

EFEKTIVITAS NANO SEED COATING DIPERKAYA FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DALAM PENINGKATAN TOLERANSI JAGUNG PADA CEKAMAN KEKERINGAN

WIDIA SRI FATMA



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI BENIH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Efektivitas *Nano Seed Coating* diperkaya Fungi Mikoriza Arbuskula dalam Peningkatan Toleransi Jagung pada Cekaman Kekeringan” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember 2024

Widia Sri Fatma
NIM A2501211002

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

WIDIA SRI FATMA. Efektivitas *Nano Seed Coating* diperkaya Fungi Mikoriza Arbuskula dalam Peningkatan Toleransi Jagung pada Cekaman Kekeringan. Dibimbing oleh SATRIYAS ILYAS, SRI WILARSO BUDI R, dan LADIYANI RETNO WIDOWATI.

Jagung merupakan salah satu komoditas strategis utama dalam meningkatkan perekonomian dan percepatan pembangunan pertanian Indonesia. Peningkatan produksi jagung dapat dilakukan melalui ekstensifikasi dengan pemanfaatan lahan potensial. Cekaman kekeringan merupakan kondisi yang menghambat program ekstensifikasi jagung pada lahan potensial seperti lahan kering. *Seed coating* merupakan teknologi yang dapat dikembangkan dalam meningkatkan ketahanan jagung pada cekaman kekeringan. Mikronutrien Zn, Fe, dan Si diketahui mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan. Teknologi nano meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk karena ukurannya yang sangat kecil, bersifat lebih reaktif, langsung mencapai target, serta digunakan dalam jumlah yang lebih sedikit. Nanopartikel mengurangi kerusakan sel melalui penurunan kadar *reactive oxygen species* (ROS) benih dengan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan. Sementara itu, fungi mikoriza arbuskula (FMA) diketahui memiliki kemampuan dalam meningkatkan penyerapan hara dan air oleh akar pada kondisi cekaman kekeringan. Informasi terkait pemanfaatan *nano seed coating* yang diperkaya FMA untuk peningkatkan toleransi jagung terhadap cekaman kekeringan di Indonesia belum pernah dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan mutu benih, pertumbuhan, dan produksi jagung pada kondisi cekaman kekeringan melalui teknologi *nano seed coating* yang diperkaya FMA.

Penelitian ini terdiri atas dua percobaan utama. Percobaan pertama adalah evaluasi efektivitas *nano seed coating* ZnO, Fe₃O₄, dan SiO₂ dalam mengatasi cekaman kekeringan fase perkecambahan jagung dan pengaruhnya terhadap viabilitas spora FMA yang terdiri atas percobaan (1A) evaluasi efektivitas *seed film coating* NPs ZnO, Fe₃O₄, dan SiO₂ pada cekaman kekeringan fase perkecambahan jagung dan (1B) uji viabilitas spora FMA pada *seed coating* NPs ZnO, Fe₃O₄, dan SiO₂ berbagai konsentrasi. Percobaan 1A menggunakan rancangan petak terbagi (RPT) dengan rancangan lingkungan rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT). Petak utama adalah cekaman osmotik yang terdiri atas tiga taraf yaitu 0, -0,15, dan -0,30 MPa. Anak petak adalah *seed film coating* NPs yang terdiri atas 10 taraf yaitu tanpa perlakuan, ZnO (15, 25, dan 50 mg l⁻¹), Fe₃O₄ (100, 200, dan 300 mg l⁻¹), dan SiO₂ (300, 600, dan 900 mg l⁻¹). Peubah yang diamati adalah daya berkecambah (DB), indeks vigor (IV), kecepatan tumbuh (K_{CT}), bobot kering kecambah normal (BKKN), laju pertumbuhan kecambah (LPK), *radicle emergence* (RE), dan kandungan malondialdehid (MDA). Percobaan 1B disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor yaitu konsentrasi NPs seperti pada percobaan 1A dengan peubah persentase perkecambahan spora dan pengamatan perkembangan FMA pada akar jagung.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Percobaan kedua adalah pengaruh *nano seed coating* Fe₃O₄ diperkaya FMA terhadap pertumbuhan dan produksi jagung pada cekaman kekeringan di rumah kaca. Percobaan 2 disusun menggunakan RPT dengan rancangan lingkungan RKL. Petak utama adalah kapasitas lapang (KL) yang terdiri atas dua taraf yaitu 100% dan 60% KL. Anak petak adalah *seed coating* yang terdiri atas empat taraf yaitu tanpa perlakuan, NPs Fe₃O₄, FMA, dan NPs Fe₃O₄+FMA, berdasarkan konsentrasi NPs terbaik hasil percobaan 1 (Fe₃O₄ 300 mg l⁻¹). Peubah yang diamati yaitu tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, laju fotosintesis, kandungan klorofil, luas daun, kadar air relatif daun, kandungan prolin, tingkat kolonisasi FMA pada akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering total, jumlah tongkol, bobot tongkol, bobot biji per tongkol, panjang tongkol, dan diameter tongkol.

Hasil percobaan pertama menunjukkan *seed film coating* NPs berpotensi dalam meningkatkan toleransi cekaman kekeringan jagung pada fase perkecambahan. Aplikasi *seed film coating* NPs Fe₃O₄ 300 mg l⁻¹ meningkatkan viabilitas dan vigor pada cekaman kekeringan -0,30 MPa berdasarkan DB, IV, dan Kct. Pada cekaman kekeringan -0,15 MPa, *seed film coating* NPs Fe₃O₄ 300 mg l⁻¹ meningkatkan BKK dan LPK. *Seed film coating* NPs ZnO 50 mg l⁻¹ menghasilkan RE tertinggi (43%) dibandingkan kontrol pada cekaman kekeringan -0,30 MPa. Perlakuan *seed film coating* NPs Fe₃O₄ 300 mg l⁻¹ dan SiO₂ 600 mg l⁻¹ menurunkan MDA kecambah jagung pada cekaman kekeringan -0,30 MPa. Berdasarkan pengujian viabilitas spora menunjukkan *seed coating* berbagai konsentrasi dan jenis NPs yang dikombinasikan dengan spora FMA tidak menghambat perkembangan FMA pada akar jagung.

Hasil percobaan kedua menunjukkan bahwa *nano seed coating* Fe₃O₄ diperkaya FMA meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung pada cekaman kekeringan di rumah kaca. Aplikasi *seed coating* NPs Fe₃O₄, FMA, dan NPs Fe₃O₄+FMA meningkatkan laju fotosintesis dan kadar air relatif daun pada cekaman kekeringan 60% KL. Penggunaan *nano seed coating* Fe₃O₄ diperkaya FMA meningkatkan kolonisasi FMA, bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering total tanaman, bobot tongkol (31%), dan menurunkan kadar prolin pada cekaman kekeringan 60% KL.

Hasil korelasi Pearson antar peubah pada percobaan kedua menunjukkan beberapa peubah secara signifikan berkorelasi dengan bobot biji per tongkol yang merupakan parameter produksi jagung. Bobot biji per tongkol berkorelasi positif dengan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, kandungan klorofil, bobot kering total tanaman, bobot kering tajuk, jumlah tongkol, panjang tongkol, diameter tongkol, bobot tongkol, dan berkorelasi negatif dengan kandungan prolin. Penelitian ini menunjukkan bahwa *nano seed coating* diperkaya FMA mampu meningkatkan toleransi jagung pada cekaman kekeringan.

Kata kunci: bobot tongkol, FMA, nanopartikel, prolin, *seed film coating*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

WIDIA SRI FATMA. Effectiveness of Nano Seed Coating Enriched with Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Improving Drought Stress Tolerance in Maize. Supervised by SATRIYAS ILYAS, SRI WILARSO BUDI R, and LADIYANI RETNO WIDOWATI.

Maize is one of the primary strategic commodities used to improve the economy and accelerate Indonesia's agricultural development. Increasing maize production can be done through extensification by utilizing potential land. Drought stress is a condition that hampers maize extensification programs on potential land such as drylands. Seed coating is a technology that can be developed to improve maize resistance to drought stress. Micronutrients Zn, Fe, and Si are known to increase plant resistance to drought stress. Nanotechnology increases the efficiency of fertilizer use because it is very small, more reactive, directly reaches the target, and is used in smaller quantities. Nanoparticles reduce cell damage by reducing seed reactive oxygen species (ROS) levels by increasing antioxidant enzyme activity. Meanwhile, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are known to have the ability to increase nutrient and water absorption by roots under drought stress conditions. Information about utilizing nano seed coating enriched with AMF to increase maize tolerance to drought stress in Indonesia has never been reported. This study aims to improve seed quality, growth, and production of maize under drought stress conditions through nano seed coating enriched with AMF.

The following methodology was employed in the course of the research. The first experiment was the evaluation of the effectiveness of nano seed coating ZnO, Fe₃O₄, and SiO₂ on drought stress in the germination phase of maize and its effect on AMF spore viability, comprising experiments (1A) evaluation of the effectiveness of seed film coating ZnO, Fe₃O₄, and SiO₂ NPs on drought stress in the germination phase of maize and (1B) AMF spore viability test on seed coating ZnO, Fe₃O₄, and SiO₂ NPs of various concentrations. Experiment 1A used a split-plot design with a randomized complete block design (RCBD). The main plot was osmotic stress consisting of 0, -0.15, and -0.30 MPa. The subplots were seed film coating, i.e., no treatment, ZnO (15, 25, and 50 mg l⁻¹), Fe₃O₄ (100, 200, and 300 mg l⁻¹), and SiO₂ (300, 600, and 900 mg l⁻¹). The observed variables were germination rate (GR), vigor index (VI), the speed of germination (SG), dry weight of normal seedlings (DW), seedling growth rate (SGR), radicle emergence (RE), and malondialdehyde (MDA). Experiment 1B was designed with a single factor, a completely randomized design (CRD). NPs concentration was as in 1A with variable spore germination percentage and observation of FMA development on maize roots.

The second experiment was the effect of nano seed coating enriched with AMF on the growth and production of maize under drought stress in the greenhouse. Experiment 2 was designed using a split-plot design with RCBD. The main plot was field capacity (FC) consisting of two levels, 100% and 60% FC. The subplot was seed coating, which consisted of four levels: no treatment, Fe₃O₄ NPs, AMF,



and Fe₃O₄ NPs+AMF, based on the best NPs concentration from experiment 1 (Fe₃O₄ 300 mg l⁻¹). The observed variables were plant height, stem diameter, number of leaves, photosynthetic rate, chlorophyll content, leaf area, leaf relative water content, proline, AMF colonization rate on roots, root dry weight, shoot dry weight, total dry weight, number of cobs, cob weight, kernel weight per cob, cob length, and cob diameter.

The results of the first experiment showed that seed film coating NPs can potentially increase the tolerance of maize in the germination phase under drought stress. The application of seed film coating Fe₃O₄ 300 mg l⁻¹ during the germination phase was found to enhance seed viability and vigor when subjected to drought stress at -0.30 MPa. That was evidenced by the increased germination percentage, vigor index, and speed of germination. At -0.15 MPa, applying a seed film coating Fe₃O₄ 300 mg l⁻¹ NPs increased DW and SGR. The seed film coating ZnO 50 mg l⁻¹ NPs resulted in the highest RE (43%) at -0.30 MPa drought stress. Seed film coating Fe₃O₄ 300 mg l⁻¹ and SiO₂ 600 mg l⁻¹ NPs reduced the MDA content under -0.30 MPa compared to untreated seeds. The viability of spores was tested, and the results demonstrated that seed coating with various concentrations and types of NPs in combination with AMF spores did not inhibit AMF development on maize roots.

The results of the second experiment showed that nano seed coating Fe₃O₄ enriched with AMF increased the growth and production of maize under drought stress in the greenhouse. Applying Fe₃O₄ NPs, AMF, and Fe₃O₄ NPs+AMF increased photosynthetic rate and leaf relative water content under 60% FC drought stress. Nano seed coating Fe₃O₄ NPs enriched with AMF increased AMF colonization, root dry weight, shoot dry weight, total plant dry weight, and cob weight (31%). Seed coating with Fe₃O₄ NPs+AMF significantly reduced proline levels compared to NPs or AMF treatments given separately under 60% FC.

The Pearson correlation between variables in the second experiment showed that some variables were significantly positively and negatively correlated with kernel weight per cob, which is a parameter of maize production. Kernel weight per cob was positively correlated with plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, chlorophyll content, total plant dry weight, shoot dry weight, number of cobs, cob length, cob diameter, cob weight, and negatively correlated with proline content. This study shows that nano seed coating enriched with FMA can increase maize tolerance to drought stress.

Keywords: AMF, cob weight, nanoparticle, proline, seed film coating

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**EFEKTIVITAS *NANO SEED COATING* DIPERKAYA FUNGI MIKORIZA
ARBUSKULA DALAM PENINGKATAN TOLERANSI JAGUNG PADA
CEKAMAN KEKERINGAN**

WIDIA SRI FATMA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Benih

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI BENIH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Prof. Dr. Ir. Eny Widajati, M.S.**
- 2 Dr. Ir. M. Rahmad Suhartanto, M.Si.**



Judul Tesis : Efektivitas *Nano Seed Coating* diperkaya Fungi Mikoriza Arbuskula dalam Peningkatan Toleransi Jagung pada Cekaman Kekeringan
Nama : Widia Sri Fatma
NIM : A2501211002

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Satriyas Ilyas, M.S.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Sri Wilarso Budi R, M.S.

Pembimbing 3:
Dr. Ir. Ladiyani Retno Widowati, M.Sc.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. M. Rahmad Suhartanto, M.Si.
NIP. 19630923 198811 1 001

Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc. Agr
NIP. 19690212 199203 1 003

Tanggal Ujian: 1 November 2024

Tanggal Lulus: 24 DEC 2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah dengan judul “Efektivitas *Nano Seed Coating* diperkaya Fungi Mikoriza Arbuskula dalam Peningkatan Toleransi Jagung pada Cekaman Kekeringan”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Prof. Dr. Ir. Satriyas Ilyas, M.S., Prof. Dr. Ir. Sri Wilarso Budi R, M.S., dan Dr. Ir. Ladiyani Retno Widowati, M.Sc. sebagai pembimbing yang telah membantu, memberikan bimbingan, dan saran dalam penyelesaian tesis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, keluarga, dan sahabat yang telah membantu melalui dukungan moril maupun materil. Penghargaan penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah memberikan dana penelitian melalui program Penelitian Tesis Magister (PTM) tahun 2023 serta kepada Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (BPSI Tanah dan Pupuk) yang telah memberikan izin penelitian dan mendukung fasilitas dalam penelitian.

Akhir kata penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat serta berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan terutama pada bidang Ilmu dan Teknologi Benih.

Bogor, Desember 2024

Widia Sri Fatma

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Jagung	4
2.2 Cekaman Kekeringan	4
2.3 Pelapisan Benih	5
2.4 Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)	6
2.5 Nanopartikel	7
III METODE PENELITIAN	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Sumber Benih dan FMA	9
3.3 Percobaan 1. Evaluasi Efektivitas <i>Nano Seed Coating</i> ZnO, Fe ₃ O ₄ , dan SiO ₂ dalam Mengatasi Cekaman Kekeringan Fase Perkecambahan Jagung dan Pengaruhnya terhadap Viabilitas Spora FMA	9
3.4 Percobaan 2. Pengaruh <i>Nano Seed Coating</i> Fe ₃ O ₄ diperkaya FMA terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung pada Cekaman Kekeringan di Rumah Kaca	13
3.5 Analisis Data	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Evaluasi Efektivitas <i>Nano Seed Coating</i> ZnO, Fe ₃ O ₄ , dan SiO ₂ dalam Mengatasi Cekaman Kekeringan Fase Perkecambahan Jagung dan Pengaruhnya terhadap Viabilitas Spora FMA	17
4.2 Pengaruh <i>Nano Seed Coating</i> Fe ₃ O ₄ diperkaya FMA terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung pada Cekaman Kekeringan di Rumah Kaca	25
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	60
RIWAYAT HIDUP	71



DAFTAR TABEL

1	Rekapitulasi uji F analisis ragam pengaruh <i>seed film coating</i> NPs dan cekaman kekeringan terhadap mutu benih jagung	17
	Pengaruh <i>seed film coating</i> NPs dan cekaman kekeringan terhadap viabilitas benih jagung	18
	Pengaruh <i>seed film coating</i> NPs dan cekaman kekeringan terhadap vigor benih jagung	20
	Pengaruh <i>seed film coating</i> NPs dan cekaman kekeringan terhadap MDA ($\mu\text{mol g}^{-1}$) kecambah jagung umur 7 HST	22
	Pengaruh NPs terhadap perkecambahan spora FMA pada 14 HSI	23
	Rekapitulasi uji F analisis ragam pengaruh <i>seed coating</i> terhadap pertumbuhan jagung pada cekaman kekeringan di rumah kaca	26
	Pengaruh <i>seed coating</i> dan cekaman kekeringan terhadap tinggi, diameter batang, dan jumlah daun tanaman jagung	27
8	Pengaruh <i>seed coating</i> terhadap laju fotosintesis pada 25 hari setelah cekaman kekeringan, kandungan klorofil pada 21 hari setelah cekaman kekeringan, dan luas daun jagung umur 10 MST	29
9	Pengaruh <i>seed coating</i> terhadap kandungan prolin tanaman jagung umur 38 HST dan kadar air relatif daun umur 7 MST pada cekaman kekering	30
10	Pengaruh <i>seed coating</i> dan cekaman kekeringan terhadap tingkat kolonisasi FMA pada akar (%) tanaman jagung umur 14 MST	31
11	Pengaruh <i>seed coating</i> dan cekaman kekeringan terhadap bobot kering akar, tajuk, dan total tanaman jagung	33
12	Pengaruh <i>seed coating</i> dan cekaman kekeringan terhadap jumlah tongkol, bobot tongkol, bobot biji per tongkol, panjang tongkol, dan diameter tongkol	35

DAFTAR GAMBAR

1 Ruang lingkup penelitian	3
2 Kecambah jagung perlakuan kontrol 7 HST pada taraf cekaman kekeringan (a) 0 MPa, (b) -0,15 MPa, dan (c) -0,30 MPa	19
3 Perkecambahan spora FMA pada 14 HSI (a) spora yang tidak berkecambah dan (b), (c), (d) spora yang berkecambah	23
4 Akar jagung 14 HST (a) kontrol, (b) <i>seed coating</i> NPs+FMA, (c) hifa FMA pada akar, dan (d) hifa FMA pada media zeolit	24
5 Penampang akar (a) tidak terkolonisasi FMA, (b) vesikula, (c) spora, dan (d) hifa intraradikal (HI) dan hifa ekstraradikal (HE) perbesaran 20×	32
6 Tongkol jagung pada (a) 100%, dan (b) 60% kapasitas lapang	34
7 Matriks korelasi Pearson antar peubah <i>nano seed coating</i> diperkaya FMA terhadap pertumbuhan dan produksi jagung pada cekaman kekeringan di rumah kaca	37

DAFTAR LAMPIRAN

1 Deskripsi jagung varietas Lamuru	61
2 Label benih jagung varietas Lamuru	61
3 <i>Certificate of analysis</i> NPs ZnO, Fe ₃ O ₄ , dan SiO ₂	62
4 Metode pengujian perkecambahan	65
5 <i>Seed film coating</i> dan <i>seed coating</i> benih jagung	65
6 Metode perkecambahan spora FMA dan perkembangan FMA	66
7 Lokasi sumber dan penjemuran media tanah	66
8 Laporan hasil pengujian tanah	67
9 Penentuan kapasitas lapang	68
10 Pengamatan kecambah jagung	68
11 Tanaman jagung umur 9 MST	69
12 Panen Jagung	69
13 Data suhu rumah kaca	70
14 Interpretasi hasil nilai korelasi	70

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.