakuan nutrimpriming 1% (P1) memiliki tinggi rata-rata 61,9 cm dan tanaman yang diberikan perlakuan nutrimpriming 0,5% memiliki tinggi rata-rata 58,4 cm, sedangkan tanaman kontrol memiliki tinggi rata-rata 56,3 cm.



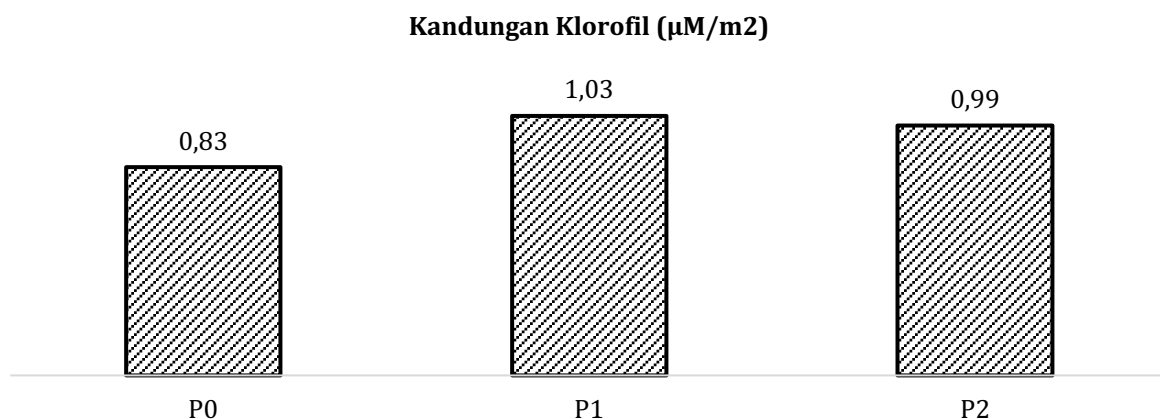
Gambar 2. Grafik tinggi tanaman masing-masing perlakuan dari minggu pertama (M1) hingga minggu kelima (M5) pengamatan (P0= Kontrol; P1= Nutrimpriming 0,5%; P2= Nutrimpriming 1%)

3.3 Jumlah Daun

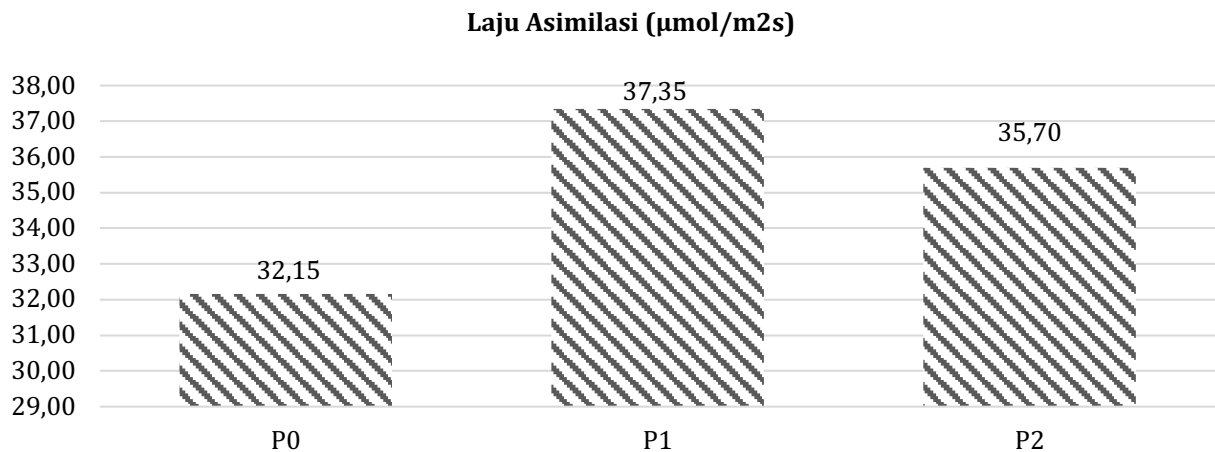
Hasil yang tidak signifikan juga didapatkan dari rata-rata jumlah daun tanaman yang diberi perlakuan juga. Berdasarkan Gambar 3, hampir dari ketiga jenis perlakuan yang diberikan memiliki nilai yang sama. Tentunya bukan hanya dari nutrisi yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, melainkan terdapat juga faktor lingkungan hidup yang harus mendukung. Tanpa dukungan dari faktor lingkungan potensi/kemampuan dari tanaman tersebut untuk tumbuh dan berkembang akan kurang optimal. Beberapa penelitian sebelumnya juga tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap jumlah daun antar perlakuan seperti penelitian konsentrasi nutripripping pada jagung silase (Choukri *et al.*, 2022), tetapi pada komoditas yang berbeda seperti bayam (*Spinacia oleracea* L.) menurut Zafar *et al.* (2022) terdapat peningkatan jumlah daun apabila diikuti dengan penyemprotan foliar setelah diaplikasikan priming dengan larutan nutrisi mikro pada lingkungan yang memiliki kondisi salinitas tinggi.



Gambar 3. Grafik Jumlah daun masing-masing perlakuan dari minggu pertama (M1) hingga minggu kelima (M5) pengamatan (P0= Kontrol; P1= Nutripripping 0,5%; P2= Nutripripping 1%)



Gambar 4. Kandungan Klorofil masing masing perlakuan pada akhir pengamatan minggu ke-5 (P0= Kontrol; P1= Nutripripping 0,5%; P2= Nutripripping 1%)



Gambar 5. Grafik Laju Rata-Rata Asimilasi Fotosintat Masing-Masing Perlakuan (P0= Kontrol; P1= Nutripriming 0,5%; P2= Nutripriming 1%)

3.4 Kehijauan Daun dan Analisis Laju Rata-rata Asimilasi fotosintesis

Kandungan klorofil memiliki hubungan erat dengan tingkat asimilasi fotosintat tanaman. Semakin tinggi kandungan klorofil suatu luas areal daun maka fotosintat yang dihasilkan akan semakin tinggi. Meskipun rata-rata kandungan klorofil yang didapatkan dari hasil observasi tidak memiliki perbedaan yang nyata secara statistik, namun, pada Gambar 4 didapatkan bahwa terdapat tren peningkatan pada tanaman yang diberi perlakuan nutripriming Zn 0,5% (P1) dan perlakuan nutripriming 1% (P2) dengan rata-rata kandungan klorofil dibandingkan kandungan klorofil tanaman kontrol. Walaupun secara statistik tren peningkatan tidak menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan, tetapi pola yang terbentuk pada Gambar 5 yang merupakan hasil laju asimilasi tanaman yang diukur dengan alat Li-Cor pada minggu akhir pengamatan, menunjukkan adanya respon metabolisme yang lebih baik untuk tanaman yang di berikan perlakuan nutripriming Zn 0,5% (P1) dan perlakuan nutripriming 1% (P2). Hasil laju asimilasi tanaman yang diukur dengan alat Li-Cor pada minggu akhir pengamatan. Perlakuan nutripriming 0,5% (P1) dan perlakuan nutripriming 1% menunjukkan adanya tren peningkatan laju asimilasi secara berturut turut yaitu 37,35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ dan 35,7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ dibandingkan perlakuan kontrol dengan nilai laju asimilasi 32,15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Tentunya hal ini tidak terlepas dari kinerja zinc sebagai prekursor beberapa enzim yang berperan dalam metabolisme tanaman jagung.

Menurut Fageria (2002) Zn pada tanaman memiliki peran yang dinamis dalam metabolisme protein, pembentukan karbohidrat, regulasi hormon IAA, berperan sebagai komponen utama penyusun enzim penting, protein ase dan dehidrogenase. Zn juga memiliki keterkaitan interaksi dengan nutrisi lain di dalam tanah. Menurut Hafeez *et al.* (2013), Zn memiliki interaksi dengan unsur lainnya, baik mikro maupun makro. Dalam kata lain Zn berperan sebagai katalisator suatu reaksi metabolisme sehingga memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

4. KESIMPULAN

Pemberian perlakuan nutripriming 0,5 % (P₁) dan nutripriming 1% (P₂) memberikan tren peningkatan metabolisme tanaman jagung ungu varietas Jantan F-1 pada fase vegetatif yang meliputi tren peningkatan daya berkecambah benih, rata-rata tinggi tanaman, jumlah daun, rata-rata kandungan klorofil dan tren rata-rata laju asimilasi/ m^2 luasan daun. Tren tersebut secara statistik

tidak berpengaruh nyata namun terlihat adanya pola peningkatan yang menunjukkan kinerja metabolisme yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman kontrol.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Hormat dan ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Nasional atas pendanaan penelitian ini melalui program Hibah Tesis Magister.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Andreini, C., L. Banci, I. Bertini, & A. Rosato. 2006. Zinc through the three domains of life. *Journal of Proteome Research*. 5 (11): 3173–3178.
- Bhardwaj, A. K., S. Chejara, K. Malik, R. Kumar, A. Kumar, & R.K. Yadav. 2022. Agronomic Biofortification of Food Crops: An emerging Opportunity for Global Food and Nutritional Security. *Frontiers in Plant Science*. 13 (12): 1–23.
- Cakmak, I. 2000. Tansley review no. 111: Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*. 146 (2): 185–205
- Cakmak, I. & U.B. Kutman. 2018. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *European Journal of Soil Science*. 69 (1): 172–180.
- Choukri, M., A. Abouabdillah, R. Bouabid, O.H. Abd-Elkader, O. Pacioglu, F. Boufahja, & M. Bouriou. 2022. Zn application through seed priming improves productivity and grain nutritional quality of silage corn. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 29 (12): 1–9
- Coleman, J. E. 1992. Zinc proteins: enzymes, storage proteins, transcription factors, and replication proteins. *Annual Review of Biochemistry*. 61: 897–946.
- Fageria, N.K. 2002. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 37 (12): 1765–1772.
- Farooq, M., A. Wahid, & K.H.M Siddique. 2012. Micronutrient application through seed treatments - a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 12 (1): 125–142.
- Grzebisz, W., M. Wronska, J.B. Diatta, & P. Dullin. 2008. Effect of zinc foliar application at an early stage of maize growth on patterns of nutrients and dry matter accumulation by the canopy. Part I. Zinc uptake patterns and its redistribution among maize organs. *Journal of Elementology*. 13 (1): 17–28.
- Hafeez, B., Y.M. Khanif, & M. Saleem. 2013. Role of Zinc in Plant Nutrition- A Review. *American journal of experimental Agriculture*. 3 (2): 374–391.
- Imran, M., A. Mahmood, G. Neumann, & B. Boelt. 2021. Zinc seed priming improves spinach germination at low temperature. *Agriculture (Switzerland)*. 11 (3): 1–12.
- Pawar, V.A. & S.L Laware. 2018. Seed Priming A Critical Review. *International Journal of Scientific Research in Biological Sciences*. 5 (5): 94–101.
- Raj, A.B. & S.K. Raj. 2019. Seed priming: An approach towards agricultural sustainability. *Journal of Applied and Natural Science*. 11 (1): 227–234.
- Sağlam, S., S. Day, G. Kaya, & A. Gürbüz. 2010. Hydropriming Increases Germination of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) under Water Stress. *Notulae Scientia Biologicae*. 2 (2): 103–106.
- Sinclair, S. A., & U. Krämer. 2012. The zinc homeostasis network of land plants. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Cell Research*. 1823 (9): 1553–1567.
- Sulaiman, S., R.A. Suwignyo, M. Hasmeda, & A. Wijaya. 2016. Priming benih padi (*Oryza sativa* L.) dengan zn untuk meningkatkan vigor bibit pada cekaman terendam. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 44 (1): 8–15.

- Tuiwong, P., S. Lordkaew, J. Veeradittakit, S. Jamjod, & C. Prom-u-thai. 2022. Seed Priming and Foliar Application with Nitrogen and Zinc Improve Seedling Growth, Yield, and Zinc Accumulation in Rice. *Agriculture*.12. 144. 1–15
- Zafar, S., S. Perveen, M.K. Khan, M.R. Shaheen, R., Hussain, N. Sarwar, S. Rashid, M. Nafees, G. Farid, S. Alamri, A.A. Shah, T. Javed, M. Irfan, & M.H. Siddiqui. 2022. Effect of zinc nanoparticles seed priming and foliar application on the growth and physiobiochemical indices of spinach (*Spinacia oleracea* L.) under salt stress. *PLoS ONE*. 17 (2): 1–14.
- Zastrow, M.L. & V.L. Pecoraro. 2014. Designing hydrolytic zinc metalloenzymes. *Biochemistry*. 53 (6): 957–978.