

Efektivitas Pupuk Vitamik Concentrate terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.)

Sutan Tarmizi Lubis^{1,*}), Eka Tarwaca Susila Putra²), Dewi Rafida Hanun²), Malik Priambada²), Syauqi Muthaillah Albanna²)

¹) Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta, Indonesia

²) Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia; Jl. Flora No. 1, Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281.

*) Corresponding author: sutantarmizi8@gmail.com

Abstrak

Produktivitas padi yang belum optimal sering dikaitkan dengan rendahnya ketersediaan unsur hara mikro, khususnya seng (Zn) dan boron (B), yang berperan penting dalam pertumbuhan dan pembentukan hasil tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pupuk Vitamik Concentrate yang mengandung Zn dan B terhadap pertumbuhan, status hara tanaman, dan produktivitas padi. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus–November 2025 menggunakan rancangan acak kelompok dengan delapan perlakuan aplikasi pupuk Vitamik Concentrate. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan, kandungan hara tanah dan daun, serapan hara tanaman, produktivitas, dan Relative Agronomic Effectiveness (RAE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Vitamik Concentrate tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan kandungan hara tersedia dalam tanah, namun berpengaruh terhadap jumlah anakan, kandungan Zn dalam jaringan daun, serapan Zn, dan produktivitas padi. Produktivitas tertinggi diperoleh pada perlakuan P6 sebesar 8,42 ton ha⁻¹, meningkat 131,3% dibandingkan kontrol yang menghasilkan 3,64 ton ha⁻¹. Nilai RAE seluruh perlakuan berada di atas 100%, dengan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan P6. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk Vitamik Concentrate efektif meningkatkan pemanfaatan unsur mikro dan produktivitas tanaman padi, sehingga berpotensi digunakan sebagai alternatif pupuk mikro untuk mendukung peningkatan hasil padi.

Kata kunci: Efektivitas agronomis; Boron; Serapan hara; Peningkatan hasil; Zn

Abstract

Suboptimal rice productivity is often associated with the low availability of micronutrients, particularly zinc (Zn) and boron (B), which play important roles in plant growth and yield formation. This study aimed to evaluate the effectiveness of Vitamik Concentrate fertilizer containing Zn and B on rice growth, plant nutrient status, and productivity. The study was conducted from August to November 2025 using a randomized block design with eight Vitamik Concentrate fertilizer application treatments. The observed variables included plant height, number of tillers, soil and leaf nutrient contents, plant nutrient uptake, productivity, and Relative Agronomic Effectiveness (RAE). The results showed that the application of Vitamik Concentrate had no significant effect on plant height and available nutrient contents in the soil, but significantly affected the number of tillers, Zn content in leaf tissues, Zn uptake, and rice productivity. The highest productivity was obtained in treatment P6 at 8.42 tons ha⁻¹, representing an increase of 131.3% compared with the control, which produced 3.64 tons ha⁻¹. The RAE values of all treatments were above 100%, with the highest value recorded in treatment P6. These results indicate that the application of Vitamik Concentrate fertilizer is effective in improving micronutrient utilization and rice productivity, suggesting its potential as an alternative micronutrient fertilizer to support increased rice yields.

Keywords: Agronomic effectiveness; Boron; Nutrient uptake; Yield improvement; Zn

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan utama yang berperan penting

dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia. Upaya peningkatan produktivitas padi terus dilakukan untuk mendukung ketahanan pangan nasional di tengah meningkatnya kebutuhan beras akibat pertumbuhan jumlah penduduk. Meskipun berbagai teknologi budidaya telah diterapkan, produktivitas padi di beberapa wilayah masih belum optimal karena adanya keterbatasan kesuburan tanah dan ketidakseimbangan hara tanaman. Pengelolaan hara yang tepat menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi secara berkelanjutan (Susanti et al., 2024).

Selama ini program pemupukan pada budidaya padi lebih banyak difokuskan pada pemberian unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Namun demikian, ketersediaan unsur hara mikro juga sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Defisiensi unsur mikro sering kali tidak terdeteksi secara visual pada fase awal pertumbuhan, tetapi dapat menyebabkan penurunan aktivitas fisiologis tanaman dan berakibat pada rendahnya hasil panen. Di antara unsur hara mikro yang penting bagi tanaman padi, seng (Zn) dan boron (B) merupakan unsur yang sering menjadi faktor pembatas produktivitas pada berbagai agroekosistem padi (Farooq et al., 2018).

Unsur Zn berperan dalam berbagai proses metabolisme tanaman, antara lain sebagai aktivator enzim, sintesis protein, pembentukan hormon auksin, serta pembentukan klorofil yang mendukung proses fotosintesis. Ketersediaan Zn yang cukup dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif, jumlah anakan, dan pembentukan biomassa tanaman. Sebaliknya, defisiensi Zn dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat dan menurunkan produktivitas padi (White dan Broadley, 2011; Noulas et al., 2018). Nurhidayat dan Azizah (2024) melaporkan bahwa Zn merupakan unsur mikro penting yang terakumulasi pada berbagai organ tanaman padi dan berkontribusi terhadap pertumbuhan serta kualitas hasil tanaman. Selain itu, Zn juga menjadi unsur penting dalam program biofortifikasi beras untuk meningkatkan kandungan gizi pangan (Barokah et al., 2018).

Boron memiliki fungsi penting dalam pembentukan dan stabilitas dinding sel, pembelahan sel, perkembangan jaringan meristem, translokasi karbohidrat, serta pembentukan organ reproduktif tanaman. Farooq et al. (2018) menjelaskan bahwa kecukupan boron berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan pembentukan hasil tanaman padi. Songsri et al. (2023) melaporkan bahwa aplikasi boron melalui tanah maupun daun mampu meningkatkan serapan boron dan produktivitas padi. Hasil penelitian Daud et al. (2024) juga menunjukkan bahwa pemenuhan kebutuhan boron dapat meningkatkan performa agronomis dan komponen hasil pada varietas padi berdaya hasil

tinggi. Temuan serupa dilaporkan oleh Laik et al. (2021) yang menunjukkan bahwa aplikasi boron secara tepat mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara dan hasil tanaman pada sistem budidaya sereal. Aplikasi boron dan seng secara terpadu pada sistem budidaya tanaman juga dilaporkan penting untuk mendukung ketersediaan hara dan produktivitas tanaman (Shrestha et al., 2020).

Vitanik Concentrate merupakan pupuk yang mengandung unsur mikro Zn dan B yang berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi melalui perbaikan status hara mikro tanaman. Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan manfaat Zn dan B secara terpisah, informasi mengenai efektivitas formulasi pupuk yang mengombinasikan kedua unsur tersebut pada budidaya padi masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas aplikasi pupuk Vitanik Concentrate terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*) sehingga dapat diperoleh informasi ilmiah mengenai potensi penggunaannya sebagai sumber hara mikro dalam mendukung peningkatan hasil padi.

METODE

Percobaan lapang dilaksanakan pada lahan sawah di Desa Margokaton, Kecamatan Seyegan, Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta, Indonesia pada Agustus–November 2025. Tanaman uji adalah padi (*Oryza sativa L.*) varietas Inpari 32 (varietas unggul yang telah dilepas resmi dan umum dibudidayakan). Lahan percobaan merupakan tanah Inceptisol. Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktor tunggal dengan empat blok sebagai ulangan, sehingga terdapat 8 perlakuan $\times$ 4 ulangan = 32 satuan percobaan. RAKL dipilih untuk mengendalikan keragaman lingkungan lapang antarblok (Montgomery, 2017). Perlakuan berupa delapan taraf pemupukan (P0–P7) yang merupakan kombinasi pemupukan makro (NPK) dan pupuk mikro majemuk Zn+B (rincian komposisi/dosis setiap taraf disajikan pada Tabel 1). Ukuran plot perlakuan adalah 5 m $\times$ 5 m (25 m²). Pupuk mikro majemuk Zn+B diaplikasikan secara semprot daun (foliar) pada umur 14, 24, 34, dan 44 hari setelah tanam (HST). Dosis aplikasi foliar dinyatakan konsisten per satuan percobaan, yaitu 7,5 g pupuk per plot (25 m²) per aplikasi, yang dilarutkan dalam 5 L air per plot (setara 7,5 g/5 L per plot). Pemupukan makro diberikan tiga kali pada 15, 30, dan 45 HST menggunakan pupuk urea, ZA, SP-36, dan KCl dengan dosis total musim tanam masing-masing 100; 100; 50; dan 50 kg ha⁻¹. Pembagian dosis per waktu aplikasi mengikuti rancangan perlakuan dan praktik pemupukan lapang yang diterapkan pada percobaan. Analisis pH tanah serta kadar Zn dan B tersedia dilakukan pada

sampel tanah pra-tanam dan pascaplikasi perlakuan mengacu pada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk (Eviati et al., 2023). Zn dan B tersedia diekstraksi menggunakan larutan DTPA, sedangkan pH diukur pada suspensi tanah–air. Kadar Zn dan B ditentukan menggunakan spektrofotometri serapan atom (AAS) atau instrumen ekuivalen sesuai fasilitas laboratorium (Eviati et al., 2023). Variabel pengamatan dikelompokkan menjadi: (1) pertumbuhan (tinggi tanaman dan jumlah anakan) yang diamati berkala pada rumpun contoh di setiap plot; (2) komponen hasil dan hasil saat panen. Hasil diukur menggunakan petak panen (ubinan) 5 m² yang ditempatkan di bagian tengah plot untuk meminimalkan pengaruh tepi, kemudian dikonversi menjadi hasil per hektar. Seluruh data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) sesuai rancangan RAKL. Jika terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan dengan uji pembandingan rerata Tukey HSD pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ (Montgomery, 2017). Pengolahan data dilakukan menggunakan SAS. Efektivitas pupuk secara agronomis dinilai menggunakan Relative Agronomic Effectiveness (RAE) (Baligar et al., 2021); RAE dihitung dengan persamaan berikut. RAE digunakan untuk membandingkan kinerja agronomis perlakuan pupuk uji terhadap standar pada kondisi lapang (Baligar et al., 2021). Hubungan respons (hasil/RAE) terhadap dosis pupuk mikro majemuk dapat dianalisis menggunakan regresi untuk mengidentifikasi dosis paling efektif. Rincian perlakuan pemupukan disajikan pada Tabel 1.

$$RAE = \frac{\text{Hasil pupuk yang diuji} - \text{Kontrol}}{\text{Hasil pupuk standar} - \text{Kontrol}} \times 100\%$$

Tabel 1. Dosis perlakuan pemupukan pada tanaman padi

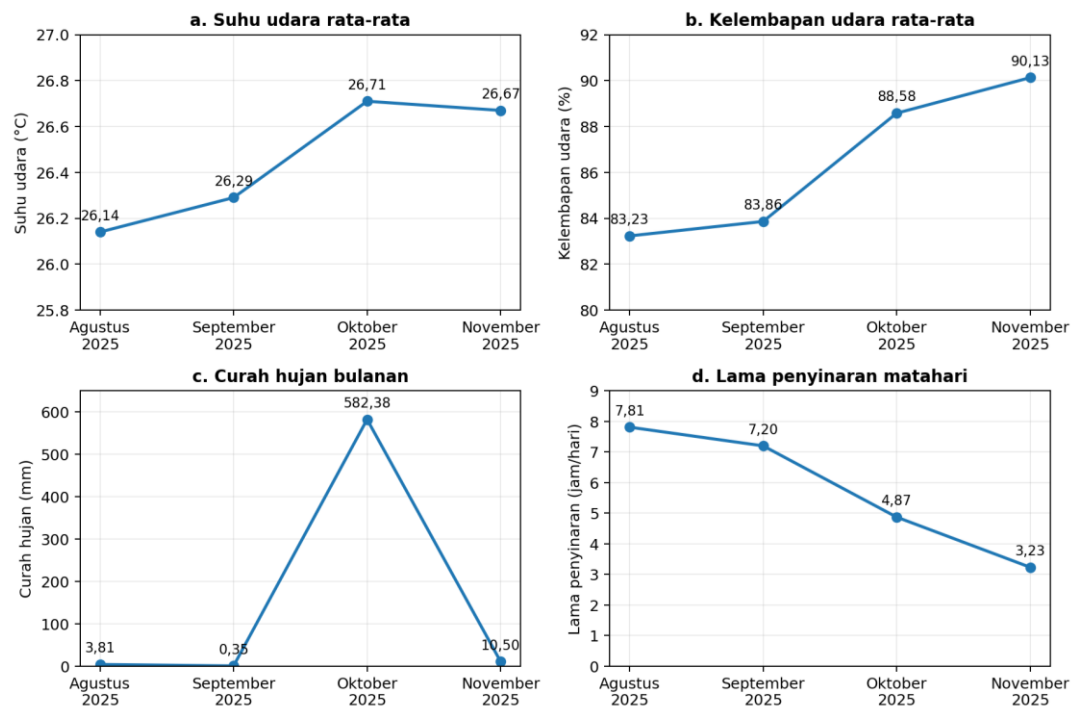
Kode	Perlakuan	Zn dan B	Urea	ZA	SP-36	KCl
P0	Kontrol	0	0	0	0	0
P1	1 Dosis NPK	0	1	1	1	1
P2	1 Dosis NPK + 0,5 Dosis mikro majemuk Zn + B	0,5	1	1	1	1
P3	0,75 Dosis NPK + 0,5 Dosis mikro majemuk Zn + B	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75
P4	1 Dosis NPK + 1 Dosis mikro majemuk Zn + B	1	1	1	1	1
P5	0,75 Dosis NPK + 1 Dosis mikro majemuk Zn + B	1	0,75	0,75	0,75	0,75
P6	1 Dosis NPK + 1,5 Dosis mikro majemuk Zn + B	1,5	1	1	1	1
P7	0,75 Dosis NPK + 1,5 Dosis mikro majemuk Zn + B	1,5	0,75	0,75	0,75	0,75

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Iklim Lokasi Penelitian

Kondisi iklim selama penelitian menunjukkan variasi pada beberapa parameter lingkungan yang berpotensi memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Suhu udara rata-rata berkisar antara 26,14–26,71°C dengan fluktuasi yang relatif kecil selama periode pengamatan. Kelembapan udara relatif berkisar antara 83,23–90,13% dan cenderung meningkat menjelang akhir penelitian. Kisaran suhu dan kelembapan tersebut masih berada dalam rentang yang sesuai untuk mendukung aktivitas fisiologis tanaman padi, seperti fotosintesis, pembentukan anakan, dan perkembangan organ reproduktif. Perubahan suhu dan kelembapan udara selama penelitian disajikan pada Gambar 1a dan 1b.

Curah hujan dan lama penyinaran matahari menunjukkan pola yang berlawanan selama periode penelitian. Curah hujan tertinggi terjadi pada Oktober 2025 sebesar 582,38 mm, sedangkan curah hujan terendah tercatat pada September 2025 sebesar 0,35 mm. Di sisi lain, lama penyinaran matahari mengalami penurunan dari 7,81 jam hari⁻¹ pada Agustus menjadi 3,23 jam hari⁻¹ pada November 2025. Tingginya curah hujan pada Oktober diikuti oleh berkurangnya lama penyinaran yang mengindikasikan peningkatan tutupan awan selama periode tersebut. Meskipun terjadi fluktuasi pada curah hujan dan lama penyinaran, kondisi lingkungan selama penelitian secara umum masih mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi, sehingga respons tanaman yang diamati lebih mencerminkan pengaruh perlakuan pupuk Vitanik Concentrate daripada faktor iklim. Pola perubahan curah hujan dan lama penyinaran selama penelitian disajikan pada Gambar 1c dan 1d.



Gambar 1. Kondisi iklim selama periode penelitian: a) suhu udara rata-rata, b) kelembapan udara rata-rata, c) curah hujan bulanan, dan d) lama penyinaran matahari.

Pengaruh Perlakuan terhadap Kandungan Hara Tanah dan Jaringan Daun

Kandungan hara tersedia tanah dan jaringan daun padi pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi pupuk Vitamik Concentrate tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan B dan Zn dalam tanah. Kandungan B tanah berkisar antara 103,23–182,52 mg kg⁻¹, sedangkan Zn tanah berkisar antara 42,25–49,65 mg kg⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk belum mampu meningkatkan ketersediaan B dan Zn tanah secara nyata selama periode penelitian.

Kandungan B daun juga tidak berbeda nyata antar perlakuan, namun menunjukkan kecenderungan meningkat pada perlakuan P5, P6, dan P7. Sebaliknya, kandungan Zn daun menunjukkan perbedaan nyata, dengan nilai tertinggi pada P3 sebesar 23,63 mg kg⁻¹ dan terendah pada P2 sebesar 10,51 mg kg⁻¹. Hasil ini mengindikasikan bahwa unsur Zn dari pupuk lebih responsif diserap dan terakumulasi dalam jaringan tanaman dibandingkan perubahan kandungannya di dalam tanah.

Peningkatan kandungan B dan Zn pada jaringan tanaman menunjukkan bahwa kedua unsur tersebut tersedia dan dapat dimanfaatkan tanaman untuk mendukung pertumbuhan. Boron berperan dalam pembelahan sel dan translokasi karbohidrat,

sedangkan Zn berfungsi sebagai aktivator enzim dan pembentukan hormon pertumbuhan (Farooq et al., 2018; Noulas et al., 2018). Dengan demikian, aplikasi Vitamik Concentrate berpotensi meningkatkan status hara mikro tanaman melalui peningkatan akumulasi B dan Zn pada jaringan daun.

Tabel 2. Kandungan hara tersedia tanah dan kandungan hara jaringan daun padi pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Unsur (mg/kg)			
	B		Zn	
	Tanah	Daun	Tanah	Daun
P0	113.18 a	33.12 a	47.79 a	16.24 ab
P1	126.67 a	49.27 a	44.59 a	12.91 ab
P2	103.23 a	64.41 a	42.25 a	10.51 b
P3	117.18 a	14.44 a	44.72 a	23.63 a
P4	128.16 a	53.20 a	43.67 a	13.72 ab
P5	182.52 a	123.29 a	46.91 a	17.22 ab
P6	136.38 a	114.34 a	49.65 a	18.23 ab
P7	116.60 a	134.00 a	49.49 a	16.12 ab
CV (%)	36.27	73.84	9.89	24.96

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan berdasarkan uji Tukey pada taraf nyata 5%.

Pengaruh Perlakuan terhadap Serapan Hara Jaringan Tanaman

Serapan unsur B dan Zn tanaman padi pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi pupuk Vitamik Concentrate tidak berpengaruh nyata terhadap serapan B tanaman. Serapan B berkisar antara 0,04–0,62 mg tanaman⁻¹ dengan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan P5 dan P6. Meskipun demikian, terdapat kecenderungan peningkatan serapan B pada perlakuan yang memperoleh aplikasi pupuk dibandingkan kontrol.

Sebaliknya, serapan Zn menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan. Serapan Zn tertinggi diperoleh pada perlakuan P6 sebesar 24,37 mg tanaman⁻¹ dan berbeda nyata dibandingkan beberapa perlakuan lainnya, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan P3 sebesar 0,54 mg tanaman⁻¹. Tingginya serapan Zn menunjukkan bahwa unsur Zn yang diberikan melalui pupuk tersedia dan dapat diserap secara efektif oleh tanaman.

Peningkatan serapan Zn berkaitan dengan perannya sebagai aktivator enzim, sintesis protein, pembentukan klorofil, dan hormon pertumbuhan yang mendukung perkembangan tanaman (Noulas et al., 2018). White dan Broadley (2011) menyatakan bahwa kecukupan Zn dalam jaringan tanaman berperan penting dalam meningkatkan

efisiensi fotosintesis dan akumulasi biomassa.

Secara umum, aplikasi pupuk Vitanik Concentrate lebih efektif meningkatkan serapan Zn dibandingkan serapan B. Hal ini menunjukkan bahwa Zn yang terkandung dalam pupuk memiliki ketersediaan yang baik sehingga dapat dimanfaatkan tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitas padi.

Tabel 3. Serapan hara jaringan tanaman pada berbagai perlakuan

Perlakuan	mg tanaman ⁻¹	
	B	Zn
P0	0.08 a	1.41 b
P1	0.12 a	2.01 b
P2	0.29 a	4.05 b
P3	0.04 a	0.54 b
P4	0.20 a	5.07 b
P5	0.62 a	15.00 ab
P6	0.62 a	24.37 a
P7	0.59 a	10.31 ab
CV (%)	83.37	72.79

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan berdasarkan uji Tukey pada taraf nyata 5%.

Pengaruh Perlakuan terhadap Pertumbuhan Vegetatif dan Produktivitas

Tinggi tanaman padi meningkat seiring bertambahnya umur tanaman pada seluruh perlakuan, namun aplikasi pupuk Vitanik Concentrate tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman hingga umur 10 MSA. Pada akhir pengamatan, tinggi tanaman berkisar antara 102,75–107,15 cm dengan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan P5. Hasil ini menunjukkan bahwa ketersediaan Zn dan B belum mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman secara nyata pada kondisi penelitian. Husnain et al. (2019) melaporkan bahwa respons pertumbuhan vegetatif terhadap unsur mikro sangat dipengaruhi oleh kondisi kesuburan tanah dan ketersediaan hara awal.

Jumlah anakan menunjukkan respons yang lebih baik dibandingkan tinggi tanaman. Pada umur 6 dan 8 MSA, perlakuan P1 menghasilkan jumlah anakan tertinggi masing-masing sebesar 18,20 dan 19,15 batang rumpun⁻¹, sedangkan kontrol menghasilkan jumlah anakan terendah. Peningkatan jumlah anakan diduga berkaitan dengan peran Zn dalam sintesis hormon pertumbuhan dan aktivasi enzim yang mendukung pembelahan sel tanaman (White dan Broadley, 2011; Noulas et al., 2018).

Selain Zn, unsur B berperan dalam pembentukan dinding sel, perkembangan jaringan meristem, dan translokasi fotosintat yang mendukung pertumbuhan tanaman

(Farooq et al., 2018). Songsri et al. (2023) dan Daud et al. (2024) melaporkan bahwa kecukupan boron mampu memperbaiki performa agronomis tanaman padi melalui peningkatan aktivitas fisiologis dan efisiensi pemanfaatan hara.

Secara umum, aplikasi Vitamik Concentrate belum meningkatkan tinggi tanaman secara nyata, tetapi mampu meningkatkan jumlah anakan pada beberapa perlakuan. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi Zn dan B lebih berpengaruh terhadap pembentukan anakan dibandingkan pertumbuhan tinggi tanaman, yang selanjutnya berpotensi mendukung peningkatan produktivitas padi (Laik et al., 2021; Yogi et al., 2024). Data tinggi tanaman dan jumlah anakan pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 4.

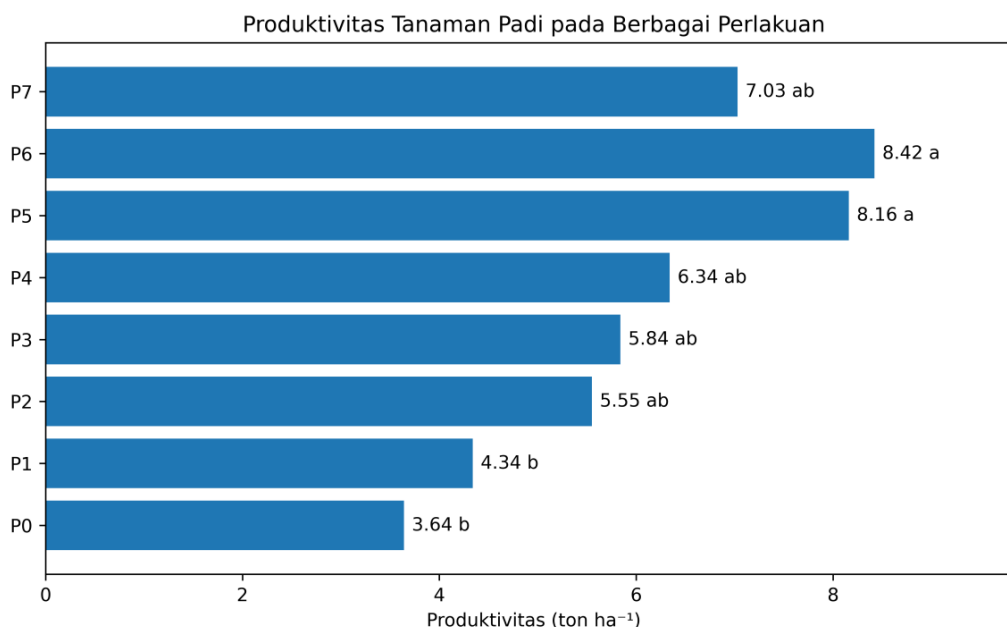
Tabel 4. Respons tinggi tanaman dan jumlah anakan padi terhadap perlakuan

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)					Jumlah Anakan	
	2 MSA	4 MSA	6 MSA	8 MSA	10 MSA	6 MSA	8 MSA
P0	37.30 a	70.35 a	87.75 a	100.95 a	103.45 a	11.35 c	13.50 c
P1	39.30 a	71.45 a	88.50 a	101.00 a	102.75 a	18.20 a	19.15 a
P2	36.45 a	69.50 a	88.95 a	101.85 a	104.50 a	14.90 abc	16.45 abc
P3	40.30 a	72.25 a	90.25 a	102.65 a	104.55 a	14.40 abc	15.43 abc
P4	38.05 a	72.70 a	91.15 a	103.95 a	106.05 a	17.25 ab	18.00 ab
P5	41.25 a	72.35 a	92.85 a	105.05 a	107.15 a	13.50 bc	14.65 bc
P6	42.25 a	72.95 a	90.95 a	103.95 a	106.05 a	15.65 abc	16.70 abc
P7	38.15 a	71.75 a	88.80 a	101.60 a	103.70 a	14.65 abc	15.63 abc
CV (%)	9.02	4.43	4.07	3.23	3.13	12.95	11.51

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan berdasarkan uji Tukey pada taraf nyata 5%.

Produktivitas padi menunjukkan respons yang lebih nyata terhadap aplikasi pupuk Vitamik Concentrate dibandingkan parameter pertumbuhan vegetatif. Produktivitas tertinggi diperoleh pada perlakuan P6 sebesar 8,42 ton ha⁻¹ yang tidak berbeda nyata dengan P5 (8,16 ton ha⁻¹), namun lebih tinggi dibandingkan kontrol (P0) yang hanya menghasilkan 3,64 ton ha⁻¹. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi Vitamik Concentrate mampu meningkatkan produktivitas padi hingga 131,3% dibandingkan tanpa perlakuan.

Peningkatan produktivitas tersebut diduga berkaitan dengan peran Zn dan B dalam mendukung proses fisiologis tanaman. Zn berfungsi dalam sintesis protein, pembentukan klorofil, dan aktivitas enzim yang berpengaruh terhadap akumulasi biomassa dan pembentukan hasil (White dan Broadley, 2011; Noulas et al., 2018). Sementara itu, B berperan dalam translokasi fotosintat, pembentukan organ reproduktif, dan pengisian gabah sehingga mendukung peningkatan hasil panen (Farooq et al., 2018; Songsri et al., 2023). Oleh karena itu, kombinasi kedua unsur mikro tersebut dalam Vitamik Concentrate berpotensi meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara dan produktivitas tanaman padi.



Gambar 2. Produktivitas tanaman padi pada berbagai perlakuan.

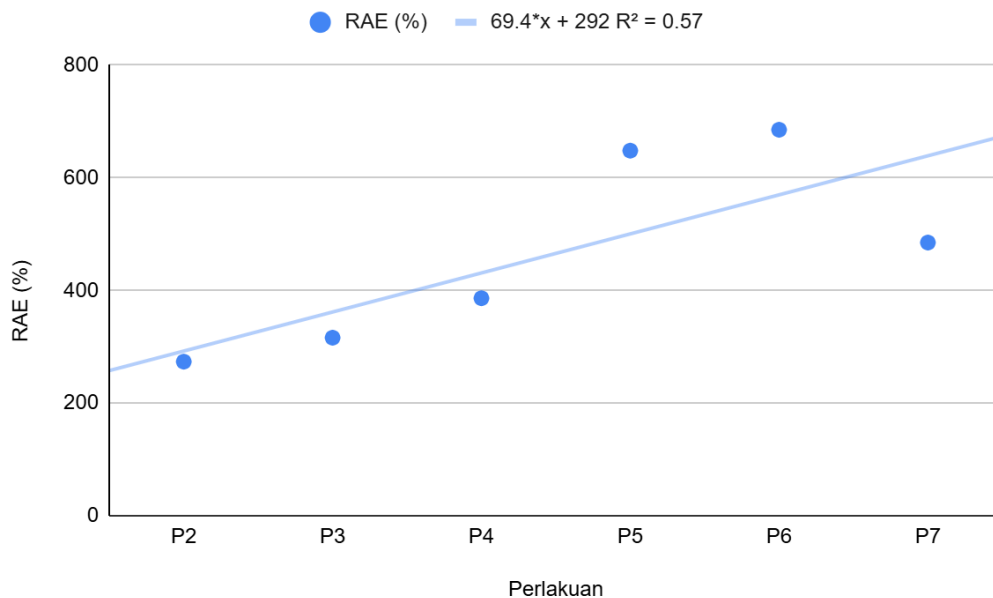
Relative Agronomic Effectiveness (RAE)

Nilai Relative Agronomic Effectiveness (RAE) menunjukkan efektivitas agronomis pupuk Vitanik Concentrate dibandingkan perlakuan pembanding. Berdasarkan grafik, nilai RAE cenderung meningkat dari perlakuan P2 hingga P6 dengan kisaran sekitar 270–690%. Nilai RAE tertinggi diperoleh pada perlakuan P6, diikuti oleh P5, sedangkan nilai terendah terdapat pada P2. Seluruh perlakuan yang dievaluasi memiliki nilai RAE di atas 100%, yang menunjukkan bahwa aplikasi pupuk Vitanik Concentrate mampu memberikan respons agronomis yang lebih baik dibandingkan perlakuan acuan. Menurut kriteria efektivitas pupuk, nilai RAE yang melebihi 100% mengindikasikan bahwa pupuk yang diuji memiliki efektivitas yang tinggi dalam meningkatkan hasil tanaman.

Hubungan antara perlakuan dan nilai RAE menunjukkan kecenderungan linier positif yang ditunjukkan oleh persamaan regresi $RAE = 69,4x + 292$ dengan nilai $R^2 = 0,57$. Nilai R^2 tersebut menunjukkan bahwa sekitar 57% variasi nilai RAE dapat dijelaskan oleh perlakuan yang diberikan, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti kondisi lingkungan, ketersediaan hara tanah, dan respons fisiologis tanaman. Tingginya nilai RAE pada perlakuan P5 dan P6 mengindikasikan bahwa kombinasi dosis pupuk pada perlakuan tersebut mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur Zn dan B sehingga memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap peningkatan produktivitas padi. Dengan demikian, perlakuan P5 dan P6 dapat dianggap sebagai perlakuan yang paling efektif

berdasarkan parameter efektivitas agronomis relatif.

Peningkatan nilai RAE pada perlakuan dengan produktivitas yang lebih tinggi menunjukkan bahwa unsur Zn dan B yang terkandung dalam Vitamik Concentrate mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara oleh tanaman. Zn diketahui berperan dalam aktivasi enzim, sintesis protein, dan pembentukan hormon pertumbuhan, sedangkan B berperan dalam pembelahan sel, translokasi fotosintat, serta perkembangan organ reproduktif tanaman (Farooq et al., 2018; Noulas et al., 2018). Ketersediaan kedua unsur tersebut dalam jumlah yang cukup dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif, pembentukan anakan produktif, serta pengisian gabah yang lebih baik. Hasil ini sejalan dengan penelitian Songsri et al. (2023) dan Daud et al. (2024) yang melaporkan bahwa aplikasi unsur mikro, khususnya boron, mampu meningkatkan efisiensi agronomis dan hasil tanaman padi.



Gambar 3. Nilai RAE perlakuan penambahan pupuk Vitamik Concentrate.

KESIMPULAN DAN SARAN

Aplikasi pupuk Vitamik Concentrate mampu meningkatkan produktivitas tanaman padi dibandingkan kontrol. Produktivitas tertinggi diperoleh pada perlakuan P6 sebesar 8,42 ton ha⁻¹, meningkat 131,3% dibandingkan kontrol yang hanya menghasilkan 3,64 ton ha⁻¹. Peningkatan hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan Zn dan B dalam Vitamik Concentrate efektif meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara dan mendukung

produktivitas tanaman padi. Berdasarkan nilai hasil panen dan efektivitas agronomis relatif (RAE), perlakuan P6 merupakan perlakuan yang paling efektif untuk meningkatkan hasil tanaman padi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih kepada PT Ditya Chemindo atas dukungan pendanaan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Baligar, V.C., N.K. Fageria, Z.L. He. 2021. Nutrient use efficiency in plants: An overview. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 52(6):637–650.
- Barokah, U., U. Susanto, M. Swamy. 2018. High-zinc rice as a breakthrough for high nutritional rice breeding program. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 129(1):012004.
- Daud, M.F., S. Nordin, M.A. Tajudin, N.A. Shamsudin. 2024. Potential of boron nutrition on agronomic performance and yield attributes of two high yielding rice varieties in Malaysia. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 1397(1).
- Eviati, Sulaeman, W. Purwakusuma, R. Hidayati, A. Pramono, A. Yuniarti. 2023. *Petunjuk Teknis Edisi 3: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Indonesia.
- Farooq, M., A. Rashid, F. Nadeem, S. Stuerz, F. Asch, R.W. Bell, K.H.M. Siddique. 2018. Boron nutrition of rice in different production systems: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 38(3):25.
- Husnain, H., D. Setyorini, Asmarhansyah. 2019. The effects of micronutrients on growth and yield of lowland rice grown on Typic Dystrudept soil. *J. Trop. Soils* 24(3):89–98.
- Laik, R., S.K. Singh, B. Pramanick, V. Kumari, D. Nath, M. Alhomrani, A. Gaber, A. Hossain. 2021. Improved method of boron fertilization in rice (*Oryza sativa* L.)–mustard (*Brassica juncea* L.) cropping system in upland calcareous soils. *Sustainability* 13(9):5037.
- Montgomery, D.C. 2017. *Design and Analysis of Experiments*. 9th ed. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Noulas, C., M. Tziouvalekas, T. Karyotis. 2018. Zinc in soils, water and food crops. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 49:252–260.

- Nurhidayat, R.P., E. Azizah. 2024. Analisis kandungan zinc pada berbagai organ tanaman beberapa varietas tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agrotech* 14(2):89–97.
- Shrestha, S., M. Becker, J.P.A. Lamers, A.M. Whitbread. 2020. Boron and zinc fertilizer applications are essential in emerging vegetable-based crop rotations in Nepal. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 183(6):763–774.
- Songsri, J., S. Yamuangmorn, S. Lordkaew, S. Jumrus, B. Dell, B. Rerkasem, C. Prom-U-Thai. 2023. Efficacy of soil and foliar boron fertilizer on boron uptake and productivity in rice. *Agronomy* 13(3):692.
- Susanti, W.I., S.N. Cholidah, F. Agus. 2024. Agroecological nutrient management strategy for attaining sustainable rice self-sufficiency in Indonesia. *Sustainability* 16(2):845.
- White, P.J., M.R. Broadley. 2011. Physiological limits to zinc biofortification of edible crops. *Front. Plant Sci.* 2:80.
- Yogi, L.N., S. Bhandari, T. Thalal, M. Bhattarai. 2024. Enhancing rice yields through foliar application of essential micronutrients: A study on zinc, copper and boron nutrition in the context of Nepal. *Bangladesh J. Agric. Environ.*