

**PENGARUH KONSENTRASI DAN PERIODE PENYEMPROTAN Fe MELALUI DAUN
TERHADAP HASIL DAN MUTU BENIH PADI CIHERANG**

**THE EFFECT OF Fe CONCENTRATION AND SPRAYING PERIOD THROUGH LEAVES ON
YIELD AND SEED QUALITY OF CIHERANG RICE**

Agustiansyah^{1*}, Kuswanta Futas Hidayat², Paul Benyamin Timotiwu¹, Griselda Aufa Fredella¹,
dan Ria Putri³

¹Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jalan Prof.
Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Kota Bandar Lampung 35141, Lampung, Indonesia

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jalan Prof. Dr. Ir.
Sumantri Brojonegoro No.1, Kota Bandar Lampung 35141, Lampung, Indonesia

³Program studi Doktor Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jalan Prof.
Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Kota Bandar Lampung 35141, Lampung, Indonesia

*Korespondensi: agustiansyah.1972@fp.unila.ac.id

Diterima: 21 Mei 2026 / Direvisi: 17 Juni 2026 / Disetujui: 30 Juli 2026

ABSTRAK

Padi merupakan sumber pangan utama di Indonesia sehingga peningkatan hasil dan mutu benih penting dilakukan. Biofortifikasi agronomis melalui penyemprotan Fe menjadi salah satu cara untuk meningkatkan ketersediaan Fe serta mendukung pembentukan benih yang berkualitas. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, periode penyemprotan, dan interaksinya terhadap hasil dan mutu benih padi varietas Ciherang. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial 3×2 dengan konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,1; 0,3; 0,5%) dan dua periode penyemprotan (dua dan empat kali). Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi Fe mempengaruhi pertumbuhan, hasil, dan mutu benih padi varietas Ciherang. Periode penyemprotan berpengaruh pada jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah total per malai, persentase gabah isi, dan persentase gabah hampa, serta mutu benih. Interaksi keduanya berpengaruh terhadap jumlah dan persentase gabah isi serta jumlah gabah hampa. Penyemprotan empat kali pada fase kritis memberikan hasil gabah isi tertinggi, terutama pada konsentrasi 0,5%. Perlakuan penyemprotan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada varietas Ciherang dapat meningkatkan kandungan Fe pada beras dibandingkan dengan kandungan Fe rata-rata pada varietas Ciherang.

Kata kunci: biofortifikasi agronomis, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, mutu benih, padi Ciherang, penyemprotan daun,

ABSTRACT

Rice is the main staple food in Indonesia; therefore, improving yield and seed quality is essential. Agronomic biofortification through foliar application of iron (Fe) is one approach to enhance Fe availability and support the development of high-quality seeds. This study aimed to determine the effects of $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ concentration, foliar application period, and their interaction on the yield and seed quality of Ciherang rice. The experiment used a randomized complete block design in a 3×2 factorial arrangement, consisting of $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ concentrations

(0.1, 0.3, 0.5%) and two spraying periods (twice and four times). Results indicated that Fe concentration significantly affected the growth, yield, and seed quality of Ciherang variety. The spraying period significantly affected the number of filled grains per panicle, total grains per panicle, percentage of filled grains, percentage of unfilled grains, and seed quality. The interaction between both factors significantly affected the number and percentage of filled grains as well as the number of unfilled grains. Four-time spraying during critical growth stages produced the highest number of filled spikelets, particularly at a concentration of 0.5%. Foliar $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ treatment on the Ciherang variety increased the Fe content in rice compared to the average Fe content in the Ciherang variety.

Key words: Ciherang rice, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, foliar spraying, agronomic biofortification, seed quality

PENDAHULUAN

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan utama di Indonesia yang menjadi sumber makanan pokok masyarakat. Meskipun Indonesia termasuk salah satu negara penghasil padi terbesar di dunia, tetapi produksi padi nasional menunjukkan pola yang fluktuatif dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2022-2024, produksi padi nasional terus mengalami penurunan (BPS, 2025). Penurunan ini menjadi tantangan tersendiri di tengah meningkatnya kebutuhan beras akibat pertumbuhan populasi penduduk yang terus meningkat. Meskipun pada tahun 2025 terjadi peningkatan produksi padi yang cukup signifikan menjadi 60.207.100 ton (BPS, 2026), kondisi tersebut belum sepenuhnya menjamin kestabilan produksi dalam jangka panjang, karena fluktuasi yang terjadi menunjukkan bahwa sistem produksi padi masih menghadapi berbagai tantangan. Oleh karena itu, upaya peningkatan produktivitas padi melalui perbaikan teknik budidaya tetap diperlukan guna menjaga ketahanan pangan nasional.

Salah satu aspek penting dalam budidaya padi adalah pemenuhan kebutuhan unsur hara, baik makro seperti N, P, dan K, maupun mikro seperti Fe, Zn, dan Mn. Fe adalah mikronutrien kunci untuk

respirasi, fotosintesis, dan berperan sebagai kofaktor enzim rantai transpor elektron, serta menempati posisi penting dalam sintesis klorofil selama fotosintesis dan sebagai bagian enzim asimilasi hara (Bhat *et al.*, 2024). Selain itu, Fe juga sangat penting bagi kesehatan manusia karena berperan dalam pembentukan hemoglobin dan mencegah anemia (Muchtar & Effendy, 2023). Kekurangan Fe dapat menurunkan imunitas, menghambat perkembangan, dan menurunkan kebugaran tubuh (Nabilla *et al.*, 2022).

Varietas padi Ciherang dikenal luas karena produktivitasnya tinggi dan kualitas berasnya baik (Dwiningsih & Alkahtani, 2022). Namun, kandungan Fe dalam beras, termasuk pada varietas Ciherang, masih tergolong rendah dan belum mencukupi kebutuhan harian manusia. Untuk mengatasi hal ini, biofortifikasi menjadi salah satu solusi yang dapat diterapkan, terutama melalui pendekatan agronomis seperti penyemprotan Fe.

Biofortifikasi adalah metode ilmiah untuk meningkatkan kandungan mikronutrien dalam tanaman pangan melalui pemuliaan, aplikasi pupuk, atau rekayasa genetik (Avnee *et al.*, 2023). Biofortifikasi memiliki berbagai keunggulan, seperti dapat diterapkan pada makanan pokok, bersifat ekonomis, dan ramah lingkungan (Indrasari & Kristamtini, 2018).

Meskipun kandungan mikronutrien beras biofortifikasi lebih rendah daripada beras fortifikasi, kandungan nutrisinya lebih stabil terhadap pencucian dan penanakan (Mamoriska *et al.*, 2022). Peningkatan kandungan Fe dapat dilakukan melalui metode agronomis seperti pemupukan dan aplikasi foliar (disemprotkan pada daun), yang dinilai lebih efisien dalam penyerapan karena Fe lebih cepat ditranslokasikan ke bagian tanaman lain dibandingkan aplikasi melalui tanah (Meena *et al.*, 2016).

Pemilihan konsentrasi Fe dan waktu penyemprotan merupakan faktor penting yang menentukan efektivitas penyerapan dan translokasi unsur Fe pada tanaman padi. Pemberian Fe melalui daun umumnya dilakukan pada konsentrasi antara 0,1–0,5% Fe, karena pada kisaran ini tanaman mampu menyerap Fe secara optimal tanpa menimbulkan gejala fitotoksik (Kumar *et al.*, 2024). Konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan daun akibat kelebihan ion Fe^{2+} yang bersifat reaktif, sedangkan konsentrasi yang terlalu rendah belum mampu meningkatkan kadar Fe dalam jaringan tanaman secara signifikan (Rajput *et al.*, 2024). Di sisi lain, penyemprotan Fe secara foliar biasanya dilakukan pada fase-fase kritis pertumbuhan, seperti fase primordia malai, fase bunting, fase pembungaan, dan fase pengisian bulir, karena pada tahap-tahap tersebut terjadi peningkatan kebutuhan Fe untuk pembentukan klorofil, aktivitas enzim, dan pengisian biji (Baishya *et al.*, 2019).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi Fe, periode penyemprotannya, serta interaksi antara konsentrasi dan periode penyemprotan Fe melalui daun terhadap hasil dan mutu benih padi Varietas Ciherang.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) dan Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman (LBPT), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Februari 2025 sampai bulan Juli 2025. Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi petridish, gelas ukur, timbangan analitik, pinset, *hammer mill*, pot, dan alat tulis. Bahan yang digunakan pada penelitian ialah benih varietas padi Ciherang, tanah, pupuk Urea, pupuk SP36, pupuk KCl, air, dan larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Penelitian ini merupakan percobaan faktorial 3×2 dengan faktor pertama konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k) dan faktor kedua yakni jumlah periode penyemprotan (p). Faktor pertama yang terdiri atas tiga taraf yaitu konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,1% (k_1), 0,3% (k_2), dan 0,5% (k_3). Faktor kedua terdiri atas dua taraf yakni dua periode penyemprotan (p_1) pada 1 dan 2 minggu setelah berbunga, serta empat periode penyemprotan (p_2) pada fase *Panicle initiation* (Pi), fase *Booting* (Bo), 1 dan 2 minggu setelah berbunga. Dengan demikian, terdapat enam kombinasi perlakuan yang meliputi: k_1p_1 (penyemprotan 0,1% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada 2 periode yaitu 1 dan 2 minggu setelah berbunga), k_1p_2 (penyemprotan 0,1% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada 4 periode yaitu Pi, Bo, 1 dan 2 minggu setelah berbunga), k_2p_1 (penyemprotan 0,3% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada 2 periode yaitu 1 dan 2 minggu setelah berbunga), k_2p_2 (penyemprotan 0,3% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada 4 periode (Pi, Bo, 1 dan 2 minggu setelah berbunga), k_3p_1 (penyemprotan 0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada 2 periode yaitu 1 dan 2

minggu setelah berbunga), dan K_3P_2 (penyemprotan 0,5% $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ pada 4 periode yaitu P_i , B_o , 1 dan 2 minggu setelah berbunga).

Kombinasi perlakuan yang dilakukan pada penelitian dibagi ke dalam empat kelompok dengan pengelompokan berdasarkan perbedaan hari tanam. Penelitian ini diawali dengan pembuatan larutan Fe, persiapan media tanam, penanaman benih padi, aplikasi larutan Fe dengan penyemprotan, pengamatan, dan pemanenan.

Larutan $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dengan konsentrasi 0,1, 0,3, dan 0,5% dibuat dengan melarutkan masing-masing 1, 3, dan 5 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ke dalam masing-masing 1000 mL akuades. Media tanam yang digunakan yaitu tanah sawah dengan berat per ember 8 kg. Tanah digemburkan terlebih dahulu kemudian tanah tersebut dibuat seperti lumpur dengan mengolahnya secara manual untuk menciptakan lingkungan tanam seperti sawah. Aplikasi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dilakukan secara foliar sesuai periode perlakuan pada fase primordia malai (*panicle initiation*) 45-50 HST, fase bunting (*booting*) pada 55-56 HST, fase 1 minggu setelah pembungaan (82 HST), dan 2 minggu setelah pembungaan (89 HST).

Pengamatan pada penelitian ini mencakup beberapa variabel yakni hasil calon benih (jumlah gabah total per malai, jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah hampa per malai, persentase gabah total, persentase gabah isi, persentase gabah hampa, bobot 1000 butir), mutu benih (daya berkecambah, kecepatan perkecambahan, indeks vigor, waktu radikula muncul, waktu plumula muncul, panjang kecambah, panjang koleoptil,

bobot basah kecambah normal, bobot kering kecambah normal), dan variabel kandungan nutrisi (kandungan Fe pada beras). Data yang telah diperoleh dianalisis ragam, lalu dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf α 5% untuk menghitung perbedaan antarperlakuan dengan menggunakan aplikasi RStudio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Calon Benih

Perlakuan konsentrasi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ serta periode penyemprotan memberikan respons yang berbeda pada beberapa komponen hasil calon benih (Tabel 1). Aplikasi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ sebesar 0,1 dan 0,5% mampu menurunkan jumlah gabah hampa per malai secara nyata, masing-masing menjadi 18,59 dan 19,37 butir, dibandingkan dengan konsentrasi 0,3% yang menghasilkan 21,38 butir gabah hampa per malai. Sebaliknya, variasi konsentrasi tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bobot 1.000 butir maupun jumlah gabah total per malai. Perlakuan penyemprotan sebanyak 4 periode memberikan hasil terbaik terhadap jumlah gabah total per malai yaitu 79,29 butir, yang secara nyata lebih tinggi dibandingkan penyemprotan 2 periode sebesar 75,57 butir. Akan tetapi, perbedaan periode penyemprotan tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah gabah hampa per malai maupun bobot 1.000 butir. Dengan demikian, konsentrasi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ sebesar 0,1 dan 0,5% lebih efektif dalam mengurangi pembentukan gabah hampa, sementara penyemprotan sebanyak empat periode lebih mampu meningkatkan jumlah gabah total per malai.

Tabel 1. Pengaruh penyemprotan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ melalui daun terhadap variabel hasil calon benih

Perlakuan	Jumlah Gabah Hampa Per Malai (butir)	Bobot 1.000 Butir (g)	Jumlah Gabah Total Per Malai (butir)
0,1% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_1)	18,59 b	24,24 a	76,26 a
0,3% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_2)	21,38 a	24,08 a	78,80 a
0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_3)	19,37 b	24,01 a	77,23 a
BNT 5%	2,49	0,74	3,50
2 Periode (p_1)	20,50 a	23,92 a	75,57 b
4 Periode (p_2)	19,06 a	24,33 a	79,29 a
BNT 5%	2,03	0,61	2,09

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda berdasarkan uji BNT 0,05. p_1 = penyemprotan Fe pada 1 dan 2 minggu setelah berbunga; p_2 = Penyemprotan Fe pada Pi (*Panicle initiation*), Bo (*Booting*), 1 dan 2 minggu setelah berbunga.

Tabel 2 menunjukkan adanya interaksi nyata antara konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan periode penyemprotan terhadap jumlah gabah isi per malai. Pada aplikasi 4 periode, konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5% menghasilkan jumlah gabah isi tertinggi (63,25 butir) dan berbeda nyata dibandingkan konsentrasi 0,1% (58,45 butir) maupun 0,3% (59,18 butir). Sebaliknya, pada penyemprotan 2 periode, konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5%

justru menghasilkan nilai terendah (52,47 butir). Perbedaan periode penyemprotan hanya berpengaruh nyata pada konsentrasi 0,5%, di mana penyemprotan 4 periode secara signifikan meningkatkan jumlah gabah isi dibandingkan penyemprotan 2 periode, sedangkan pada konsentrasi 0,1% dan 0,3% frekuensi penyemprotan tidak berbeda nyata.

Tabel 2. Pengaruh interaksi antara konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan periode penyemprotan terhadap variabel jumlah gabah isi per malai (butir)

Konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Periode Penyemprotan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	
	2 Periode (p_1)	4 Periode (p_2)
0,1% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_1)	57,08 a A	58,45 b A
0,3% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_2)	55,66 ab A	59,18 b A
0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_3)	52,47 b B	63,25 a A

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda berdasarkan uji BNT 0,05. Huruf kecil dibaca arah vertikal, membandingkan antara konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada periode penyemprotan yang sama. Huruf kapital dibaca arah horizontal, membandingkan antara periode penyemprotan pada konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang sama. p_1 = penyemprotan Fe pada 1 dan 2 minggu setelah berbunga; p_2 = Penyemprotan Fe pada Pi (*Panicle initiation*), Bo (*Booting*), 1 dan 2 minggu setelah berbunga.

Interaksi antara konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan periode penyemprotan juga berpengaruh nyata terhadap persentase gabah isi pada Tabel 3. Kombinasi

konsentrasi 0,5% pada 4 periode menghasilkan persentase gabah isi tertinggi (77,25%), setara dengan konsentrasi 0,1% (76,25%), tetapi secara signifikan lebih

tinggi daripada 0,3% (72,25%). Serupa dengan variabel jumlah gabah isi, penambahan frekuensi penyemprotan dari 2 menjadi 4 periode hanya memberikan

peningkatan nyata pada konsentrasi 0,5% (dari 71,25% menjadi 77,25%), sedangkan pada konsentrasi 0,1% dan 0,3% tidak berbeda nyata.

Tabel 3. Pengaruh interaksi antara konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan periode penyemprotan terhadap variabel persentase gabah isi (%)

Konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Periode Penyemprotan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	
	2 Periode (p_1)	4 Periode (p_2)
0,1% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_1)	73,50 a A	76,25 a A
0,3% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_2)	72,25 a A	72,25 b A
0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_3)	71,25 a B	77,25 a A

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda berdasarkan uji BNT 0,05. Huruf kecil dibaca arah vertikal, membandingkan antara konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada periode penyemprotan yang sama. Huruf kapital dibaca arah horizontal, membandingkan antara periode penyemprotan pada konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang sama. p_1 = penyemprotan Fe pada 1 dan 2 minggu setelah berbunga; p_2 = Penyemprotan Fe pada P_i (*Panicle initiation*), B_o (*Booting*), 1 dan 2 minggu setelah berbunga.

Pada Tabel 4, interaksi kedua faktor terbukti berpengaruh nyata dalam menekan persentase gabah hampa. Penyemprotan 4 periode dengan konsentrasi 0,5% berhasil menekan persentase gabah hampa hingga tingkat terendah (22,25%), berbeda nyata lebih rendah dibandingkan perlakuan 0,3% (27,25%). Sebaliknya, jika hanya

diaplikasikan 2 periode, konsentrasi 0,5% justru menghasilkan gabah hampa tertinggi (28,75%). Efek penambahan periode penyemprotan dalam menekan gabah hampa secara signifikan hanya terlihat pada konsentrasi 0,5%, sementara pada konsentrasi 0,1% dan 0,3% frekuensi penyemprotan tidak berdampak nyata.

Tabel 4. Interaksi antara konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan periode penyemprotan terhadap variabel persentase gabah hampa (%)

Konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Periode Penyemprotan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	
	2 Periode (p_1)	4 Periode (p_2)
0,1% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_1)	25,25 b A	24,25 b A
0,3% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_2)	27,50 ab A	27,25 a A
0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_3)	28,75 a A	22,25 b B

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda berdasarkan uji BNT 0,05. Huruf kecil dibaca arah vertikal, membandingkan antara konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada periode penyemprotan yang sama. Huruf kapital dibaca arah horizontal, membandingkan antara periode penyemprotan pada

konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang sama. p_1 = penyemprotan Fe pada 1 dan 2 minggu setelah berbunga; p_2 = Penyemprotan Fe pada P_i (*Panicle initiation*), B_o (*Booting*), 1 dan 2 minggu setelah berbunga.

Secara keseluruhan, perlakuan kombinasi konsentrasi 0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan 4 periode penyemprotan (k_3p_2) merupakan interaksi terbaik yang paling optimal dalam meningkatkan kuantitas gabah isi (jumlah dan persentase) sekaligus paling efektif dalam menekan persentase gabah hampa. Peningkatan komponen hasil ini terjadi karena ketersediaan Fe yang cukup mampu meningkatkan pembentukan klorofil, efisiensi fotosintesis, serta translokasi asimilat ke organ reproduktif selama fase pengisian gabah. Kapasitas tanaman yang optimal dalam menangkap energi cahaya menghasilkan asimilat yang lebih besar untuk mendukung pembentukan dan pematangan gabah secara sempurna. Temuan ini sejalan dengan penelitian Baishya *et al.* (2019) yang melaporkan bahwa aplikasi FeSO_4 1,5% pada fase anakan, bunting, dan pengisian biji mampu menghasilkan jumlah gabah isi per malai yang lebih tinggi serta menurunkan jumlah gabah hampa per malai dibandingkan kontrol.

Peningkatan ini menunjukkan bahwa ketersediaan Fe yang cukup mampu memperbaiki proses fotosintesis, translokasi asimilat, serta efisiensi pengisian biji. Dengan adanya peningkatan klorofil, kapasitas tanaman untuk menangkap cahaya dan melakukan proses fotosintesis menjadi lebih efisien, sehingga menghasilkan energi yang lebih besar untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bagian reproduksi, termasuk pembentukan dan pematangan gabah (Saleem *et al.*, 2022).

Beberapa studi menunjukkan bahwa penyemprotan Fe meningkatkan komponen hasil padi pada variabel jumlah bulir terisi

per malai, jumlah gabah per malai, dan hasil gabah, seiring dengan menurunkan bulir hampa (Baishya *et al.*, 2019; Bharti *et al.*, 2020; Kamali *et al.*, 2020; Preethi *et al.*, 2020). Selain itu, foliar Zn dan Fe dilaporkan meningkatkan klorofil, luas daun, dan efisiensi fotosintesis, yang kemudian meningkatkan translokasi asimilat ke malai dan pengisian biji (Bharti *et al.*, 2020; Fakharzadeh *et al.*, 2020; Ugile *et al.*, 2024). Demikian pula, Suresh & Salakinkop (2016) menegaskan bahwa biofortifikasi melalui penyemprotan ZnSO_4 dan FeSO_4 , baik sendiri maupun kombinasi, mampu meningkatkan hasil gabah. Hal ini membuktikan bahwa peran mikronutrien (Zn dan Fe) tersebut dalam biosintesis hormon pertumbuhan dan proses reproduktif.

Mutu Benih

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Fe dan periode penyemprotannya berpengaruh nyata pada beberapa variabel, seperti daya berkecambah, kecepatan perkecambahan, dan berat kering kecambah normal (Tabel 5). Selain itu, periode penyemprotan juga berpengaruh terhadap variabel indeks vigor, panjang koleoptil dan panjang kecambah (Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan Fe mampu meningkatkan mutu fisiologis benih. Menurut Kharb *et al.* (2023), aplikasi Fe dengan berbagai bentuk (FeSO_4 , Fe-EDTA, dan FeO nanopartikel) secara signifikan meningkatkan daya berkecambah, indeks vigor I dan II, serta pertumbuhan awal bibit. Sejalan dengan itu, aplikasi nano-FeO pada padi dan jagung terbukti meningkatkan daya berkecambah, vigor, serta hasil tanaman, di mana ROS dalam

kadar terkontrol berperan sebagai sinyal yang mempercepat mobilisasi cadangan

makanan selama germinasi (Prerna *et al.*, 2021)

Tabel 5. Pengaruh penyemprotan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ melalui daun terhadap dayakecambah, kecepatan perkecambahan, waktu muncul kecambah, waktu muncul radikula, bobot segar, dan bobot kering kecambah normal

Perlakuan	Daya Berkecambah (%)	Kecepatan perkecambahan (%/hari)	Waktu Muncul Plumula (hari)	Waktu Muncul Radikula (hari)	Bobot Segar Kecambah Normal (g)	Bobot Kering Kecambah Normal (g)
0,1% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_1)	76,40 b	13,22 b	5,22 a	5,26 a	0,55 a	0,08 b
0,3% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_2)	81,40 ab	14,04 a	5,27 a	5,22 a	0,51 a	0,09 ab
0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_3)	83,90 a	14,44 a	5,29 a	5,28 a	0,56 a	0,11 a
BNT 5%	0,05	0,65	0,48	0,47	0,07	0,02
2 Periode (p_1)	76,70 b	12,91 b	5,41 a	5,41 a	0,53 a	0,08 a
4 Periode (p_2)	84,40 a	14,91 a	5,11 a	5,10 a	0,55 a	0,10 a
BNT 5%	0,04	0,04	0,39	0,39	0,06	0,02

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda berdasarkan uji BNT 0,05. p_1 = penyemprotan Fe pada 1 dan 2 minggu setelah berbunga; p_2 = Penyemprotan Fe pada P_i (*Panicle initiation*), B_o (*Booting*), 1 dan 2 minggu setelah berbunga.

Peningkatan ini terjadi karena Fe berperan penting dalam proses metabolisme, termasuk sebagai kofaktor enzim respirasi dan katalisator dalam sintesis klorofil (Gupta *et al.*, 2022), sehingga energi yang dihasilkan untuk mendukung perkecambahan dan pertumbuhan kecambah lebih tinggi dibandingkan kontrol. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Jolli *et al.* (2020) yang mengemukakan bahwa aplikasi Fe yang optimum memperbaiki aktivitas enzim yang terkait dengan metabolisme awal benih, serta memperkuat struktur dan proses fisiologis benih.

Pada level molekuler, perlakuan Fe, khususnya dalam bentuk nano, dapat mengatur *reactive oxygen species* (ROS) dalam kisaran *oxidative window* yang optimal. Kondisi ini tidak hanya mencegah kerusakan oksidatif, tetapi juga berperan sebagai sinyal biologis yang mengaktifasi ekspresi gen terkait giberelin dan enzim hidrolitik, sehingga mempercepat proses perkecambahan dan peningkatan vigor (Guha *et al.*, 2021). Dengan demikian, efek positif Fe tidak hanya bersifat struktural, tetapi juga melibatkan regulasi biokimia dan molekuler yang kompleks pada fase perkecambahan (Afzal *et al.*, 2021; Guha *et al.*, 2021; Gupta *et al.*, 2022).

Tabel 6. Pengaruh periode penyemprotan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ melalui daun terhadap Indeks vigor, panjang koleoptil, dan panjang kecambah

Perlakuan	Indeks Vigor (%)	Panjang Koleoptil (cm)	Panjang Kecambah (cm)
0,1% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_1)	29,88	11,40	22,05
0,3% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_2)	33,00	11,17	23,21
0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_3)	35,13	11,67	23,90
BNT 5%	-	-	-
2 Periode (p_1)	26,70 b	10,37 b	20,36 b
4 Periode (p_2)	38,70 a	12,46 a	25,74 a
BNT 5%	0,05	1,03	2,09

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda berdasarkan uji BNT 0,05. p_1 = penyemprotan Fe pada 1 dan 2 minggu setelah berbunga; p_2 = Penyemprotan Fe pada Pi (*Panicle initiation*), Bo (*Booting*), 1 dan 2 minggu setelah berbunga.

Kandungan Nutrisi (Fe)

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ maupun periode penyemprotan Fe tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan Fe pada beras varietas Ciherang (Tabel 7). Akan tetapi, kandungan Fe rata-rata pada beras varietas Ciherang (dalam bentuk beras pecah kulit atau *brown rice*) hanya sebesar 12,20 ppm (atau setara 12,20 mg/kg) (Rohaeni & Susanto, 2021). Kandungan Fe yang diperoleh pada penelitian ini (berkisar antara 59,61 mg/kg hingga 82,19 mg/kg). Hal ini menunjukkan peningkatan

kandungan Fe pada beras dibandingkan kadar standar 12,2 ppm untuk padi Ciherang. Hal ini sejalan dengan laporan Cakmak *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa aplikasi foliar merupakan praktik agronomi yang sangat efektif dan cepat dalam meningkatkan konsentrasi mineral di dalam biji dibandingkan melalui tanah. Dalam studi serupa dengan perlakuan Zn, aplikasi foliar setelah pembungaan terbukti dapat meningkatkan konsentrasi mineral secara signifikan (Boonchuay *et al.*, 2013).

Tabel 7. Kandungan Fe pada beras varietas Ciherang pada beberapa konsentrasi Fe dan jumlah periode penyemprotan

Konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kandungan Fe pada Beras (mg/kg)
0,1% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_1)	78,22
0,3% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_2)	59,61
0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (k_3)	82,19
Jumlah Periode Penyemprotan	
2 Periode (p_1)	76,50
4 Periode (p_2)	70,18

Keterangan: p_1 = penyemprotan Fe pada 1 dan 2 minggu setelah berbunga; p_2 = Penyemprotan Fe pada Pi (*Panicle initiation*), Bo (*Booting*), 1 dan 2 minggu setelah berbunga.

Selain itu, peningkatan kandungan Fe beberapa kali lipat tersebut sejalan dengan berbagai laporan bahwa pemupukan Fe secara agronomis mampu meningkatkan kandungan Fe gabah, baik melalui aplikasi

tanah maupun foliar. Berbagai metode aplikasi Fe (*seed coating*, *osmopriming*, dan foliar) terbukti meningkatkan hasil padi dan konsentrasi Fe gabah, dengan aplikasi foliar memberikan kenaikan konsentrasi Fe gabah

(Zulfiqar *et al.*, 2021). Namun, efektivitas foliar Fe terhadap Fe gabah pada berbagai lokasi dan varietas sangat bervariasi. Perbedaan kandungan Fe pada konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,3% lebih rendah dibandingkan konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,1% Fe secara statistik tidak berbeda nyata, sehingga hal ini diduga merupakan bagian dari galat percobaan (*experimental error*). Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi teknis saat aplikasi foliar di lapangan.

Aplikasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ melalui daun pada konsentrasi dan periode yang tepat (kombinasi 0,5% pada 4 periode) terbukti memberikan dampak positif terhadap komponen calon benih, mutu fisiologis benih, dan kandungan Fe pada beras. Ketersediaan Fe yang optimal meningkatkan efisiensi fotosintesis dan translokasi asimilat ke organ reproduktif, sehingga memicu pembentukan gabah isi yang maksimal dan menekan gabah hampa. Akumulasi cadangan makanan dan mineral yang melimpah di dalam endosperma tersebut secara langsung meningkatkan mutu fisiologis benih, yang ditunjukkan oleh tingginya daya berkecambah, indeks vigor, serta panjang kecambah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh konsentrasi dan periode penyemprotan Fe terhadap pertumbuhan, hasil, dan mutu benih padi varietas Ciherang, dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang diberikan melalui penyemprotan daun berperan sebagai penyedia unsur mikro esensial bagi proses fotosintesis dan pengisian gabah, sehingga turut menentukan pertumbuhan, hasil, dan mutu benih padi varietas Ciherang.

2. Ketepatan periode penyemprotan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ menentukan kecukupan hara pada saat organ generatif terbentuk dan gabah mulai terisi, sehingga mempengaruhi jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah total per malai, persentase gabah isi, dan persentase gabah hampa, serta mutu benih (daya berkecambah, indeks vigor, kecepatan perkecambahan, panjang koleoptil, dan panjang kecambah), dengan hasil terbaik diperoleh pada penyemprotan empat periode, yaitu fase primordia malai, bunting, satu minggu, dan dua minggu setelah berbunga.
3. Interaksi antara konsentrasi dan periode penyemprotan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang tepat memberikan pasokan Fe yang optimal sepanjang fase kritis pengisian gabah, sehingga paling efektif meningkatkan jumlah dan persentase gabah isi serta menekan gabah hampa, dengan kombinasi terbaik diperoleh pada penyemprotan 0,5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada fase primordia malai, bunting, satu minggu, dan dua minggu setelah berbunga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lampung yang telah memberi dukungan finansial untuk kegiatan penelitian ini melalui DIPA BLU Universitas Lampung Tahun 2025 dengan No. Kontrak: 643/UN26.21/PN.2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, S., Sharma, D., & Singh, NK. (2021). Eco-friendly synthesis of phytochemical-capped iron oxide nanoparticles as nano-priming agent for boosting seed germination in rice (*Oryza sativa* L.).

- Environmental Science and Pollution Research*, 28, 40275–40287. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12056-5>
- Avnee, Sood, S., Chaudhary, DR., Jhorar, P., & Rana, RS. (2023). Biofortification: an approach to eradicate micronutrient deficiency. In *Frontiers in Nutrition* (Vol. 10). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1233070>
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2025). *Luas Panen, Produktivitas, dan Produksi Padi Menurut Provinsi di Indonesia 2022-2024*. Diakses pada tanggal, 27 Oktober 2025, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/WmpaNk1YbGFjR0pOUjBKjYWFjQlBSU3MwVHhOVWR6MDkMyMwMDAw/luas-panen--produktivitas--dan-produksi-padi-menurut-provinsi.html?year=2025>
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2026). *Produksi Padi Menurut Provinsi di Indonesia 2025*. Diakses pada 29 April 2026, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjUwNiMy/produksi-padi-menurut-provinsi--bulanan---ton-.html>
- Baishya, LK., Sarkar, D., Jamir, T., & Rajkhowa, DJ. (2019). Effect of foliar application of zinc and iron on growth, yield and quality of rice (*Oryza sativa*) in acid soils of eastern Himalayan region. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89(8), 1312–1316. <https://doi.org/10.56093/ijas.v89i8.92864>
- Bharti, A., Prasad, S., Singh, MK., Singh, YK., Behera, SK., & Pandit, SKr. (2020). Effect of Bio-fortification through Organic and Inorganic Sources of Zinc and Iron on Growth, Yield and Quality of Aromatic Rice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(10), 3487–3494. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.910.402>
- Bhat, MA., Mishra, AK., Shah, SN., Bhat, MA., Jan, S., Rahman, S., Baek, KH., & Jan, AT. (2024). Soil and Mineral Nutrients in Plant Health: A Prospective Study of Iron and Phosphorus in the Growth and Development of Plants. In *Current Issues in Molecular Biology*, 46(6), 5194–5222. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/cimb46060312>
- Boonchuay, P., Cakmak, I., Rerkasem, B., & Prom-U-Thai, C. (2013). Effect of different foliar zinc application at different growth stages on seed zinc concentration and its impact on seedling vigor in rice. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59(2), 180–188. <https://doi.org/10.1080/00380768.2013.763382>
- Cakmak, I., Kalayci, M., Kaya, Y., Torun, AA., Aydin, N., Wang, Y., Arisoy, Z., Erdem, H., Yazici, A., Gokmen, O., Ozturk, L., & Horst, WJ. (2010). Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(16), 9092–9102. <https://doi.org/10.1021/jf101197h>
- Dwiningsih, Y., & Alkahtani, J. (2022). *Agronomics, Genomics, Breeding and Intensive Cultivation of Ciherang Rice Variety*. <https://doi.org/10.20944/preprints202211.0489.v1>
- Fakharzadeh, S., Hafizi, M., Baghaei, MA., Etesami, M., Khayamzadeh, M., Kalanaky, S., Akbari, ME., & Nazaran, MH. (2020). Using nanochelating technology for biofortification and yield increase in rice. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60189-x>

- Guha, T., Das, H., Mukherjee, A., & Kundu, R. (2021). Elucidating ROS signaling networks and physiological changes involved in nanoscale zero valent iron primed rice seed germination *sensu stricto*. *Free Radical Biology and Medicine*, 171, 11–25. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.05.005>
- Gupta, N., Jain, SK., Tomar, BS., Anand, A., Singh, J., Sagar, V., Kumar, R., Singh, V., Chaubey, T., Abd-El Salam, KA., & Singh, AK. (2022). Impact of foliar application of ZnO and Fe₃O₄ nanoparticles on seed yield and physio-biochemical parameters of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seed under open field and protected environment vis a vis during seed germination. *Plants*, 11(23). <https://doi.org/10.3390/plants11233211>
- Indrasari, SD., & Kristamtini. (2018). Biofortifikasi mineral Fe dan Zn pada beras: perbaikan mutu gizi bahan pangan melalui pemuliaan tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*, 37(1), 9–16. <https://doi.org/10.21082/jp3.v37n1.2018.p9-16>
- Jolli, RB., Nayak, VH., Boranayaka, MB., & Latha, HC. (2020). Effect of foliar application of zinc, boron and iron on seed yield and quality of sweet corn cv. Madhuri. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 914–919.
- Kamali, B., Chandrasekaran, N., Kalaiselvi, T., & Chitdeshwari, T. (2020). Exogenous foliar application of FeSO₄ on enrichment of iron in rice grain and yield. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9, 3344–3348.
- Kharb, V., Sharma, V., Dhaliwal, SS., & Kalia, A. (2023). Influence of iron seed priming on seed germination, growth and iron content in rice seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, 46(16), 4054–4062.
- Kumar, Y., Kumar, Y., Naresh, RK., Singh, SP., Kumar, S., Singh, N., & Kumar, R. (2024). Effect of Organic and Synthetic Fertilizer Management on the Yield and Growth Components of Basmati Rice in Western U.P., India. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(1), 163–169. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i14345>
- Mamoriska, S., Hidayat, MG., Magda, CG., Yuliarti, A., Cahyaningsih, E., Manalu, E., & Putri, RYK. (2022). Karakterisasi beras fortifikasi (Fortivit) dan beras biofortifikasi (Nutri Zinc). *Jurnal Pangan*, 31(2), 95–112.
- Meena, BL., Rattan, RK., Datta, SP., & Meena, MC. (2016). Effect of iron application on iron nutrition of aerobic rice grown in different soils. *Journal of Environmental Biology*, 37, 1377–1383.
- Muchtar, F., & Effendy, D. (2023). Penilaian asupan zat besi remaja putri di desa mekar kecamatan soropia kabupaten konawe assessment of iron intake among adolescent girls in mekar village soropia district konawe regency. *Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 171–179.
- Nabilla, FS., Muniroh, L., & Rifqi, MA. (2022). Hubungan pola konsumsi sumber zat besi, inhibitor dan enhancer zat besi dengan kejadian anemia pada santriwati pondok pesantren al-mizan muhammadiyah lamongan. *Media Gizi Indonesia (National Nutrition Journal)*, 17(1), 56–61.
- Preethi, S., Gurusamy, A., Subramanian, E., & Indirani, R. (2020). Screening of rice cultures and mitigation of iron deficiency in aerobic rice. *International Journal of Chemical Studies*, 8(6), 2272–2274. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i6ag.11110>

- Prerna, DI., Govindaraju, K., Tamilselvan, S., Kannan, M., Vasantharaja, R., Chaturvedi, S., & Shkolnik, D. (2021). Influence of nanoscale micro-nutrient α -Fe₂O₃ on seed germination, seedling growth, translocation, physiological effects and yield of rice (*Oryza sativa*) and maize (*Zea mays*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 162, 564–580. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.03.023>
- Rajput, P., Singh, A., Rajput, RK., Bhatt, R., Alamri, S., Kanaujiya, PK., & Gautam, SK. (2024). Agronomic biofortification of basmati rice (*Oryza sativa* L.) through iron and boron under varying seedling densities. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1388807. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1388807>
- Rohaeni, WR., & Susanto, U. (2021). Fe and Zn content of various genetic background of released rice varieties in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 752(1), 012057. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/752/1/012057>
- Saleem, A., Zulfiqar, A., Ali, B., Naseeb, MA., Almasaudi, AS., & Harakeh, S. (2022). Iron sulfate (FeSO₄) improved physiological attributes and antioxidant capacity by reducing oxidative stress of *Oryza sativa* L. cultivars in alkaline soil. *Sustainability (Switzerland)*, 14(24), 16845. <https://doi.org/10.3390/su142416845>
- Suresh, S., & Salakinkop, S. R. (2016). Growth and yield of rice as influenced by biofortification of zinc and iron. *Journal of Farm Sciences*, 29(4), 443–448
- Ugile, S., Chaudhari, A., Chavan, PG., Mane, SS., & Satpathy, A. (2024). Soil and foliar application of zn and fe impact on growth, grain yield and seed quality of rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(2), 110–117. <https://doi.org/10.9734/ajsspn/2024/v10i2267>
- Zulfiqar, U., Hussain, S., Maqsood, M., Zamir, S., Ishfaq, M., Ali, N., Ahmad, M., & Maqsood, M. (2021). Enhancing the accumulation and bioavailability of iron in rice grains via agronomic interventions. *Crop and Pasture Science*, 73, 32–43. <https://doi.org/10.1071/cp21140>