

## **Pengaruh pemberian pupuk Fe terhadap pertumbuhan, produksi, dan kelayakan ekonomi tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*)**

### ***The effect of Fe fertilizer on growth, production, and economic feasibility of tomato plants (*Solanum lycopersicum*)***

**Hafith Furqoni**

Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB University  
Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia

\*Corresponding author: hafithfurqoni@ipb.ac.id

#### **ABSTRACT**

*Plants require nutrients to carry out various essential physiological processes in their lives. Iron (Fe) is one of the important micronutrients that are essential for plant growth and reproduction. Although plants only need Fe in relatively small amounts, compounds containing Fe play a crucial role in various physiological processes. The purpose of this study was to determine the effectiveness of Fe fertilizer on yield and economic feasibility in tomato plants. The experiment was arranged in a randomized block design with 7 treatments and 4 replications. The treatments used were without inorganic fertilization (P0), comparison inorganic fertilization (P1), and 5 levels of inorganic Fe fertilization: 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, and 3.0 l/ha of inorganic Fe fertilizer applied at 4, 6, 8, and 10 weeks after planting (WAP). The results of the experiment showed that the application of 1.25 doses of inorganic Fe fertilizer (2.5 l/ha/application) resulted in the highest plant growth and yield components and tomato yield compared to the control treatment. That treatment also showed the most effective dose agronomically and economically. The recommended dose for tomato plants is 2.5 l/ha/application applied 4 times, namely at 4, 6, 8, and 10 WAP by foliar spray.*

**Keywords:** *compound fertilizer, economic benefits, horticultural crops, productivity*

#### **PENDAHULUAN**

Tanaman memerlukan nutrisi untuk menjalankan berbagai proses fisiologis yang esensial dalam kehidupannya. Nutrisi tersebut dapat diperoleh melalui penyediaan unsur hara langsung dari media tanam atau tanah, namun aplikasi secara foliar (penyemprotan melalui daun) juga telah terbukti efektif dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi pada masa kritis pertumbuhan tanaman (Pooja & Ameena, 2021; Hu et al., 2008; Islam et al., 2023). Pemberian nutrisi melalui kedua metode ini memungkinkan tanaman untuk memperoleh unsur hara dengan cepat maupun secara bertahap, tergantung pada kondisi lingkungan dan fase pertumbuhan yang sedang berlangsung (Pooja & Ameena, 2020; Hu et al., 2008; Akbar et al., 2020). Unsur hara yang dibutuhkan tanaman umumnya dikategorikan menjadi dua kelompok, yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro, misalnya nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S), berperan penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan karena dibutuhkan dalam jumlah besar. Di sisi lain, unsur hara mikro, meskipun diperlukan dalam jumlah yang jauh lebih sedikit, tetap krusial untuk mendukung berbagai reaksi enzimatik dan proses biokimia dalam tanaman.

Besi (Fe) merupakan salah satu unsur hara mikro penting yang esensial bagi pertumbuhan dan reproduksi tanaman, termasuk diantara 16 unsur hara yang diperlukan oleh

tanaman (Rodríguez-Celma et al., 2013). Walaupun tanaman hanya membutuhkan Fe dalam jumlah yang relatif kecil, senyawa-senyawa yang mengandung Fe berperan krusial dalam berbagai proses fisiologis. Sekitar 80% Fe terakumulasi di sel-sel fotosintetik, dimana Fe berkontribusi dalam biosintesis sitokrom, molekul heme, dan pembentukan kluster Fe-S yang sangat penting untuk sistem transport elektron serta pembentukan klorofil (Van Hoewyk et al., 2007; Obi et al., 2022). Dalam aparatus fotosintesis, distribusi atom Fe yang spesifik—misalnya, dua atau tiga atom di komponen yang terkait langsung dengan fotosistem II (PS-II), dua belas atom pada fotosistem I (PS-I), lima atom di kompleks sitokrom, dan dua atom dalam molekul ferredoksin—menggarisbawahi peran langsung Fe dalam menjaga efisiensi proses fotosintesis dan transport elektron (Rodríguez-Celma et al., 2013). Keterlibatan Fe dalam biosintesis klorofil juga sangat fundamental, sebab ketidakcukupan unsur ini berhubungan erat dengan timbulnya klorosis, kondisi yang secara langsung mengganggu kemampuan tanaman dalam menjalankan fungsi enzimatik yang terkait dengan pembentukan klorofil (Rodríguez-Celma et al., 2013; Sun et al., 2021).

Kekurangan besi (Fe) dalam tanaman mengakibatkan penurunan komponen-komponen fotosintesis, termasuk protein ferredoksin (Fd) yang memiliki peran penting dalam jalur oksidasi di kloroplas. Ferredoksin berfungsi sebagai pembawa elektron, yang secara reversibel mengubah keadaan oksidasi dari  $Fe^{2+}$  ke  $Fe^{3+}$  selama transfer elektron, sehingga memastikan kelancaran rantai transportasi elektron (Tognetti et al., 2006; Hanke & Mulo, 2013). Peran kunci ferredoksin dalam proses fotosintesis, keterbatasan Fe menyebabkan efisiensi fotosintesis menurun dan berimbas pada penurunan kinerja sistem oksidasi di dalam kloroplas. Selain itu, gejala defisiensi besi pada tanaman biasanya berupa klorosis interveinal—suatu kondisi yang mirip dengan defisiensi magnesium—dimana daun muda menunjukkan warna kuning di antara vena (Tognetti et al., 2006). Gejala ini sejalan dengan hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa kekurangan unsur besi mengganggu biosintesis molekul penting seperti klorofil, serta mempengaruhi pembentukan sistem perakaran. Kondisi ini menyebabkan tanaman menunjukkan pertumbuhan yang terhambat dan pada kasus yang parah dapat berujung pada kematian (Michel et al., 2019; Rodríguez-Celma et al., 2013). Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan unsur hara besi bagi tanaman sangat penting dalam menunjang pertumbuhan dan produksi tanaman.

Menurut Permentan nomor 43 tahun 2011, pupuk harus memperoleh izin pendaftaran dari Kementerian Pertanian sebelum diedarkan. Hal tersebut untuk menjamin mutu maupun efektivitas pupuk. Untuk itu, setiap pupuk yang akan diedarkan di wilayah NKRI harus terlebih dahulu lulus uji mutu dan efektivitas. Uji mutu pupuk adalah analisis laboratorium untuk mengetahui kandungan unsur hara suatu pupuk sesuai standar syarat teknis minimal, sedangkan uji efektivitas dilakukan di lapangan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman maupun efektivitas secara agronomi maupun ekonomi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui efektivitas pupuk Fe terhadap hasil dan kelayakan ekonomi pada tanaman tomat.

## **MATERI DAN METODE**

### **Tempat dan waktu penelitian**

Pengujian dilaksanakan di Kebun Percobaan IPB Pasir Sarongge, Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Pengujian dilaksanakan selama 5 bulan mulai dari bulan November 2017 hingga bulan April 2018.

### **Bahan dan alat**

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah benih tomat varietas Marta dan pupuk anorganik Fe yang diuji efektivitasnya, pupuk urea, SP-36, dan KCl. Alat-alat yang digunakan antara lain alat-alat budidaya (cangkul, koret, sprayer), ajir sampel. Alat yang digunakan untuk mengolah data yaitu komputer dan program analisis statistik SAS. Berdasarkan hasil analisis

laboratorium SUCOFINDO, Cibitung, Bekasi tertanggal 11 Oktober 2017, kandungan dan komposisi pupuk anorganik Fe disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi dan kandungan hara pupuk anorganik Fe berdasarkan hasil uji laboratorium.

Parameter	Satuan	Hasil
Fe	%	6.12
Moisture Content	%	0.14
As	ppm	Below 0.002
Hg	ppm	Below 0.001
Cd	ppm	Below 0.002
Pb	ppm	2.63

### Metode pengujian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) non faktorial dengan 4 ulangan. Perlakuan disusun dalam 7 taraf pemupukan yaitu: tanpa pupuk anorganik yang diuji (P0), pemupukan pupuk anorganik pembanding (P1), pemupukan 0.5 dosis pupuk anorganik Fe (P2), pemupukan 0.75 dosis pupuk anorganik Fe (P3), pemupukan 1 dosis pupuk anorganik Fe (P4), pemupukan 1.25 dosis pupuk anorganik Fe (P5), pemupukan 1.5 dosis pupuk anorganik Fe (P6). Dengan empat ulangan setiap perlakuan sehingga terdapat 28 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan adalah pertanaman dengan luas 25 m<sup>2</sup>. Secara rinci perlakuan yang dicobakan dalam pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rincian dosis perlakuan kontrol, pupuk pembanding, dan pupuk anorganik Fe.

Perlakuan	Konsentrasi pupuk anorganik Fe (g/L air)	Dosis pupuk anorganik Fe (L/ha/aplikasi)	Dosis Pembanding (L/ha/aplikasi)
Kontrol	-	-	-
Pembanding	-	-	2
0.50 dosis pupuk anorganik Fe	2	1.0	-
0.75 dosis pupuk anorganik Fe	3	1.5	-
1.00 dosis pupuk anorganik Fe	4	2.0	-
1.25 dosis pupuk anorganik Fe	5	2.5	-
1.50 dosis pupuk anorganik Fe	6	3.0	-

*Keterangan: Volume semprot = 500 L/ha; Seluruh perlakuan diaplikasikan pupuk dasar menggunakan 350 kg/ha Urea, 300 kg/ha SP-36, dan 350 kg/ha KCl.*

### Metode pelaksanaan percobaan

Lahan diolah sempurna dengan pencangkulan dua kali hingga siap tanam. Pengolahan tanah kedua dilanjutkan dengan pembuatan guludan selebar 1 m. Jarak antar guludan sekitar 50 cm. Dalam satu unit (satuan pengujian) terdiri dari 5 bedengan (guludan) dan panjang guludan 5 m. Bibit dipindahtanamkan pada umur sekitar 4 minggu saat sudah memiliki 6 daun. Jarak tanam yang digunakan adalah 60 cm x 60 cm dengan satu tanaman/lubang tanam.

Aplikasi pupuk anorganik Fe dilakukan 4 (empat) kali yaitu pada 4, 6, 8 dan 10 MST (minggu setelah tanam) dengan cara disemprotkan ke tajuk tanaman (*foliar spray*) dengan dosis per aplikasi yang disajikan pada Tabel 2. Seluruh perlakuan diaplikasikan pupuk dasar menggunakan 350 kg/ha Urea, 300 kg/ha SP-36, dan 350 kg/ha KCl. Pupuk urea diaplikasikan 2 kali, 50% dosis diaplikasikan pada 1 MST dan sisanya diaplikasikan pada 4 MST. Pupuk SP-36 dan KCl diaplikasikan pada 1 MST. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan sesuai dengan tingkat serangan dengan pestisida secara terbatas.

### Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada parameter pertumbuhan meliputi tinggi tanaman, jumlah cabang, dan jumlah tandan bunga. Pengamatan dilakukan pada 5 tanaman contoh yang ditentukan secara acak. Selain itu, pengamatan hasil dan komponen hasil juga diamati meliputi jumlah buah/tanaman, bobot per 10 buah, hasil buah/tanaman, hasil ubinan dan hasil/ha yang dikonversi dari hasil ubinan.

### Analisis data

Data dianalisis secara statistik menggunakan sidik ragam dan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Analisis usahatani menggunakan perhitungan analisis ekonomi dengan peubah keuntungan dan R/C. Model linear aditif yang digunakan dalam analisis statistik ini adalah:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + \xi_j + \epsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  : tanggap tanaman karena pengaruh perlakuan pemupukan ke  $i$  dan kelompok ke  $j$

$\mu$  : rata-rata umum

$P_i$  : pengaruh perlakuan pupuk ke  $i$

$\xi_j$  : pengaruh kelompok ke  $j$

$\epsilon_{ij}$  : galat perlakuan pupuk  $i$  dan kelompok ke  $j$

### Metode penilaian

- Pupuk dinilai lulus uji efektifitas secara teknis apabila perlakuan pupuk anorganik merk MerokeMIKRO secara statistik sama dengan perlakuan pembanding atau lebih baik dibanding perlakuan kontrol pada taraf nyata 5%.
- Pupuk dinilai lulus uji efektifitas secara ekonomis apabila analisis ekonomi usahatannya menguntungkan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### *Pengaruh pupuk anorganik Fe terhadap pertumbuhan tanaman tomat*

Pemberian pupuk anorganik Fe menunjukkan hasil yang berbeda terhadap tinggi tanaman tomat (Tabel 3). Aplikasi dosis pupuk anorganik Fe yang berbeda menunjukkan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan kontrol pada 8 MST. Meskipun taraf dosis pupuk anorganik Fe yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan tinggi tanaman yang signifikan.

Tabel 3. Tinggi tanaman tomat pada perlakuan pupuk anorganik Fe.

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)			
	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST
Kontrol	48.6a	58.9b	89.3a	101.1b
Pembanding	57.0a	76.1a	95.1a	117.0a
0.50 dosis pupuk anorganik Fe	55.7a	78.6a	96.0a	113.5a
0.75 dosis pupuk anorganik Fe	52.8a	74.6a	95.3a	110.7a
1.00 dosis pupuk anorganik Fe	57.4a	75.5a	95.2a	112.7a
1.25 dosis pupuk anorganik Fe	54.3a	75.7a	92.0a	113.1a
1.50 dosis pupuk anorganik Fe	59.5a	75.5a	95.6a	114.5a

Keterangan: angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berpengaruh nyata menurut uji DMRT taraf 5 %

Aplikasi pupuk anorganik Fe memberikan respon yang nyata terhadap jumlah cabang tanaman tomat (Tabel 4). Aplikasi dosis tinggi (1.00 – 1.25) pupuk anorganik Fe menunjukkan

jumlah cabang yang lebih banyak dibandingkan dengan kontrol pada 5 MST. Namun pada akhir pengamatan 8 MST, perlakuan 0.75 – 1.25 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan jumlah cabang tanaman tomat yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Jumlah tandan bunga tanaman tomat dipengaruhi oleh pemberian pupuk anorganik Fe (Tabel 5). Taraf dosis yang berbeda belum menunjukkan perbedaan jumlah tandan bunga pada awal pengamatan (5 MST). Pada minggu selanjutnya, pemberian 0.5 – 1.5 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan jumlah tandan bunga yang lebih banyak jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Trend positif tersebut berlanjut hingga akhir pengamatan di 8 MST. Pada akhir pengamatan, taraf dosis pupuk anorganik Fe yang berbeda menunjukkan jumlah tandan yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan pembanding.

Tabel 4. Jumlah cabang tanaman tomat pada perlakuan pupuk anorganik Fe.

Perlakuan	Jumlah Cabang			
	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST
Kontrol	9.9b	12.4b	18.6a	20.0b
Pembanding	10.3ab	13.0ab	19.0a	23.2ab
0.50 dosis pupuk anorganik Fe	10.1b	13.5ab	18.7a	23.0ab
0.75 dosis pupuk anorganik Fe	10.7ab	13.5ab	18.7a	24.4a
1.00 dosis pupuk anorganik Fe	11.2a	13.9a	19.2a	25.3a
1.25 dosis pupuk anorganik Fe	11.4a	13.2ab	18.6a	24.9a
1.50 dosis pupuk anorganik Fe	10.5ab	13.7ab	18.5a	22.9ab

*Keterangan: angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berpengaruh nyata menurut uji DMRT taraf 5 %*

Tabel 5. Jumlah tandan bunga tanaman tomat pada perlakuan pupuk anorganik Fe.

Perlakuan	Jumlah Tandan Bunga			
	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST
Kontrol	0.5a	3.4b	4.7c	6.1d
Pembanding	0.5a	3.9a	5.6b	6.8c
0.50 dosis pupuk anorganik Fe	0.4a	3.9a	6.1ab	7.5b
0.75 dosis pupuk anorganik Fe	0.3a	3.8a	5.9ab	7.8ab
1.00 dosis pupuk anorganik Fe	0.3a	3.9a	6.3a	7.7ab
1.25 dosis pupuk anorganik Fe	0.5a	3.8a	6.3a	7.9a
1.50 dosis pupuk anorganik Fe	0.4a	3.8a	6.5a	7.6ab

*Keterangan: angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berpengaruh nyata menurut uji DMRT taraf 5 %*

### ***Pengaruh pupuk anorganik Fe terhadap komponen hasil dan hasil tanaman tomat***

Pemberian pupuk anorganik Fe memberikan respon yang nyata terhadap jumlah buah per tanaman tomat (Tabel 6). Pemberian 0.5 – 1.5 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan jumlah buah yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pemberian dosis pupuk anorganik Fe yang berbeda dapat menghasilkan 86.3 – 95.0 buah per tanaman, sedangkan tanaman yang tidak diberikan pupuk anorganik Fe hanya menghasilkan 66.7 buah per tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk anorganik Fe dapat meningkatkan jumlah buah per tanaman.

Pemberian pupuk anorganik Fe memberikan respon yang berbeda nyata terhadap bobot 10 buah tomat (Tabel 6). Pemberian 0.75 – 1.25 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan bobot 10 buah yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Tanaman tomat yang diberikan dosis pupuk anorganik Fe tersebut menghasilkan bobot 10 buah berkisar antara 1125.8 – 1139.2 g, sedangkan bobot 10 buah pada tanaman kontrol hanya 985 g. Hal ini

menunjukkan bahwa pemberian yang tepat pada dosis tertentu dapat memperbesar buah sehingga meningkatkan bobot 10 buah tanaman tomat.

Tabel 6. Jumlah buah per tanaman dan bobot 10 buah tanaman tomat pada perlakuan pupuk anorganik Fe.

Perlakuan	Jumlah buah/Tanaman	Bobot 10 buah
Kontrol	66.7c	985.0b
Pembanding	80.7b	1035.8ab
0.50 dosis pupuk anorganik Fe	90.7ab	1087.5ab
0.75 dosis pupuk anorganik Fe	86.3ab	1125.8a
1.00 dosis pupuk anorganik Fe	92.7ab	1139.2a
1.25 dosis pupuk anorganik Fe	88.3ab	1128.3a
1.50 dosis pupuk anorganik Fe	95.0b	1091.7ab

*Keterangan: angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berpengaruh nyata menurut uji DMRT taraf 5 %*

Aplikasi pupuk anorganik Fe juga memberikan respon yang nyata terhadap hasil/tanaman, hasil/petak, dan hasil/ha (Tabel 7). Pemberian 0.5 – 1.5 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan hasil/tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrol sebesar 7566.7 – 8370.0 g, sedangkan perlakuan kontrol hanya menghasilkan 5903.3 g per tanaman. Aplikasi 0.5 – 1.5 dosis pupuk anorganik Fe juga menunjukkan hasil/petak yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pada aplikasi dosis tersebut, tanaman tomat dapat menghasilkan berkisar antara 33.3 – 37.0 kg per petak. Hasil/petak juga berkorelasi positif terhadap hasil/ha. Pada taraf dosis yang sama, pemberian pupuk anorganik Fe juga meningkatkan hasil/ha yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Tabel 7. Hasil tanaman tomat pada perlakuan pupuk anorganik Fe.

Perlakuan	Hasil/ Tanaman (g)	Hasil/ Petak (kg)	Hasil/ha (kg/ha)
Kontrol	5903.3c	29.5d	11813d
Pembanding	6880.0bc	31.8cd	12733cd
0.50 dosis pupuk anorganik Fe	7566.7ab	33.3bc	13320bc
0.75 dosis pupuk anorganik Fe	7573.3ab	34.7abc	13880abc
1.00 dosis pupuk anorganik Fe	8370.0a	35.5ab	14200ab
1.25 dosis pupuk anorganik Fe	8126.7ab	37.0a	14800ab
1.50 dosis pupuk anorganik Fe	7793.3ab	35.0abc	14013abc

*Keterangan: angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berpengaruh nyata menurut uji DMRT taraf 5 %*

### **Nilai efektivitas agronomi relatif (EAR)**

Efektivitas agronomi relatif merupakan salah satu ukuran efektivitas suatu pupuk. Suatu pupuk dinyatakan efektif secara agronomi apabila memiliki nilai efektivitas agronomi relatif >100. Dengan nilai efektivitas agronomi relatif >100 berarti pupuk tersebut dapat meningkatkan hasil lebih besar jika dibandingkan dengan peningkatan hasil pupuk pembanding terhadap kontrol.

Hasil nilai efektivitas agronomi relatif menunjukkan bahwa perlakuan 0.5 – 1.5 dosis pupuk anorganik Fe efektif secara agronomi karena memiliki nilai >100 yang artinya bahwa peningkatan yang disebabkan oleh pupuk anorganik Fe lebih tinggi dibandingkan dengan peningkatan yang disebabkan oleh pupuk pembanding. Pada percobaan ini perlakuan 1.25 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan perlakuan yang paling efektif secara agronomi.

Tabel 8. Pengaruh pupuk anorganik Fe terhadap nilai efektivitas agronomi relatif.

Perlakuan	Efektivitas Agronomi Relatif (%)
Kontrol	-
Pembanding	-
0.50 dosis pupuk anorganik Fe	164
0.75 dosis pupuk anorganik Fe	225
1.00 dosis pupuk anorganik Fe	259
1.25 dosis pupuk anorganik Fe	325
1.50 dosis pupuk anorganik Fe	239

### ***Analisis tanah***

Analisis tanah dilakukan sebelum maupun setelah pengujian. Analisis tanah awal sebelum perlakuan dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah, sedangkan analisis setelah pengujian untuk mengetahui pengaruh pupuk yang diaplikasikan terhadap kesuburan tanah. Hasil analisis tanah disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil analisis tanah sebelum dan sesudah percobaan pada perlakuan pupuk anorganik Fe pada tanaman tomat.

Jenis Analisis	Sebelum	Setelah Panen (Percobaan)						
		P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6
pH H <sub>2</sub> O	5.11	5.10	5.24	5.17	5.15	5.20	5.24	5.16
Fe (ppm)	18.0	19.0	20.7	22.0	22.4	20.0	23.6	23.4

Hasil analisis tanah menunjukkan pH tanah masih tergolong rendah baik sebelum dan sesudah perlakuan. Selain itu, kandungan unsur hara mikro pada awal dan akhir pengamatan juga menunjukkan tidak terlihat perbedaan yang signifikan terhadap kandungan di dalam tanah. Hal ini diduga karena aplikasi pemupukan melalui daun sehingga unsur hara yang diberikan langsung terserap oleh tanaman.

### ***Analisis usahatani***

Untuk melihat efektivitas ekonomi dilakukan analisis kelayakan usahatani dengan peubah keuntungan dan R/C. Pupuk dinilai efektif secara ekonomi apabila dapat menghasilkan keuntungan dan R/C yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol. Hasil analisis usahatani perlakuan pada uji efektivitas anorganik Fe disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Analisis usaha tani pengujian pupuk anorganik Fe pada tanaman tomat.

Perlakuan	Biaya (Rp)	Pendapatan (Rp)	Keuntungan (Rp)	R/C
Kontrol	22,400,000	29,533,333	7,133,333	1.32
Pembanding	22,640,000	31,833,333	9,193,333	1.41
0.50 dosis pupuk anorganik Fe	22,520,000	33,300,000	10,780,000	1.48
0.75 dosis pupuk anorganik Fe	22,580,000	34,700,000	12,120,000	1.54
1.00 dosis pupuk anorganik Fe	22,640,000	35,500,000	12,860,000	1.57
1.25 dosis pupuk anorganik Fe	22,650,000	37,000,000	14,350,000	1.63
1.50 dosis pupuk anorganik Fe	22,760,000	35,033,333	12,273,333	1.54

Pemberian 0.5 – 1.5 dosis pupuk anorganik Fe menghasilkan keuntungan yang lebih besar secara ekonomi dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan pembanding. Perlakuan 1.25 dosis pupuk anorganik Fe menghasilkan keuntungan secara ekonomi tertinggi dan hal ini sejalan dengan perlakuan tersebut yang efektif secara agronomi.

### **Pembahasan**

Pemberian pupuk anorganik Fe menunjukkan adanya perbedaan pertumbuhan pada tanaman tomat. Tanaman yang diberikan 0.5 – 1.5 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan tinggi tanaman yang baik sebesar 9.5 – 13.3% dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberikan pupuk tersebut (kontrol). Selain itu, parameter pertumbuhan lain menunjukkan bahwa tanaman yang diberikan 0.75 – 1.25 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan jumlah cabang lebih banyak sebesar 22.0 – 26.5% dibandingkan dengan tanaman pada perlakuan kontrol. Sedangkan pada jumlah tandan bunga, pemberian 1.25 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan jumlah tandan yang lebih banyak sebesar 29.5 dan 16.2% secara berturut-turut dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan pembanding. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk anorganik Fe dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Besi merupakan unsur yang sangat penting untuk berbagai aktivitas seluler pada tanaman, termasuk respirasi seluler, sintesis klorofil, dan transport elektron fotosintesis. Unsur tersebut juga berfungsi sebagai kofaktor untuk berbagai fungsi tanaman (misal: sitokrom, katalase, dan isozim peroksidase mengandung besi sebagai kelompok prostetik). Dalam protein Fe-S, zat besi diasosiasikan dengan sistein, sulfur anorganik, atau keduanya (Marschner, 1995). Kekurangan zat besi secara signifikan mempengaruhi fungsi mitokondria, dan gangguan pada homeostasis besi mitokondria berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Mori *et al.*, 1991; Bashir *et al.*, 2011a, 2011b, 2011c).

Aplikasi pupuk anorganik Fe juga menunjukkan respon yang lebih baik terhadap komponen hasil dan hasil tanaman tomat. Tanaman yang diberikan pupuk anorganik Fe menunjukkan jumlah buah per tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrol (Tabel 6). Begitu pula, pemberian 0.75 – 1.25 dosis pupuk anorganik Fe menunjukkan bobot 10 buah tomat yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Rata-rata bobot 10 buah tomat pada perlakuan tersebut menunjukkan bobot lebih tinggi berkisar antara 14.3 – 15.7% dibandingkan dengan kontrol. Sedangkan hasil tanaman tomat menunjukkan bahwa dengan diberikannya pupuk anorganik Fe hasil yang diperoleh lebih tinggi pada parameter hasil/tanaman, hasil/petak, dan hasil/ha dibandingkan dengan kontrolnya. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian unsur hara besi pada tanaman tomat memberikan respon yang positif terhadap komponen hasil dan hasil tanaman. Besi memiliki peran dalam meningkatkan komponen tersebut. Besi juga diperlukan tanaman untuk sintesis dan stabilisasi klorofil, sehingga pada tanaman yang mengalami defisiensi unsur hara besi kandungan klorofilnya secara signifikan menurun. Akibatnya, kekurangan unsur besi memiliki efek yang nyata pada pertumbuhan tanaman dan kualitas produk (Bashir dan Nishizawa, 2013; Vigan *et al.*, 2013).

Pemberian 1.25 dosis pupuk anorganik Fe memberikan keuntungan ekonomi yang lebih besar bagi petani dibandingkan dengan perlakuan lain dan hasil tersebut dapat dilihat pada analisis ekonomi yang disajikan pada Tabel 10. Perlakuan tersebut dapat memberikan keuntungan sebesar Rp. 14.350.000. Hasil yang lebih tinggi ini sejalan dengan pertumbuhan tanaman yang baik dan komponen hasil dan hasil yang tinggi pula. Dengan demikian, aplikasi 1.25 dosis pupuk anorganik Fe memberikan keuntungan tertinggi bagi petani.

### **KESIMPULAN**

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian 1.25 dosis pupuk Fe (2.5 liter/ha/aplikasi) menghasilkan pertumbuhan tanaman dan komponen hasil serta hasil tanaman tomat tertinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Perlakuan tersebut juga menunjukkan dosis yang paling efektif secara agronomi dan ekonomi. Dosis yang direkomendasikan untuk tanaman tomat yaitu 2.5 liter/ha/aplikasi yang diaplikasikan 4 (empat) kali yaitu pada 4, 6, 8 dan 10 MST (minggu setelah tanam) dengan cara disemprotkan ke tajuk tanaman (*foliar spray*).

### KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menjelaskan bahwa dalam proses penerbitan artikel ini tidak terdapat konflik kepentingan dengan pihak lain terkait data, analisis hasil penelitian, pendanaan, dan perbedaan pendapat di antara para penulis.

### DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. A. Q., Hifnalisa, H., & Muyassir, M. (2020). Teknologi Ameliorasi dan Pemupukan Tanah Suboptimal serta Hubungannya dengan Serapan Hara, Efisiensi Pemupukan dan Hasil Padi Galur Sikuneng. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(2), 250-256.
- Bashir, K., & Nishizawa, N. K. (2013). Iron proteins, plant iron transporters. *Encyclopedia of metalloproteins*, 1015-1023.
- Bashir, K., Ishimaru, Y., & Nishizawa, N. K. (2011c). Identification and characterization of the major mitochondrial Fe transporter in rice. *Plant Signaling & Behavior*, 6(10), 1591-1593.
- Bashir, K., Ishimaru, Y., Shimo, H., Kakei, Y., Senoura, T., Takahashi, R., ... & Nishizawa, N. K. (2011b). Rice phenolics efflux transporter 2 (PEZ2) plays an important role in solubilizing apoplasmic iron. *Soil Science and Plant Nutrition*, 57(6), 803-812.
- Bashir, K., Ishimaru, Y., Shimo, H., Nagasaka, S., Fujimoto, M., Takanashi, H., ... & Nishizawa, N. K. (2011a). The rice mitochondrial iron transporter is essential for plant growth. *Nature communications*, 2(1), 322.
- Hanke, G. U. Y., & Mulo, P. (2013). Plant type ferredoxins and ferredoxin-dependent metabolism. *Plant, cell & environment*, 36(6), 1071-1084.
- Hu, Y., Burucs, Z., & Schmidhalter, U. (2008). Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54(1), 133-141.
- Islam, M. S., Kasim, S., Amin, A. M., Alam, M. K., Khatun, M. F., Ahmed, S., ... & Hossain, A. (2023). Foliar application of enriched banana pseudostem sap influences the nutrient uptake, yield, and quality of sweet corn grown in an acidic soil. *PLoS one*, 18(8), e0285954.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants.
- Michel, L., Beyá-Marshall, V., Rombolà, A. D., Pastenes, C., & Covarrubias, J. I. (2019). Evaluation of Fe-heme applications or intercropping for preventing iron deficiency in blueberry. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19, 117-126.
- Mori, S., Nishizawa, N., Hayashi, H., Chino, M., Yoshimura, E., & Ishihara, J. (1991). Why are young rice plants highly susceptible to iron deficiency?. In *Iron Nutrition and Interactions in Plants: "Proceedings of the Fifth International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants", 11-17 June 1989, Jerusalem, Israel, 1989* (pp. 175-188). Springer Netherlands.
- Obi, C. D., Bhuiyan, T., Dailey, H. A., & Medlock, A. E. (2022). Ferrochelatase: mapping the intersection of iron and porphyrin metabolism in the mitochondria. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 10, 894591.
- Pooja, A. P., & Ameena, M. (2021). Nutrient and PGR based foliar feeding for yield maximization in pulses: A review. *Agricultural Reviews*, 42(1), 32-41.
- Rodríguez-Celma, J., Pan, I. C., Li, W., Lan, P., Buckhout, T. J., & Schmidt, W. (2013). The transcriptional response of Arabidopsis leaves to Fe deficiency. *Frontiers in Plant Science*, 4, 276.
- Sun, W. J., Zhang, J. C., Ji, X. L., Feng, Z. Q., Wang, X., Huang, W. J., ... & Hao, Y. J. (2021). Low nitrate alleviates iron deficiency by regulating iron homeostasis in apple. *Plant, Cell & Environment*, 44(6), 1869-1884.

- Tognetti, V. B., Palatnik, J. F., Fillat, M. F., Melzer, M., Hajirezaei, M. R., Valle, E. M., & Carrillo, N. (2006). Functional replacement of ferredoxin by a cyanobacterial flavodoxin in tobacco confers broad-range stress tolerance. *The Plant Cell*, *18*(8), 2035-2050.
- Van Hoewyk, D., Abdel-Ghany, S. E., Cohu, C. M., Herbert, S. K., Kugrens, P., Pilon, M., & Pilon-Smits, E. A. (2007). Chloroplast iron-sulfur cluster protein maturation requires the essential cysteine desulfurase CpNifS. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(13), 5686-5691.
- Vigani, G., Zocchi, G., Bashir, K., Philippar, K., & Briat, J. F. (2013). Signals from chloroplasts and mitochondria for iron homeostasis regulation. *Trends in Plant Science*, *18*(6), 305-311.