PENGARUH DOSIS PUPUK HAYATI MIKORIZA DAN PUPUK FOSFAT TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH MASAM, PERTUMBUHAN DAN HASIL BAWANG DAUN (*Allium fistulosum* L.)

SKRIPSI

Oleh

MELISA THERESIA SITUMORANG

PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026

PENGARUH DOSIS PUPUK HAYATI MIKORIZA DAN PUPUK FOSFAT TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH MASAM, PERTUMBUHAN DAN HASIL BAWANG DAUN (*Allium fistulosum* L.)

Oleh

MELISA THERESIA SITUMORANG
NIM : 23020222140095

Salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi S-1 Agroekoteknologi
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Melisa Theresia Situmorang
NIM	: 23020222140095
Program Studi	: S1-Agroekoteknologi

dengan ini menyatakan sebagai berikut:

1. Skripsi yang berjudul: **Pengaruh Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat terhadap Sifat Kimia Tanah Masam, Pertumbuhan dan Hasil Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.)** dan penelitian yang terkait dengan skripsi ini merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh dari Pembimbing yaitu: **Muhammad Iqbal Fauzan S.P., M.Si.** dan **Prof. Ir. Didik Wisnu Widjajanto, M.Sc., Ph.D.**

Apabila di kemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik, maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S-1 Agroekoteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

Semarang, 29 September 2026
Penulis,



Melisa Theresia Situmorang

Mengetahui:

Pembimbing Utama	Pembimbing Anggota
Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si.	Prof. Ir. Didik W. Widjajanto, M.Sc., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi	:	PENGARUH DOSIS PUPUK HAYATI MIKORIZA DAN PUPUK FOSFAT TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH MASAM, PERTUMBUHAN DAN HASIL BAWANG DAUN (*Allium fistulosum* L.)
Nama Mahasiswa	:	MELISA THERESIA SITUMORANG
Nomor Induk Mahasiswa	:	23020222140095
Program Studi/Departemen	:	S-1 AGROEKOTEKNOLOGI/PERTANIAN
Fakultas	:	PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
dan dinyatakan lulus pada tanggal... 25 SEP 2026

Pembimbing Utama

Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si.

Pembimbing Anggota

Prof. Ir. Didik W. Widjajanto, M.Sc., Ph.D.

Ketua Program Studi

Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si.

Ketua Panitia Ujian Akhir Program

Bagus Herwibawa, S.P., M.P., Ph.D.

Dekan

Prof. Sugiharto, S.Pt, M.Sc., Ph.D.

Ketua Departemen

Ahmad N. Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D.

RINGKASAN

MELISA THERESIA SITUMORANG. 23020222140095. 2026. Pengaruh Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat terhadap Sifat Kimia Tanah Masam, Pertumbuhan dan Hasil Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.). (Pembimbing : **MUHAMMAD IQBAL FAUZAN** dan **DIDIK WISNU WIDJAJANTO**).

Penelitian bertujuan untuk mengkaji pH, P-tersedia, serapan P, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun dengan pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat pada dosis yang berbeda. Penelitian dilaksanakan pada 02 Februari 2026 – 08 Mei 2026 di *Greenhouse* Swarnaloka, Gunungpati dan Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

Penelitian dilakukan dengan percobaan faktorial 4 x 3. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), setiap kombinasi perlakuan memiliki 3 ulangan sehingga diperoleh 12 kombinasi dan 36 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari 2 tanaman. Faktor pertama adalah perlakuan pupuk hayati mikoriza (tanpa pupuk hayati mikoriza tambahan, 5 g/tanaman, 15 g/tanaman, dan 25 g/tanaman). Faktor kedua adalah perlakuan pupuk fosfat (tanpa perlakuan, 150 kg SP-36/ha, dan 225 kg SP-36/ha). Parameter yang diamati adalah pH, P-tersedia, serapan P, tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) kemudian dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5 % apabila terdapat pengaruh nyata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk hayati mikoriza berpengaruh nyata terhadap P-tersedia, serapan P, tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah. Dosis 25 g/tanaman (M3) menghasilkan rata-rata tertinggi secara numerik pada P-tersedia yaitu 69,42 ppm P, jumlah daun yaitu 6,39 helai, bobot segar tajuk yaitu 30,80 g/tanaman, tinggi tanaman yaitu 28,42 cm, panjang akar yaitu 7,28 cm, dan bobot kering tajuk yaitu 3,20 g/tanaman. Serapan P tertinggi diperoleh pada dosis 15 g/tanaman (M2) yaitu 1,71 mg/tanaman dan tidak berbeda nyata dengan M3 yaitu 1,66 mg/tanaman. Pupuk fosfat berpengaruh nyata terhadap P-tersedia, serapan P, jumlah daun, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah, tinggi tanaman, dan panjang akar. Dosis 225 kg SP-36/ha (F3) menghasilkan rata-rata tertinggi secara numerik pada P-tersedia yaitu 66,15 ppm P, serapan P yaitu 1,63 mg/tanaman, bobot segar tajuk yaitu 22,34 g/tanaman, dan bobot kering tajuk yaitu 3,33 g/tanaman. Jumlah daun pada F3 yaitu 5,92 helai tidak berbeda nyata dengan F2 yaitu 5,63 helai. Tidak terdapat interaksi antara pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat pada seluruh parameter yang diamati.

KATA PENGANTAR

Bawang daun (*Allium fistulosum* L.) merupakan herba perenial yang dalam budidaya sayuran umumnya dikelola sebagai tanaman semusim yang sering digunakan sebagai penyedap rasa dalam industri kuliner. Budidaya tanaman bawang daun memerlukan pengelolaan hara yang tepat, terutama pada kondisi tanah masam yang memiliki keterbatasan ketersediaan fosfor. Oleh karena itu, penelitian mengenai penggunaan pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun.

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan penyertaan-Nya yang senantiasa menyertai penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengaruh Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat terhadap Sifat Kimia Tanah Masam, Pertumbuhan dan Hasil Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.)". Penulis menyadari bahwa selama proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai tantangan dan keterbatasan. Namun, berkat rahmat Tuhan serta dukungan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, melalui skripsi ini penulis mempersembahkan segala rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing utama, Prof. Ir. Didik Wisnu Widjajanto, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing anggota yang telah dengan sabar membimbing, memberikan arahan dan masukan dalam setiap permasalahan yang dihadapi selama pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi, serta memberikan dukungan kepada penulis sejak

penyusunan proposal hingga penulisan skripsi ini selesai. Penulis juga mengucapkan terima kasih atas waktu dan perhatian yang telah diberikan selama proses bimbingan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

2. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro beserta jajarannya yang telah memberikan dukungan, kebijakan, serta fasilitas kepada penulis selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi.
3. Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D. selaku Ketua Departemen Pertanian Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro dan Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si. selaku Ketua Program Studi S-1 Agroekoteknologi Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro atas arahan dan dukungan akademik yang diberikan kepada penulis.
4. Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc. selaku Dosen Wali yang telah banyak memberikan arahan serta masukan kepada penulis selama masa studi.
5. Seluruh dosen dan staf administrasi Program Studi S-1 Agroekoteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro yang telah membantu dan memfasilitasi penulis dalam proses belajar maupun pengurusan administrasi.
6. Sri Bima Ariateja, A.Md., Iskandar, A.Md., dan Akhmad Baroha, S.Pt. selaku tenaga kependidikan dan Pranata Laboratorium Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro yang telah membimbing dalam proses kegiatan di Laboratorium.

7. Kedua orang tua penulis yang terkasih Bapak Joel Situmorang dan Ibu Dewi Sinaga yang senantiasa menjadi anugerah terindah dalam hidup penulis. Terima kasih atas doa, kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang tiada henti. Setiap langkah yang penulis tempuh tidak lepas dari kasih Tuhan yang nyata melalui cinta dan ketulusan Bapak dan Ibu.
8. Ketiga saudara laki-laki penulis Sam Situmorang, Nico Situmorang, dan Ronaldo Situmorang yang selalu hadir memberikan nasihat, dukungan, dan perhatian, serta selalu mengingatkan penulis untuk tetap percaya bahwa setiap proses akan berjalan pada waktu yang terbaik.
9. Sepupu penulis Tiurma Siagian yang sudah seperti saudara perempuan kandung bagi penulis. Terima kasih telah menjadi tempat bagi penulis untuk berbagi cerita, keluh kesah, dan berbagai hal yang terjadi selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena selalu bersedia mendengarkan setiap cerita penulis, memberikan semangat, serta hadir di saat penulis membutuhkan tempat untuk bercerita.
10. Sahabat penulis selama berkuliah di Agroekoteknologi, Ivana Idelia Sari, Fatiha Nurul Izzati, Fayza Sarah Callista Eriyanto, Salsabila Lintang Putri, Putri Irvina Cahya Munaya, Almas Dhiya Ul'hag, dan Ammara Ratu yang selalu hadir dengan perhatian, doa, menampung cerita dan tawa, serta dukungan selama perkuliahan, penelitian, hingga penyusunan skripsi.
11. Teman-teman penulis di program studi Agroekoteknologi Angkatan 2022 yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis selama masa perkuliahan.

12. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
13. *Last but not least, I leave everything in God's hands, holding on to the words from A Coffee with God, Chapter 73, "Do Not Fear," which reminded me that God is greater than every problem I have. As it is written in Isaiah 41:10, "So do not fear, for I am with you; do not be dismayed, for I am your God. I will strengthen you and help you; I will uphold you with my righteous right hand."*

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan oleh penulis. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Demikian penulis sampaikan terima kasih atas perhatian dari berbagai pihak.

Semarang, 29 September 2026

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR LAMPIRAN xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 4

1.3. Tujuan dan Manfaat 4

1.4. Hipotesis Penelitian 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1. Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.) 6

2.2. Tanah Masam 8

2.3. Pupuk Hayati Mikoriza 9

2.4. Pupuk Fosfat 10

2.5. Interaksi Pupuk Hayati Mikoriza dan Fosfor Terhadap Serapan Fosfor serta Pertumbuhan Tanaman 11

BAB III MATERI DAN METODE 13

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 13

3.2. Materi Penelitian 13

3.3. Metode Penelitian 14

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 25

4.1. Hasil Analisis Tanah Awal Penelitian 25

4.2. Kondisi Suhu dan Kelembaban Penelitian 27

4.3. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam dan Uji Lanjut BNJ 5% Pengaruh Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat pada Tanaman Bawang Daun 29

4.4. pH Tanah 30
4.5. P-tersedia 32
4.6. Serapan P 34
4.7. Tinggi Tanaman 37
4.8. Jumlah Daun 39
4.9. Panjang Akar 41
4.10. Bobot segar tajuk 43
4.11. Bobot kering tajuk 45

BAB V SIMPULAN DAN SARAN 49

5.1. Simpulan 49
5.2. Saran 49

DAFTAR PUSTAKA 50

LAMPIRAN 60

RIWAYAT HIDUP 103

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Sifat Kimia, Fisika, dan Kelas Tekstur Tanah Awal Penelitian ...	25
2.	Suhu dan Kelembaban di *Greenhouse* Swarnaloka Kec. Gunung Pati, Kota Semarang.....	28
3.	Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam dan Uji BNJ taraf 5 % Pengaruh Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat Terhadap pH, P-tersedia, Serapan P, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Daun.....	29
4.	pH Tanah Tanaman Bawang Daun pada Perlakuan Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat	30
5.	P-tersedia Tanah Tanaman Bawang Daun pada Perlakuan Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat	32
6.	Serapan P Tanaman Bawang Daun pada Perlakuan Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat	35
7.	Tinggi Tanaman Bawang Daun pada Perlakuan Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat	37
8.	Jumlah Daun Tanaman Bawang Daun pada Perlakuan Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat	39
9.	Panjang Akar Tanaman Bawang Daun pada Perlakuan Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat	41
10.	Bobot Segar Tajuk Bawang Daun pada Perlakuan Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat	44
11.	Bobot Kering Tajuk Bawang Daun pada Perlakuan Dosis Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Fosfat	46

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Layout Penelitian	60
2.	Deskripsi Bawang Daun Varietas Lokal Lembang.....	61
3.	Perhitungan Dosis Pupuk Fosfat.....	62
4.	Perhitungan Dosis Pupuk Dasar Urea dan KCl	63
5.	Data Suhu dan Kelembaban di *Greenhouse* Swarnaloka Kec. Gunung Pati, Kota Semarang.....	64
6.	Analisis Ragam pH Tanah	66
7.	Analisis Ragam P-tersedia	69
8.	Analisis Ragam Serapan P	73
9.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman.....	77
10.	Analisis Ragam Jumlah Daun.....	81
11.	Analisis Ragam Panjang Akar	85
12.	Analisis Ragam Bobot Segar Tajuk.....	89
13.	Analisis Ragam Bobot Kering Tajuk.....	93
14.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	97
15.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	97
16.	Tanaman Bawang Daun dengan Pupuk Hayati Mikoriza (M0) dan Pupuk Fosfat (F1), 150 kg SP-36/ha, dan 225 kg SP-36/ha	99
17.	Tanaman Bawang Daun dengan Pupuk Hayati Mikoriza (M1) dan Pupuk Fosfat (F1), 150 kg SP-36/ha, dan 225 kg SP-36/ha	100
18.	Tanaman Bawang Daun dengan Pupuk Hayati Mikoriza (M2) dan Pupuk Fosfat (F1), 150 kg SP-36/ha, dan 225 kg SP-36/ha	101

19. Tanaman Bawang Daun dengan Pupuk Hayati Mikoriza (M3) dan Pupuk Fosfat (F1), 150 kg SP-36/ha, dan 225 kg SP-36/ha 102

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bawang daun (*Allium fistulosum* L.) merupakan herba perenial yang dalam budidaya sayuran umumnya dikelola sebagai tanaman semusim yang sering digunakan sebagai penyedap rasa dalam industri kuliner baik skala rumah tangga maupun usaha. Bawang daun mengandung vitamin A dalam bentuk beta-karoten yang berperan dalam menjaga kesehatan mata, meningkatkan kekebalan tubuh, dan mendukung regenerasi sel (Kim *et al.,* 2023). Umur panen yang relatif singkat dan nilai ekonomi yang cukup tinggi membuat tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) memberikan dampak positif dalam penambahan pendapatan bagi masyarakat khususnya petani (Welang *et al.,* 2020).

Data Badan Pusat Statistik (BPS, 2025) menunjukkan, produksi tanaman bawang daun di Indonesia pada tahun 2025 mencapai 604.907,67 ton. Luas panen tanaman bawang daun nasional pada tahun 2025 mencapai 56.003,23 ha, dengan rata-rata produktivitas 10,80 ton/ha. Produksi tanaman bawang daun di Indonesia pada tahun 2025 mengalami penurunan sebesar 3,52% dibandingkan dengan tahun 2024 dengan produksi 626.954,181 ton. Luas panen 57.783,80 ha dan rata-rata produktivitas 10,85 ton/ha. Selain permasalahan penurunan produksi, budidaya bawang daun pada lahan marginal seperti tanah masam menghadapi kendala kesuburan tanah, terutama rendahnya ketersediaan fosfor. Tanah masam merupakan jenis tanah yang memiliki pH rendah, dengan kandungan bahan organik

yang dapat berbeda tergantung kondisi tanah serta ketersediaan unsur hara fosfor (P) yang sering terbatas. Kekurangan P pada tanah masam umumnya disebabkan oleh kandungan P dari bahan induk tanah yang memang rendah, atau sebenarnya cukup tinggi tetapi tidak tersedia bagi tanaman karena terikat oleh unsur Al dan Fe. Kondisi kekahatan fosfor (P) ini dapat menghambat perkembangan akar, yang berdampak pada terhambatnya penyerapan hara, terganggunya metabolisme tanaman, dan pada akhirnya menurunkan pertumbuhan serta hasil tanaman (Lovitna *et al.,* 2021).

Sebagai upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pengelolaan hara yang lebih efisien melalui aplikasi pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat secara tepat. Aplikasi pupuk hayati mikoriza dapat membantu meningkatkan penyerapan unsur hara oleh tanaman sehingga mendukung pertumbuhan tanaman (Alam *et al.,* 2025). Pemberian pupuk hayati mikoriza dapat membantu meningkatkan ketersediaan fosfor pada kondisi tanah masam sehingga mendukung pertumbuhan tanaman. Mikoriza juga berperan meningkatkan ketersediaan fosfor, memperbaiki efisiensi penggunaan air, serta mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman melalui peningkatan toleransi terhadap cekaman lingkungan (Udpuay *et al.,* 2024).

Pupuk hayati mikoriza dapat dimanfaatkan untuk mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman melalui pemberian pada dosis tertentu. Penggunaan dosis 0, 10, dan 15 g/tanaman pada tanaman bawang daun menunjukkan bahwa dosis 15 g/tanaman memberikan hasil terbaik terhadap tinggi tanaman bawang daun (Pulungan *et al.,* 2023). Pemberian dosis 0, 5, 10, 15, dan 20 g/tanaman pada

tanaman bawang merah menunjukkan bahwa dosis 10 g/tanaman memberikan pertumbuhan dan hasil terbaik yang ditunjukkan oleh panjang akar dan bobot segar umbi (Sugiana *et al.,* 2023).

Fosfor merupakan unsur hara yang berperan penting dalam mendukung berbagai proses fisiologis dan pertumbuhan tanaman. Pemberian pupuk fosfat dapat menyediakan fosfor yang dibutuhkan tanaman untuk mendukung proses transfer energi, fotosintesis, respirasi, dan pembentukan akar (Peniwiratri dan Ratih, 2024). Penentuan dosis pupuk fosfat perlu mempertimbangkan hasil uji tanah, kebutuhan tanaman, dan jenis pupuk yang digunakan. Pupuk SP-36 adalah salah satu pupuk fosfor yang digunakan untuk mengatasi masalah kekahatan unsur P pada tanah masam. Pupuk SP-36 memiliki sifat mudah larut di dalam air yang menyebabkan sebagian unsur P terlarut dapat mengalami adsorpsi atau presipitasi oleh Al dan Fe pada tanah, sehingga P menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Kinata *et al.,* 2022).

Penggunaan pupuk fosfat pada tanaman dapat dilakukan dengan beberapa dosis sesuai dengan kebutuhan dan respons tanaman terhadap pemberian fosfor. Penggunaan dosis 36, 54, dan 72 kg P_2O_5/ha yang setara dengan 100, 150, dan 200 kg SP-36/ha menunjukkan bahwa pemberian fosfor 54 kg P_2O_5/ha dapat meningkatkan panjang tanaman dan jumlah daun (Ula *et al.,* 2018). Pemberian dosis 120, 170, dan 220 kg SP-36/ha menunjukkan bahwa dosis 220 kg SP-36/ha memberikan hasil terbaik pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk (Aini *et al.,* 2023). Perbedaan dosis dan respons tanaman pada penelitian terdahulu menunjukkan bahwa respons bawang daun terhadap pemberian pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat masih perlu dikaji pada

kondisi tanah masam. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui respons tanah dan tanaman terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil bawang daun pada berbagai taraf dosis.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat pengaruh dosis pupuk hayati mikoriza terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun?
2. Apakah terdapat pengaruh dosis pupuk fosfat terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun?
3. Apakah terdapat interaksi antara dosis pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkaji pengaruh dosis pupuk hayati mikoriza terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun.
2. Mengkaji pengaruh dosis pupuk fosfat terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun.
3. Mengkaji interaksi antara dosis pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil bawang daun.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh dosis pupuk hayati mikoriza terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh dosis pupuk fosfat terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun.
3. Memberikan informasi mengenai interaksi antara dosis pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun.

1.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemberian 15 g/tanaman dosis pupuk hayati mikoriza diduga memberikan respons terbaik terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun.
2. Pemberian 150 kg SP-36/ha dosis pupuk fosfat diduga memberikan respons terbaik terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun.
3. Terdapat interaksi antara pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat terhadap sifat kimia tanah masam, pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.)

Tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) merupakan salah satu jenis tanaman sayuran yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan oleh petani untuk memenuhi kebutuhan pasar. Bawang daun dapat dibudidayakan dengan menggunakan jarak tanam 30 x 30 cm (Ramadhani *et al.,* 2024). Nilai gizi yang dikandung oleh tanaman bawang daun tinggi, sehingga disukai oleh banyak orang. Kandungan gizi pada tanaman bawang daun berupa protein 1,82%, lemak 0,64%, serat kasar 1,65%, kadar air 89,55%, kandungan mineral 0,82% dan karbohidrat 5,54% (Adeyeye, 2020). Klasifikasi tanaman bawang daun menurut *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS, 2026) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Tracheophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Asparagales

Famili : Amaryllidaceae

Genus : Allium

Spesies : *Allium fistulosum* L.

Bawang daun merupakan tanaman herba perenial yang umumnya dibudidayakan sebagai tanaman semusim, dengan sistem perakaran serabut yang

memiliki beberapa cabang akar samping yang pendek. Batang semunya terbentuk dari pelepah daun yang saling menutupi, bagian bawah berwarna putih sedangkan bagian atas berwarna hijau kekuningan (Yusupov *et al.,* 2022). Daun bawang daun memiliki bentuk yang khas. Daunnya silindris, berongga, berwarna hijau sampai hijau tua, dengan permukaan halus berlilin dan biasanya berjumlah 5 – 8 helai per tanaman (Padula *et al.,* 2022).

Budidaya tanaman bawang daun dapat dilakukan pada daerah dataran rendah maupun dataran tinggi. Bawang daun dapat dibudidayakan pada berbagai ketinggian dengan kisaran ketinggian 250 – 1500 mdpl pada suhu udara 19°C – 24°C dengan kelembapan 80% – 90 % (Saida *et al.,* 2023). Tanaman bawang daun dapat tumbuh optimal apabila struktur tanah dan ketersediaan unsur hara mendukung pada media tanam. Pemupukan merupakan salah satu cara untuk memenuhi ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman bawang daun (Murti *et al.,* 2025).

Tanaman bawang daun memiliki permintaan pasar yang cukup luas karena banyak dimanfaatkan sebagai bahan penyedap dan pelengkap berbagai jenis masakan (Wahyuni *et al.,* 2018). Salah satu varietas bawang daun yang banyak ditemukan adalah varietas Lokal Lembang. Bawang daun varietas Lokal Lembang dapat ditanam pada dataran rendah hingga tinggi. Bawang daun varietas Lokal Lembang memiliki tinggi 47,6 cm dengan bentuk daun bulat dan warna daun hijau tua. Masa panen bawang daun varietas Lokal Lembang yaitu 45 – 70 HST dengan potensi berat bersih per rumpun yaitu 320 g.

2.2. Tanah Masam

Tanah masam merupakan tanah marginal yang pada keseluruhan penampang kontrolnya mempunyai pH H_2O kurang dari 5,5 atau pH $CaCl_2$ kurang dari 5,0. Tanah bereaksi masam (pH rendah) akibat rendahnya kandungan kation basa seperti kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) yang disebabkan oleh pencucian hara akibat curah hujan tinggi (Rizki *et al.,* 2022). Tanah masam di Indonesia tersebar di beberapa bagian yaitu di Sumatera, Kalimantan dan Papua dengan total luas 108,8 juta ha. Tanah masam selain terbentuk dari bahan induk masam juga terbentuk dari faktor lain yaitu tingkat curah hujan yang tinggi yang menyebabkan hilangnya kation-kation basa ($Ca^{2+,}$ Mg^{2+} , K^{+} , dan Na^{+}), selain itu tanah yang memiliki tingkat pelapukan lanjut dapat meningkatkan dominasi unsur yang berkaitan dengan kemasaman, terutama Al. Al^{3+} yang terlarut dapat mengalami hidrolisis dan menghasilkan ion H^{+} sehingga menyebabkan tanah bereaksi masam (Sonia dan Setiawati, 2022).

Tanah masam dicirikan oleh pH rendah (<5,5), dan pada banyak tanah masam tropika sering dijumpai kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation yang rendah, kandungan hara N, P, K yang rendah, serta kejenuhan Al yang tinggi. Kejenuhan Al yang tinggi dapat memfiksasi hara P sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Kasno, 2019). Konsentrasi Al yang tinggi pada tanah masam dapat mengakibatkan keracunan bagi tanaman. Keracunan aluminium ditandai dengan terjadinya penghambatan pada pembelahan sel, perpanjangan sel yang menyebabkan tumbuhnya akar menjadi tidak sempurna sehingga berakibat pada terganggunya penyerapan hara (Agustini *et al.,* 2024).

2.3. Pupuk Hayati Mikoriza

Pupuk hayati mikoriza merupakan biofertilizer berbasis fungi mikoriza arbuskular (FMA) yang membentuk simbiosis dengan akar tanaman. Mikoriza berfungsi meningkatkan penyerapan hara (terutama fosfor) dan air, memperbaiki efisiensi fisiologis tanaman, serta meningkatkan toleransi terhadap cekaman lingkungan seperti kekeringan (Jerbi *et al.,* 2022). Mikoriza juga memiliki peran penting dalam meningkatkan proses fisiologis tanaman. Hal ini terlihat dari kemampuannya meningkatkan efisiensi fotosintesis, pertukaran gas, serta produktivitas air irigasi sehingga mampu mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman secara optimal (Begum *et al.,* 2019).

Pupuk hayati mikoriza memberikan peran penting terhadap perbaikan kesehatan tanah. Mikoriza mampu meningkatkan agregasi tanah, menjaga kelembapan, serta membantu mengurangi akumulasi logam berat sehingga mendukung terciptanya sistem budidaya yang lebih berkelanjutan (Wang *et al.,* 2025). Peran mikoriza dalam menjaga kualitas tanah juga berkaitan dengan kemampuannya membentuk jaringan hifa. Jaringan hifa tersebut dapat menekan toksisitas logam berat, meningkatkan ketersediaan hara, serta menstabilkan kondisi tanah agar lebih sesuai untuk pertumbuhan tanaman (Banerjee *et al.,* 2025).

Pemberian pupuk hayati mikoriza dengan dosis 15 g/tanaman merupakan dosis yang memberikan respons terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang daun, yang ditunjukkan melalui peningkatan tinggi tanaman dan jumlah daun dibandingkan dengan dosis lainnya (Pulungan *et al.*, 2023). Pemberian pupuk hayati mikoriza dengan dosis 10 g/tanaman juga memberikan respons terbaik

terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah, yang ditunjukkan melalui peningkatan panjang akar dan bobot segar umbi (Sugiana *et al.,* 2023).

2.3. Pupuk Fosfat

Fosfat merupakan unsur hara makro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Unsur ini bersifat esensial karena berperan dalam berbagai proses fisiologis, terutama pada transformasi energi, sehingga aplikasinya dalam bentuk pupuk fosfat sintetis banyak digunakan dalam budidaya pertanian (Naseem *et al.,* 2020). Penambahan pupuk fosfor pada tanah ultisol sering dilakukan untuk memastikan ketersediaan P dalam jumlah optimal dengan harapan dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Selain berperan dalam peningkatan produksi, pemberian pupuk fosfor pada tanah ultisol juga penting mengingat kandungan P yang relatif rendah pada jenis tanah tersebut (Septiana *et al.,* 2023).

Tanaman memerlukan fosfor dalam jumlah yang cukup agar dapat tumbuh secara optimal. Fosfor berperan penting dalam berbagai proses vital pada tanaman seperti fotosintesis, respirasi, transfer, dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses-proses di dalam tanaman lainnya (Amelia *et al.,* 2021). Salah satu jenis pupuk yang mengandung unsur hara fosfor adalah SP-36. Pupuk SP-36 merupakan pupuk sumber P untuk memenuhi kebutuhan tanaman akan unsur hara fosfor karena memiliki kandungan hara fosfor dalam bentuk P_2O_5 yang tinggi, yaitu sebesar 36% (Dahlia dan Setiono, 2020).

Pemberian pupuk fosfat pada dosis 54 kg P_2O_5/ha atau setara dengan 150 kg SP-36/ha merupakan dosis yang memberikan respons terbaik terhadap

pertumbuhan bawang merah, yang ditunjukkan melalui peningkatan panjang tanaman dan jumlah daun (Ula *et al.*, 2018). Pemberian pupuk fosfat pada dosis 220 kg SP-36/ha juga memberikan respons terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah, yang ditunjukkan melalui tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk (Aini *et al.*, 2023).

2.5. Interaksi Pupuk Hayati Mikoriza dan Fosfor Terhadap Serapan Fosfor serta Pertumbuhan Tanaman

Pupuk hayati mikoriza merupakan pupuk hayati yang mengandung fungi mikoriza arbuskular (FMA) yang mampu membentuk hubungan simbiosis dengan akar tanaman. Pembentukan simbiosis tersebut dipengaruhi oleh status fosfor (P) di dalam tanah. Pada kondisi P rendah, tanaman mengaktifkan respons kekurangan fosfat yang mendorong pembentukan simbiosis dengan FMA sehingga kolonisasi akar dan jalur penyerapan P melalui mikoriza menjadi lebih aktif (Das *et al.,* 2022). Ketersediaan P yang tinggi memberikan respons yang berbeda terhadap hubungan simbiosis tersebut. Peningkatan P di dalam tanah dapat menekan kolonisasi FMA karena tanaman mengurangi ketergantungan terhadap jalur mikoriza setelah kebutuhan fosfornya tercukupi, sehingga kontribusi mikoriza dalam penyerapan P menjadi lebih rendah (Venegas *et al.,* 2021).

Kolonisasi FMA membentuk jaringan hifa eksternal yang memperluas daerah jelajah akar sehingga tanaman mampu memperoleh fosfor dari bagian tanah yang tidak dapat dijangkau oleh sistem perakaran. Jalur hifa tersebut berfungsi sebagai lintasan tambahan untuk menyerap dan mentranslokasikan fosfor menuju akar

sehingga efisiensi serapan P meningkat, terutama pada tanah dengan ketersediaan P yang rendah (Lu *et al.,* 2023). Aktivitas mikoriza tidak hanya meningkatkan luas daerah serapan akar, tetapi juga memengaruhi proses biologis di daerah rizosfer. Interaksi antara hifa mikoriza dan mikroorganisme rizosfer dapat meningkatkan aktivitas enzim fosfatase serta memobilisasi fosfor yang sebelumnya tidak tersedia menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman (Qin *et al.,* 2022).

Peningkatan ketersediaan fosfor di daerah rizosfer melalui aktivitas pupuk hayati mikoriza akan meningkatkan jumlah fosfor yang dapat diserap oleh tanaman. Fosfor yang terserap selanjutnya dimanfaatkan dalam berbagai proses metabolisme, terutama pembentukan ATP sebagai sumber energi, sintesis asam nukleat, dan perkembangan jaringan tanaman, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif secara lebih optimal (Wang *et al.,* 2022). Peningkatan serapan fosfor juga berkontribusi terhadap pembentukan biomassa tanaman karena kecukupan P mendukung perkembangan sistem perakaran, luas daun, dan akumulasi bahan kering. Oleh karena itu, efektivitas pupuk hayati mikoriza dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh keberhasilannya dalam meningkatkan efisiensi serapan P, terutama pada tanah dengan ketersediaan fosfor yang rendah (Qi *et al.,* 2022).

BAB III

MATERI DAN METODE

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 02 Februari 2026 – 08 Mei 2026 di *Greenhouse* Swarnaloka, Gunungpati dan Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang. Lokasi penelitian terletak pada 7°4’45.7’’ lintang selatan dan 110°20’53.7’’ bujur timur dengan rata-rata suhu 26,9°C dan rata-rata kelembapan udara (RH) 88,3 %.

3.2. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan dan alat. Bahan yang digunakan adalah bibit bawang daun varietas Lokal Lembang, tanah masam, pupuk hayati mikoriza, SP-36, urea, KCl, akuades, HCl, HNO_3, $HClO_4$, dan pereaksi Bray-1 untuk penetapan P-tersedia. Alat yang digunakan adalah polibag ukuran 30 cm x 30 cm, sekop, selang air, sprayer, timbangan digital, meteran, penggaris, alat tulis, label, amplop, oven, pH meter, *magnetic stirrer*, spektrofotometer, *electric stove*, erlenmeyer, pipet, alat gelas, dan kamera untuk dokumentasi kegiatan penelitian. Pupuk hayati mikoriza yang digunakan merupakan pupuk hayati mikoriza komersial dengan kandungan campuran spesies fungi mikoriza arbuskular (FMA) yaitu *Glomus claroideum*, *Acaulospora rugosa*, *Acaulospora tuberculata*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae*, dan *Glomus*

etunicatum. Berdasarkan label produk, pupuk hayati mikoriza memiliki kerapatan 99 spora/100 g. Informasi bahan pembawa dan nomor batch tidak tercantum pada label, sehingga viabilitas dan kemampuan kolonisasi spora terhadap akar tanaman tidak dapat dipastikan dan tidak diuji dalam penelitian ini.

3.3. Metode Penelitian

3.3.1. Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan dengan percobaan faktorial 4 x 3. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), setiap kombinasi perlakuan memiliki 3 ulangan sehingga diperoleh 12 kombinasi dan 36 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari 2 tanaman, sehingga terdapat 72 populasi tanaman bawang daun. Faktor pertama adalah pemberian dosis pupuk hayati mikoriza yang dilakukan pada awal tanam, yang terdiri atas 4 taraf yaitu:

M0 = 0 (tanpa pupuk hayati mikoriza tambahan)

M1 = 5 g/tanaman

M2 = 15 g/tanaman

M3 = 25 g/tanaman

Faktor kedua adalah pemberian dosis pupuk fosfat yang dilakukan pada awal tanam yang terdiri atas 3 taraf yaitu:

F1 = 0 (tanpa perlakuan)

F2 = 150 kg SP-36/ha

F3 = 225 kg SP-36/ha

Sebelum penanaman, seluruh kombinasi perlakuan dan ulangan diacak menggunakan tabel angka acak untuk menentukan posisi penempatan polibag di greenhouse, dan posisi tersebut tidak dirotasi selama penelitian berlangsung. Layout yang digunakan pada penelitian ini, disajikan pada Lampiran 1.

3.3.2. Prosedur Penelitian

Prosedur yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap persiapan, perlakuan, pemeliharaan, pemanenan, dan proses pengambilan data.

Persiapan penelitian. Persiapan penelitian meliputi persiapan media tanam dan persiapan bibit. Persiapan media tanam dilakukan dengan menggunakan tanah masam yang diambil dari lima titik pengambilan sampel di Kelurahan Cepoko, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, pada lahan yang sebelumnya digunakan untuk kegiatan pertanian, dengan kedalaman 0 cm – 20 cm. Tanah dari setiap titik pengambilan dicampurkan secara merata menjadi satu sampel komposit, kemudian dikeringanginkan dan diayak untuk memperoleh partikel tanah dengan ukuran 2 mm. Tanah yang telah diayak dianalisis untuk mengetahui sifat kimia dan sifat fisika tanah awal yang meliputi pH, N, P, K, C-organik, C/N rasio, KTK, EC total, P-tersedia, dan tekstur tanah. Tanah yang telah dipersiapkan dimasukkan ke dalam 36 polibag berukuran 30 cm x 30 cm, dengan setiap polibag diisi 5 kg tanah kering udara. Tanah yang digunakan tidak melalui proses sterilisasi, sehingga berpotensi masih mengandung fungi mikoriza arbuskular dari lapangan, termasuk pada polibag dengan perlakuan M0. Persiapan bibit dilakukan dengan menyiapkan bibit

bawang daun varietas Lokal Lembang (Lampiran 2). Bibit yang digunakan berasal dari tanaman bawang daun hasil panen, sehat, bebas dari gejala serangan hama dan penyakit, serta memiliki ukuran yang relatif seragam. Tanaman bawang daun kemudian dipotong dengan ukuran 5 cm untuk memperoleh keseragaman bibit sebelum ditanam. Berdasarkan penelitian Ramadhani *et al.* (2024) jarak antar polibag yang digunakan adalah 30 cm x 30 cm.

Analisis Tanah Awal. Tahapan analisis tanah awal dilakukan dengan mengambil sampel tanah masam. Analisis tanah meliputi sifat kimia dan fisika tanah yaitu pH (H_2O), pH (KCl), N-Total, P_2O_5 HCl 25%, K_2O HCl 25%, C-organik, C/N rasio, KTK, EC total, P-tersedia, dan tekstur tanah. Penetapan pH menggunakan pH meter, N-Total menggunakan metode Kjeldahl, P_2O_5 HCl 25% dan K_2O HCl 25% menggunakan metode ekstraksi HCl 25%, C-organik menggunakan metode Walkley-Black, C/N rasio, KTK menggunakan metode pencucian ammonium asetat, EC menggunakan metode konduktometri, P-tersedia menggunakan metode Bray-1, dan tekstur tanah menggunakan metode Hidrometer Bouyoucos. Sifat kimia, fisika, dan kelas tekstur tanah awal penelitian disajikan pada Tabel 1.

Perlakuan. Tahap perlakuan meliputi pemberian pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat. Pupuk hayati mikoriza diberikan dengan cara ditaburkan di sekitar perakaran bibit tanaman bawang daun pada awal tanam sesuai dosis perlakuan yaitu M0 = 0 (tanpa pupuk hayati mikoriza tambahan), M1 = 5 g/tanaman, M2 = 15 g/tanaman, dan M3 = 25 g/tanaman. Setiap polibag berisi 2 tanaman, pupuk hayati mikoriza diberikan pada masing-masing tanaman dengan dosis 5 g, 15 g, dan 25 g,

sehingga total dosis per polibag masing-masing menjadi 10 g, 30 g, dan 50 g. Pupuk fosfat menggunakan SP-36 diberikan pada awal tanam dengan cara ditaburkan secara melingkar di sekitar tanaman sesuai dengan dosis perlakuan yaitu F1 = 0 (tanpa perlakuan), F2 = 150 kg SP-36/ha (0,37 g SP-36/polibag), dan F3 = 225 kg SP-36/ha (0,56 g SP-36/polibag), kemudian ditutup kembali dengan tanah (Lampiran 3). Pupuk dasar berupa urea dan KCl diberikan satu minggu sebelum tanam dengan dosis yang sama pada seluruh unit percobaan. Urea diberikan sebanyak 0,67 g/polibag dan KCl sebanyak 0,83 g/polibag (Lampiran 4). Dosis tersebut setara dengan 271,74 kg urea/ha berdasarkan rekomendasi 125 kg N/ha (Herdiani, 2019) dan 333,33 kg KCl/ha berdasarkan rekomendasi 200 kg K_2O/ha (Karo dan Marpaung, 2020). Urea mengandung 46% N, sedangkan KCl mengandung 60% K_2O.

Pemeliharaan Tanaman. Tahap pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyiraman secara rutin yaitu satu kali setiap hari pada sore hari untuk menjaga kelembapan media tanam dengan volume penyiraman yaitu 350 mL. Penyiangan gulma dilakukan secara mekanik dengan cara mencabut gulma pada media tanam. Penyulaman dilakukan pada 7 HST apabila terdapat tanaman yang mati dengan menggunakan tanaman cadangan yang memiliki umur dan perlakuan yang sama dengan tanaman pada unit percobaan.

Pengamatan dan Pemanenan. Tahap terakhir adalah pengamatan terhadap parameter-parameter yang diamati yaitu parameter sifat kimia tanah antara lain pH (H_2O), P-tersedia, dan serapan P. Parameter pertumbuhan dan hasil yaitu tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), panjang akar (cm), bobot segar tajuk

(g/tanaman), dan bobot kering tajuk (g/tanaman). Analisis pH dan P-tersedia dilakukan menggunakan sampel tanah yang diambil setelah panen dari beberapa titik pada setiap polibag, kemudian dicampurkan hingga homogen, dikeringanginkan, dan diayak menggunakan ayakan berukuran 2 mm, dan dilanjutkan dengan analisis di laboratorium. Pengukuran tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar dilakukan pada kedua tanaman dalam setiap polibag, kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk memperoleh satu nilai yang mewakili setiap satuan percobaan. Pemanenan dilakukan saat tanaman bawang daun mencapai umur 45 hari setelah tanam (HST).

3.3.3. Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan meliputi aspek kesuburan tanah, pertumbuhan, dan hasil tanaman bawang daun.

A. Parameter kesuburan tanah

1) pH Tanah

pH tanah merupakan salah satu analisis tanah yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman pada suatu tanah. pH tanah dapat diukur menggunakan *glass electrode* – pH meter. Sebanyak 10,00 g contoh tanah ditimbang dan dimasukkan ke dalam botol kocok, kemudian ditambahkan 50 ml air bebas ion. Suspensi tanah kemudian dikocok menggunakan mesin pengocok selama 30 menit. Selanjutnya, suspensi tanah diukur menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan larutan sangga pH 7,0 dan pH 4,0. (BPSI Tanah dan Pupuk, 2023).

2) P-Tersedia

P-tersedia yang diestimasi dengan Bray-1 merupakan fraksi P tanah yang relatif labil dan berkaitan dengan P yang berpotensi tersedia bagi tanaman dalam bentuk $H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-}. Sebanyak 2,5 g contoh tanah berukuran <2 mm ditimbang, kemudian diekstraksi menggunakan larutan Bray dan Kurtz I sebanyak 25 ml. Sampel tanah dan larutan pengekstrak dikocok selama 5 menit, kemudian disaring. Apabila hasil ekstrak masih keruh, larutan dikembalikan ke saringan semula dan proses penyaringan dilakukan hingga diperoleh ekstrak jernih. Apabila larutan hasil ekstrak berwarna, ditambahkan karbon aktif sebanyak 0,5 g – 1 g ke dalam contoh yang diekstrak. Sebanyak 2 ml ekstrak jernih dipipet ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 10 ml pereaksi pewarna fosfat, dikocok, dan didiamkan selama 30 menit. Absorbansi larutan kemudian diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 889 nm. Hasil pengukuran dicatat dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar } P_2O_5 \text{ tersedia (ppm)} = \text{ppm kurva} \times 10 \times \text{fp} \times \frac{142}{190} \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

fp = faktor pengenceran

142/190 = faktor konversi bentuk PO_4 menjadi P_2O_5

fk = faktor koreksi kadar air (BPSI Tanah dan Pupuk, 2023).

3) Serapan P

Serapan P merupakan jumlah P yang diserap oleh tanaman. Penentuan serapan P diawali dengan analisis kadar P jaringan tanaman menggunakan metode destruksi basah dengan HNO_3 dan $HClO_4$. Sampel yang digunakan adalah daun dan batang semu dari dua tanaman pada setiap polibag, yang dikompositkan menjadi satu sampel. Sampel dioven, dihaluskan, kemudian ditimbang sebanyak 0,5 g (500 mg) kemudian direaksikan dengan 5 ml asam nitrat 65% dan 0,5 ml asam perklorat. Sampel didiamkan semalam, kemudian dipanaskan di atas *electric stove* hingga proses destruksi sempurna. Hasil destruksi diencerkan dengan akuades hingga volume 100 ml lalu disaring. Filtrat diambil sebanyak 1 ml dan direaksikan dengan 10 ml pereaksi pewarna P selama 15 menit. Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 889 nm.

$$\text{Kadar P (\%)} = \text{ppm kurva} \times \frac{\text{mL ekstrak}}{1.000\ \text{mL}} \times \frac{100}{\text{mg contoh}} \times \text{fp} \times \frac{31}{95} \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar PO_4 dalam contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko

mL ekstrak = 100 ml (volume akhir ekstrak hasil destruksi setelah diencerkan dengan akuades)

mg contoh = 500 mg (bobot sampel 0,5 g)

fp = faktor pengenceran

fk = faktor koreksi kadar air

100 = faktor konversi ke %

31/95 = faktor konversi kadar PO_4 menjadi P

Kadar P jaringan tanaman yang diperoleh dari hasil pengukuran spektrofotometer digunakan untuk menghitung serapan P. Bobot kering yang dipakai dalam perhitungan ini merupakan bobot gabungan dua tanaman per polibag yang dibagi dua, dikalikan dengan kadar P dari sampel komposit. Perhitungan serapan P dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

Serapan P (mg/tanaman) = kadar P (%) x bobot kering tajuk (g) x 10

Keterangan:

kadar P (%) = kadar fosfor dalam jaringan tajuk tanaman

bobot kering tajuk = hasil bobot kering bagian tajuk tanaman

10 = faktor konversi dari persen (%) menjadi mg/g

B. Parameter pertumbuhan dan hasil tanaman

1) Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur pada saat pemanenan menggunakan meteran dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi (Fera *et al.,* 2019).

2) Jumlah daun (helai)

Jumlah daun dihitung di akhir pengamatan dengan cara menghitung daun yang telah membuka sempurna hingga daun berwarna hijau dari dua tanaman, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai jumlah daun per tanaman pada setiap unit percobaan (Suyanto *et al.,* 2022).

3) Panjang akar (cm)

Pengukuran panjang akar dilakukan pada akhir pengamatan, yaitu setelah tanaman bawang daun sudah pada masa panen dan setelah dibersihkan. Diukur berdasarkan akar terpanjang dari pangkal akar hingga ujung akar menggunakan penggaris (Manurung *et al.,* 2022)

4) Bobot segar tajuk (g/tanaman)

Bobot segar tajuk diukur setelah panen dari dua tanaman per polibag, ditimbang secara bersamaan, kemudian hasil penimbangan dibagi dua untuk memperoleh bobot per tanaman (Sari *et al.,* 2026).

5) Bobot kering tajuk (g/tanaman)

Bobot kering tajuk dari dua tanaman per polibag, diukur setelah tanaman dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70 °C hingga mencapai bobot konstan, kemudian hasil penimbangan dibagi dua untuk memperoleh bobot per tanaman (Budirokhman, 2025).

3.3.4. Analisis Data

Rancangan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap faktorial 4 x 3 dengan 3 kali ulangan. Model linear untuk analisis RAL faktorial adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{Yijk = \mu + M_i + F_j + (MF)_{ij} + \varepsilon_{ijk}}$$

Keterangan:

Y_{ijk} = Nilai pengamatan faktor perlakuan pupuk hayati mikoriza ke-i dan faktor perlakuan pupuk fosfat ke-j dan ulangan ke-k

μ = Rata-rata dari total perlakuan

M_i = Pengaruh faktor perlakuan pupuk hayati mikoriza taraf ke-i

F_j = Pengaruh faktor perlakuan pupuk fosfat taraf ke-j

$(MF)_{ij}$ = Pengaruh interaksi faktor perlakuan pupuk hayati mikoriza taraf ke-i dan faktor perlakuan pupuk fosfat taraf ke-j

ε_{ijk} = Pengaruh acak dari faktor perlakuan pupuk hayati mikoriza taraf ke-i dan faktor perlakuan pupuk fosfat taraf ke-j dan ulangan taraf ke-k

Hipotesis statistik yang diuji adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh utama faktor perlakuan pupuk hayati mikoriza

   $H_0 : \mu M_0 = \mu M_1 = \mu M_2 = \mu M_3 = 0$

   Tidak ada pengaruh perlakuan pupuk hayati mikoriza terhadap parameter yang diamati.

   H1 : Paling sedikit ada satu $\mu Mi \neq 0$

   Terdapat pengaruh perlakuan pupuk hayati mikoriza terhadap parameter yang diamati.

2. Pengaruh utama faktor perlakuan pupuk fosfat

   $H_0 : \mu F_1 = \mu F_2 = \mu F_3 = 0$

   Tidak ada pengaruh perlakuan pupuk fosfat terhadap parameter yang diamati.

   H_1 : Paling sedikit ada satu $\mu F_j \neq 0$

   Terdapat pengaruh perlakuan pupuk fosfat terhadap parameter yang diamati.

3. Pengaruh interaksi faktor perlakuan pupuk hayati mikoriza dan faktor perlakuan pupuk fosfat

H_0 : $(MF)_{ij} = 0$

Tidak ada pengaruh interaksi perlakuan pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat terhadap parameter yang diamati.

H_1 : Paling sedikit ada satu $(MF)_{ij} \neq 0$

Terdapat pengaruh interaksi perlakuan pupuk hayati mikoriza dan pupuk fosfat terhadap parameter yang diamati.

Analisis Statistik

Data yang diperoleh berupa pH, P-tersedia, serapan P, tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk kemudian diolah dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui adanya pengaruh dari perlakuan yang dilanjutkan dengan Uji Pembanding yaitu Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan nilai tengah perlakuan.