

UJI APLIKASI PUPUK HIJAU *Azolla pinnata* DENGAN DOSIS
BERBEDA TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT
(*Elaeis guineensis* Jacq.)



Oleh :

PETRA YOGA UTAMA HIDAYAT
NPM : 1954211029

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS WIDYA GAMA MAHAKAM
SAMARINDA
2025

**UJI APLIKASI PUPUK HIJAU *Azolla pinnata* DENGAN
DOSIS BERBEDA TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA
SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

Oleh :

PETRA YOGA UTAMA HIDAYAT

NPM : 1954211029

**Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian
Pada Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS WIDYA GAMA MAHAKAM
SAMARINDA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Uji Aplikasi Pupuk Hijau *Azolla pinnata* dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Nama : Petra Yoga Utama Hidayat

NPM : 1954211029

Fakultas : Pertanian

Program Studi : Agroteknologi

Konsentrasi : Perkebunan

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Iin Arsensi, SP., MP., IPM
NIDN. 1119047101


Hj. Furwati, S.P., M.P
NIDN. 1128117101

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Widyagama Mahakama



Dr. Ir. Iin Arsensi, SP., MP., IPM
NIK. 2022071294

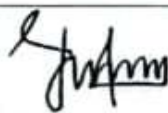
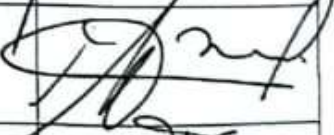


**UNIVERSITAS WIDYA GAMA MAHAKAM
SAMARINDAFAKULTAS PERTANIAN**

SURAT LULUS UJIAN PENDADARAN

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

Nama : Petra Yoga Utama Hidayat
NPM : 1954211029
Judul Skripsi : Uji Aplikasi Pupuk Hijau *Azolla pinnata* dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)
Lulus Tanggal : 23 Oktober 2025
Tim Penguji Sesuai SK No : 057/UWGM/FP/SK/II/2023

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Dr. Ir. Iin Arsensi, SP., MP., IPM	Ketua	
2	Hj. Purwati, S.P., M.P	Sekretaris	
3	Dr. Akhmad Sopian, SP., MP.	Anggota	
4	Mahdalena, S.P., M.P.	Anggota	
5	Siti Mutmainah, S.Pd., M.Pd	Anggota	

Samarinda, 23 Oktober 2025 Dekan,



Dr.Ir Iin Arsensi, SP.,MP.,IPM
NIK.2022.071.294

RIWAYAT HIDUP



Petra Yoga Utama Hidayat, dilahirkan di Laham 4 April 2001, adalah anak pertama dari Bapak Wahyu Hidayat dan Ibu Suci Rahayu Pendidikan formal dimulai pada tahun 2006 di Sekolah Dasar 003 Tenggarong Seberang, tamat tahun 2012. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri

04 Tenggarong Seberang, tamat pada tahun 2015 selanjutnya penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Tenggarong Seberang, tamat pada tahun 2018.

Pendidikan tinggi dimulai pada tahun 2019 di Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda Fakultas Pertanian Program Studi Agroteknologi dan pada semester ke-lima penulis menentukan pilihan pada konsentrasi Perkebunan. Dari tanggal 1-31 Agustus 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kecamatan Tenggarong Seberang, kemudian pada tanggal 15 Oktober sampai 18 Desember 2022 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. GSA yang berlokasi di Kampung Long Mesangat, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur.

ABSTRAK

Petra Yoga Utama Hidayat, Fakultas Pertanian Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda 2025, Uji Aplikasi Pupuk Hijau *Azolla pinnata* dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.), dibawah bimbingan lin Arsensi dan Purwati.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian berbagai dosis *Azolla pinnata* terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan di lahan percobaan Fakultas Pertanian Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda.

Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan terdiri dari dosis *Azolla pinnata* yaitu 0 g, 100 g, 125 g, 150 g, 175 g, dan 200 g per polybag. Setiap ulangan terdiri dari 1 tanaman, sehingga total unit percobaan sebanyak 24 tanaman. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian *Azolla pinnata* tidak berpengaruh nyata terhadap semua parameter pertumbuhan bibit kelapa sawit.

Kata Kunci: *Azolla* , *Dosis*, *Kelapa Sawit*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih, anugerah, dan penyertaan-Nya yang sempurna, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “Uji Aplikasi Pupuk Hijau *Azolla pinnata* dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Fakultas Pertanian Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda. Penulis juga mempersembahkan karya ini kepada ayahanda tercinta bapak Wahyu Hidayat, ibunda tercinta ibu Suci Rahayu, serta adik tercinta Priska Aditra Putri Hidayat, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan motivasi dalam setiap langkah perjalanan hidup penulis.

Penulis telah berusaha secara maksimal dalam menyusun skripsi ini sesuai dengan kaidah-kaidah ilmiah yang berlaku. Besar harapan penulis agar karya ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam bidang keilmuan yang dikaji. Namun demikian, penulis menyadari bahwa tidak ada karya manusia yang sepenuhnya sempurna. Oleh sebab itu, penulis dengan rendah hati membuka diri terhadap kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan di masa yang akan datang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan dukungan, doa, dan bimbingan dari berbagai pihak yang tidak ternilai harganya. Dengan penuh rasa hormat dan ucapan terima kasih yang tulus, penulis menyampaikan penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Husaini Usman, M.Pd., M.T., Selaku Rektor Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda.

2. Dr. Akhmad Sopian, SP., MP Selaku Wakil Rektor bidang Sumber Daya Manusia (SDM) dan Dosen Penguji I.
3. Dr. Ir. Iin Arsensi, SP., MP., IPM. Selaku Dekan Fakultas Pertanian dan Dosen Pembimbing I.
4. Mahdalena, SP., MP, Selaku Wakil Dekan dan Dosen Penguji II.

5. Asiah wati., S.P., M.P Selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian.
6. Hj. Purwati, S.P., M.P Selaku Dosen Pembimbing II dan Siti Mutmainah, S.Pd., M.Pd Selaku Dosen Penguji III.
7. Seluruh tenaga pengajar Fakultas Pertanian Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
8. Rekan mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda.

Akhir kata, penulis menyerahkan hasil karya ilmiah ini ke dalam tangan Tuhan dan berharap kiranya skripsi ini dapat menjadi berkat dan manfaat bagi siapa pun yang membacanya.

Samarinda, 23 Oktober 2025



Petra Yoga Utama

Hidayat

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
RIWAYAT HIDUP.....	ii
ABSTRAK.....	iii
SURAT LULUS UJIAN PENDADARAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Hipotesis Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Kelapa Sawit.....	4
2.1.1 Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.).....	4
2.1.2 Klasifikasi Tanaman Kelapa Sawit.....	5
2.1.3 Morfologi Tanaman Kelapa Sawit.....	5
2.1.4 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit.....	8
2.2 Klasifikasi tanaman paku air (<i>Azolla pinnata</i>)	10
2.2.1 <i>Azolla pinnata</i>	10
2.2.2 Morfologi Tanaman <i>Azolla pinnata</i>	11
2.2.3 Syarat Tumbuh <i>Azolla pinnata</i>	12
2.3 <i>Azolla pinnata</i> sebagai pupuk.....	13

2.4 Ciri-ciri pupuk organik siap di gunakan.....	15
III. METODE PENELITIAN	
.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	18
.3 Rancangan Percobaan.....	18
.4 Pelaksanaan penelitian.....	19
3.4.1 Persiapan tempat penelitian.....	19
3.4.2 Persiapan bibit Kelapa Sawit.....	19
3.4.3 Pembuatan naungan.....	19
3.4.4 Pengisian tanah ke polybag.....	20
3.4.5 Perlakuan pupuk <i>Azolla pinnata</i>	20
3.4.6 Penanaman.....	20
3.4.7 Pemeliharaan.....	21
3.5 Pengambilan Data.....	21
3.5.1 Tinggi Tanaman (cm).....	21
3.5.2 Jumlah Daun (Helai).....	21
3.5.3 Diameter Batang (mm).....	22
3.6 Analisis Data.....	22
IV. HASIL DAN ANALISIS DATA	
4.1 Tinggi Tanaman (cm).....	24
4.1.1 Tinggi Tanaman 14 HSP.....	24
4.1.2 Tinggi Tanaman 28 HSP.....	25
4.1.3 Tinggi Tanaman 42 HSP.....	26
4.1.4 Tinggi Tanaman 56 HSP.....	27
4.2 Diameter Batang (mm).....	28
4.2.1 Diameter Batang 14 HSP.....	28
4.2.2 Diameter Batang 28 HSP.....	29
4.2.3 Diameter Batang 42 HSP.....	30

4.2.4 Diameter Batang 56 HSP.....	31
4.3 Jumlah Daun.....	32
4.3.1 Jumlah Daun 14 HSP.....	32
4.3.2 Jumlah Daun 28 HSP.....	33
4.3.3 Jumlah Daun 42 HSP.....	34
4.3.4 Jumlah Daun 56 HSP.....	35
 V. PEMBAHASAN	
5.1 Pengaruh pupuk hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Tinggi Bibit Kelapa Sawit	36
5.2 Pengaruh pupuk hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap diameter batang Bibit Kelapa Sawit	37
5.2 Pengaruh pupuk hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap jumlah daun Bibit Kelapa Sawit	38
 VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	42
6.2 Saran.....	42
 DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Rancangan Perlakuan pupuk hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Bibit Kelapa Sawit.....	19
2.	Rumus Perhitungan Sidik Ragam yang Digunakan dalam Penelitian.....	22
3.	Rata-rata Tinggi Tanaman 14 HSP (cm).....	24
4.	Rata-rata Tinggi Tanaman 28 HSP (cm).....	25
5.	Rata-rata Tinggi Tanaman 42 HSP (cm).....	26
6.	Rata-rata Tinggi Tanaman 56 HSP (cm).....	27
7.	Rata-rata Diameter Batang 14 HSP (mm).....	28
8.	Rata-rata Diameter Batang 28 HSP (mm).....	29
9.	Rata-rata Diameter Batang 42 HSP (mm).....	30
10.	Rata-rata Diameter Batang 56 HSP (mm).....	31
11.	Rata-rata Jumlah Daun 14 HSP (helai).....	32
12.	Rata-rata Jumlah Daun 28 HSP (helai).....	33
13.	Rata-rata Jumlah Daun 42 HSP (helai).....	34
14.	Rata-rata Jumlah Daun 56 HSP (helai).....	35

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
1.	Budidaya <i>Azolla pinnata</i> di dalam bak ember plastik.....	55
2.	Pemanenean <i>Azolla pinnata</i>	55
3.	Pemeliharaan bibit.....	55
4.	Penyiangan gulma.....	55
5.	Penimbangan <i>Azolla pinnata</i> sesuai dosis perlakuan.....	56
6.	Pencampuran <i>Azolla pinnata</i> dengan tanah sebelum aplikasi media tanam.....	56
7.	Aplikasi <i>Azolla pinnata</i> ke media tanam dengan beberapa dosis sesuai rancangan perlakuan.....	56
8.	Kondisi media tanam setelah pencampuran <i>Azolla pinnata</i> sesuai perlakuan.....	56
9.	Kegiatan transplanting bibit ke media tanam yang lebih besar dan telah di beri <i>Azolla pinnata</i> sesuai perlakuan.....	57
10.	Transplanting bibit ke media tanam yang lebih besar dan telah di beri <i>Azolla pinnata</i> sesuai perlakuan pada unit tanaman yang berbeda pada hari yang sama.....	57
11.	Kondisi pertumbuhan bibit kelapa sawit pada aplikasi 150g pupuk hijau <i>Azolla pinnata</i>	57
12.	Kondisi pertumbuhan bibit kelapa sawit pada aplikasi 175g pupuk hijau <i>Azolla pinnata</i>	57
13.	Pengukuran diameter batang pada aplikasi pupuk 200g, ulangan ke 4 pada 14 Hari Setelah Perlakuan (HSP).....	58
14.	Pengukuran tinggi tanaman pada aplikasi pupuk 200g, ulangan ke 1 pada 14 Hari Setelah Perlakuan (HSP).....	58
15.	Pengukuran tinggi tanaman pada aplikasi pupuk 150g, ulangan ke 5 pada 14 Hari Setelah Perlakuan (HSP).....	58
16.	Pengukuran diameter batang pada aplikasi pupuk 150g, ulangan ke 1 pada 14 Hari Setelah Perlakuan (HSP).....	58

17. Pengukuran diameter batang pada aplikasi pupuk 200, ulangan ke 3 pada 28 Hari Setelah Perlakuan (HSP).....	59
18. Pengukuran tinggi tanaman pada aplikasi pupuk 200g, ulangan ke 2 pada 28 Hari Setelah Perlakuan (HSP).....	59
19. Pengukuran Parameter pertumbuhan tetap di lakukan sebelum pengendalian hama ulat bulu.....	59

20. Pengamatan Jumlah daun pada 56 Hari Setelah Perlakuan (HSP).....	59
21. Pestisida nabati daun pepaya dan kulit bawang untuk pengendalian hama ulat bulu	60
22. Pengukuran tinggi tanaman pada aplikasi pupuk 200g, ulangan ke 2 pada 56 Hari Setelah Perlakuan (HSP).....	60
23. Pengukuran diameter batang pada aplikasi pupuk 200g, ulangan ke 2 pada 56 Hari Setelah Perlakuan (HSP).....	60

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
1	Jadwal Penelitian Uji Aplikasi Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)..	48
2	Uji Aplikasi Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)..	49
3	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Tinggi Tanaman Kelapa Sawit pada Umur 14 HSP.....	50
4	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Tinggi Tanaman Kelapa Sawit pada Umur 28 HSP.....	50
5	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Tinggi Tanaman Kelapa Sawit pada Umur 42 HSP.....	50
6	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Tinggi Tanaman Kelapa Sawit pada Umur 56 HSP.....	51
7	Sidik Ragam pengaruh Pupuk hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Diameter Batang Kelapa Sawit pada Umur 14 HSP.....	51
8	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Diameter Batang Kelapa Sawit pada Umur 28 HSP.....	51
9	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Diameter Batang Kelapa Sawit pada Umur 42 HSP.....	52
10	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Diameter Batang Kelapa Sawit pada Umur 56 HSP.....	52

11	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Jumlah Daun Kelapa Sawit pada Umur 14 HSP.....	52
12	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Jumlah Daun Kelapa Sawit pada Umur 28 HSP.....	53
13	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Jumlah Daun Kelapa Sawit pada Umur 42 HSP.....	53
14	Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau <i>Azolla pinnata</i> terhadap Jumlah Daun Kelapa Sawit pada Umur 56 HSP.....	53
15	Rekapitulasi Pemberian Beberapa Dosis <i>Azolla pinnata</i> Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit.....	54

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis di Indonesia yang berperan penting dalam perekonomian nasional, baik sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan masyarakat, maupun penyumbang devisa negara. Indonesia dikenal sebagai produsen utama minyak kelapa sawit dunia, dengan kontribusi sekitar 56% terhadap produksi minyak nabati global (FAO, 2024). Selain itu, kelapa sawit juga menjadi salah satu komoditas ekspor unggulan, di mana pada tahun 2023 nilai ekspor minyak sawit mentah (CPO) mencapai lebih dari USD 28,6 miliar atau sekitar 11,5% dari total ekspor nonmigas nasional (BPS, 2024). Kondisi ini menegaskan posisi strategis kelapa sawit dalam mendukung perekonomian Indonesia.

Kalimantan Timur merupakan salah satu daerah dengan potensi pengembangan perkebunan kelapa sawit yang cukup besar. Berdasarkan data Dinas Perkebunan Kalimantan Timur (2019), luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai 1.228.138 hektar dengan produksi tandan buah segar sebesar 18,3 juta ton pada tahun 2018. Perkebunan kelapa sawit tidak hanya dikelola oleh perusahaan besar, tetapi juga oleh masyarakat melalui perkebunan rakyat, sehingga kebutuhan akan bibit kelapa sawit yang berkualitas terus meningkat.

Pertumbuhan bibit kelapa sawit yang sehat sangat ditentukan oleh kualitas pemeliharaan pada fase pembibitan, salah satunya melalui pemupukan. Pemupukan pada fase

awal pertumbuhan merupakan tahapan krusial untuk menunjang perkembangan bibit secara optimal (Nuryani & Hartatik, 2022). Oleh karena itu, praktik pemupukan yang berimbang antara pupuk organik dan anorganik sangat diperlukan untuk menjaga keberlanjutan produktivitas tanah serta mencegah degradasi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Singbah, dkk., 2025).

Penelitian Sari (2024) menunjukkan bahwa dosis pupuk anorganik yang tinggi dalam jangka panjang menurunkan indeks kesuburan tanah akibat degradasi bahan organik dan kapasitas tukar kation. Sebagai solusi, penggunaan pupuk organik menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Pupuk organik mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta menjaga keseimbangan agroekosistem. Salah satu bahan organik yang berpotensi digunakan adalah *Azolla pinnata*, sejenis paku air yang bersimbiosis dengan *Anabaena azollae* untuk mengikat nitrogen dari udara. *Azolla* memiliki kandungan nitrogen, fosfor, kalium, serta unsur mikro lain yang cukup tinggi sehingga dapat memperbaiki kesuburan media tanam. Menurut Fitriani dkk. (2022). *Azolla pinnata* yang merupakan kelompok paku air memiliki kemampuan dalam bersimbiosis dengan *Anabaena azollae* yang mampu mengikat unsur nitrogen dari udara. *Azolla pinnata* memiliki berbagai unsur hara antara lain Nitrogen (N): 1,96–5,30 %, Fosfor (P): 0,16–1,59 %, Kalium (K): 2–4,50 %, Silikat (Si): 0,16–3,35 %, Kalsium (Ca): 0,31, 5,97 %, Besi (Fe): 0,04–0,59 %, Magnesium (Mg): 0,22–0,66 %, Seng (Zn): 26–989 ppm. (Turahmah, dkk., 2023).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi *Azolla* pada tanaman kelapa sawit mampu meningkatkan

pertumbuhan bibit. Suryati (2016) melaporkan bahwa konsentrasi Azolla 125 g/l menghasilkan pertumbuhan tinggi bibit, jumlah daun, dan berat kering yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh Hastuti dkk. (2024) dan Waruwu dkk. (2020), di mana penggunaan Azolla dalam bentuk pupuk cair maupun kompos mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diketahui bahwa *Azolla pinnata* berpotensi besar sebagai pupuk organik pengganti pupuk anorganik dalam pembibitan kelapa sawit. Namun, dosis optimal Azolla yang tepat untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit masih perlu dikaji lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan judul “uji aplikasi pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan dosis berbeda terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq)”

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan dosis yang berbeda terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)
2. Menentukan dosis *Azolla pinnata* yang terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

1.3 Hipotesis Penelitian

Diduga pemberian pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan

dosis 125gr berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit dan terdapat dosis terbaik yang memberikan hasil yang optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menjadi bahan informasi tentang bagaimana pengaruh pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan pemberian *Azolla* sebagai pupuk organik dengan jumlah dosis yang diterapkan. Pemanfaatan *Azolla pinnata* di harapkan menjadi pengganti pupuk buatan yang dapat meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelapa Sawit

2.1.1 Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan berperan penting dalam perekonomian Indonesia. Tanaman ini berasal dari Afrika Barat dan pertama kali dibawa ke Indonesia pada tahun 1848, kemudian berkembang pesat menjadi komoditas unggulan nasional. Indonesia saat ini dikenal sebagai produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan kontribusi lebih dari 50% terhadap produksi minyak sawit global (BPS, 2024).

Secara morfologi, kelapa sawit termasuk tanaman monokotil yang memiliki sistem perakaran serabut yang mampu menembus tanah hingga kedalaman lebih dari 1 meter. Batangnya tidak bercabang, beruas padat, dan daun tersusun majemuk dengan panjang mencapai 3–5 meter. Bunga kelapa sawit bersifat monoecious (berumah satu), artinya dalam satu pohon terdapat bunga jantan dan betina yang terpisah. Buahnya berbentuk bulat hingga lonjong, berwarna hijau, kuning, hingga merah kehitaman saat masak, tersusun dalam tandan dengan berat mencapai 20–30 kg per tandan (Nuryani & Hartatik, 2022).

Pertumbuhan kelapa sawit dipengaruhi oleh faktor iklim, tanah, dan pemeliharaan. Tanaman ini tumbuh optimal pada daerah tropis dengan suhu 24–28°C, curah hujan 2000–2500 mm/tahun, serta sinar matahari penuh sepanjang hari. Selain itu, tanah dengan tekstur lempung berpasir hingga lempung liat, pH 5,0–6,5, dan drainase baik

merupakan media yang ideal. Tahap pembibitan merupakan fase penting dalam budidaya kelapa sawit, karena kualitas bibit akan menentukan produktivitas tanaman di lapangan. Bibit umumnya dibagi menjadi dua fase, yaitu pre-nursery (0–3 bulan) dan main nursery (3–12 bulan). Pada fase ini pemupukan menjadi faktor penentu keberhasilan pertumbuhan (Nuryani & Hartatik, 2022).

2.1.2 Klasifikasi Tanaman Kelapa Sawit

Menurut Pahan (2021). Tanaman kelapa sawit dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan dapat diklasifikasi sebagai berikut:

Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monicotyledonae
Ordo	: Arecales
Genus	: Elaeis
Famili	: Arecaceae
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

2.1.3 Morfologi Tanaman Kelapa Sawit

Berikut adalah morfologi tanaman kelapa sawit menurut para ahli.

Akar

Sistem perakaran kelapa sawit tergolong akar serabut (adventif), yang berkembang dari pangkal batang dan menyebar ke segala arah secara horizontal dan vertikal. Akar terdiri atas beberapa tingkat: akar primer, sekunder, tersier, dan kuarternier. Akar primer memiliki diameter relatif besar dan berfungsi utama sebagai penopang tanaman. Akar sekunder dan tersier tumbuh bercabang dan

bertanggung jawab terhadap penyerapan air dan unsur hara. Sebagian besar akar aktif tumbuh di lapisan tanah atas (0–30 cm) namun dapat menjalar hingga kedalaman 1 meter tergantung kondisi tanah. Akar kelapa sawit memiliki sistem perakaran yang efisien dalam menyerap nitrogen dan kalium dari tanah, terutama pada jenis tanah ultisol dan inceptisol. Struktur akar yang kompak namun luas memungkinkan tanaman ini bertahan di berbagai jenis tanah, termasuk tanah marginal. (Suwandi, dkk., 2021)

Daun

Daun kelapa sawit merupakan daun majemuk. Daun berwarna hijau tua dan pelapah berwarna sedikit lebih muda. Susunan daun kelapa sawit mirip dengan kelapa (Nyiur), yaitu membentuk daun menyirip. Letak daun pada batang mengikuti pola tertentu yang disebut filotaksis. Daun yang berurutan dari bawah ke atas membentuk suatu spiral dengan rumus daun $1/8$. Terdapat dua pola filotaksis yang secara sederhana dapat dikatakan yang satu berputar ke kiri tidak berbeda dengan yang kanan dan produktivitas pohon dengan kedua pola ini pun tidak berbeda nyata. Daun kelapa sawit terdiri dari beberapa bagian, sebagai berikut:

- a. Kumpulan anak daun (*leaflets*) yang mempunyai helaian (*lamina*) dan tulang anak daun (*Midrib*).
- b. Rachis yang merupakan tempat anak daun melekat
- c. Tangkai daun (*Periole*) yang merupakan bagian antara daun dan batang.

d. Seludang daun (*Sheath*) yang berfungsi sebagai perlindungan dari kuncup dan memberi kekuatan pada batang.

Daun terdiri atas tangkai daun yang pada kedua tepinya terdapat dua baris duri. Tangkai daun bersambung dengan tulang daun utama yang jauh lebih panjang dari tangkai dan pada kiri-kanannya terdapat anak-anak daun. Tiap anak daun terdiri atas tulang anak daun dan helai daun. Anak daun yang terpanjang (pada pertengahan daun) dapat mencapai 1,2 meter.

Jumlah anak daun dapat mencapai 250-300 helai per daun. Jumlah produksi daun adalah 30-40 daun per tahun pada pohon-pohon yang berumur 5-6 tahun, setelah itu produksi daun menurun menjadi 20-25 daun per tahun (Pahan, 2021).

Batang

Batang kelapa sawit bersifat tunggal, tegak, dan tidak bercabang (monopodial). Batang ini tumbuh dari titik tumbuh apikal (tunas pucuk) dan mengalami pertambahan tinggi seiring pertumbuhan tanaman. Diameter batang berkisar antara 25–75 cm, bergantung pada umur dan varietas tanaman. Permukaan batang muda umumnya tertutup pelepah daun yang belum rontok, sedangkan batang dewasa terlihat bersih akibat pelepah yang gugur secara alami. Batang berperan sebagai penopang frond (daun), serta sebagai tempat menyimpan cadangan air dan nutrisi. Struktur batang kelapa sawit memiliki jaringan empulur dan berkas pengangkut tersebar yang memperkuat kemampuan tanaman menopang tajuk daun dan tandan buah segar yang berat. Tanaman yang masih muda, batangnya tidak terlihat karena tertutup oleh pelepah daun. Semakin tua tanaman, bekas pelepah daun mulai rontok

(Harahap, dkk., 2022).

Bunga

Kelapa sawit termasuk tanaman monoecious, yaitu memiliki bunga jantan dan betina dalam satu individu, namun terpisah pada tandan yang berbeda. Bunga muncul dari ketiak daun dalam bentuk tandan dan mengikuti pola pembungaan bergelombang (*flush*). Satu siklus pembungaan biasanya berlangsung 10–14 hari, tergantung lingkungan dan umur tanaman. Bunga jantan berisi banyak benang sari dan menghasilkan serbuk sari untuk penyerbukan, sedangkan bunga betina memiliki ovarium yang akan berkembang menjadi buah setelah penyerbukan berhasil. Kualitas dan kuantitas bunga sangat dipengaruhi oleh status hara, intensitas cahaya, dan umur fisiologis tanaman (Hasibuan, dkk., 2022).

Buah

Buah kelapa sawit tersusun dalam tandan yang beratnya berkisar 10–25 kg per tandan. Setiap tandan mengandung 1.000 hingga 3.000 buah tergantung varietas dan umur tanaman. Buah berbentuk bulat hingga oval dan memiliki tiga lapisan utama:

1. Eksokarp (kulit luar)
2. Mesokarp (daging buah penghasil minyak CPO)
3. Endokarp (cangkang keras pelindung biji)

Di dalam endokarp terdapat biji (kernel) yang mengandung minyak inti sawit (PKO). Buah akan matang dalam waktu sekitar 5–6 bulan setelah penyerbukan, dengan ciri warna berubah dari hijau/oranye menjadi merah kehitaman. Ciri morfologi buah yang sehat dan matang sangat penting untuk menentukan waktu panen yang

optimal dan efisiensi produksi. (Hasibuan, dkk., 2022).

2.1.4 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman tropis yang membutuhkan kondisi lingkungan tertentu agar dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan kelapa sawit meliputi iklim, ketinggian tempat, topografi, jenis dan sifat tanah, serta ketersediaan air.

Iklim

Kelapa sawit memerlukan curah hujan yang tinggi dan merata sepanjang tahun. Curah hujan ideal bagi pertumbuhan kelapa sawit adalah antara 2.000 hingga 3.000 mm per tahun. Curah hujan yang terlalu rendah akan menyebabkan tanaman mengalami stres air, sementara curah hujan yang terlalu tinggi dapat menimbulkan genangan air dan memperburuk kondisi tanah (Arvis, 2023).

Suhu udara yang sesuai untuk pertumbuhan kelapa sawit berkisar antara 24°C hingga 28°C. Suhu di bawah 20°C dapat menghambat proses fotosintesis dan memperlambat pertumbuhan tanaman, sedangkan suhu di atas 33°C dapat meningkatkan penguapan dan mengurangi efisiensi penggunaan air (Kafrawi, dkk., 2023). Di samping itu, tanaman ini memerlukan penyinaran matahari minimal selama 5–7 jam per hari agar proses fotosintesis berlangsung maksimal (Herlina, dkk., 2023).

Kelembaban udara juga berpengaruh terhadap pertumbuhan kelapa sawit. Kelembaban ideal berada pada kisaran 75–85%. Kelembaban yang terlalu rendah dapat menyebabkan penutupan stomata, menghambat proses fotosintesis dan transpirasi, sedangkan kelembaban yang

terlalu tinggi dapat memicu serangan penyakit (Sulardi, 2022).

Ketinggian dan Topografi

Kelapa sawit tumbuh baik pada ketinggian 0–500 meter di atas permukaan laut (mdpl). Meskipun masih dapat tumbuh hingga 700 mdpl, hasil produksinya akan menurun seiring bertambahnya ketinggian karena suhu yang lebih rendah dan pencahayaan yang terbatas (Kafrawi, dkk., 2023).

Dari segi topografi, kelapa sawit idealnya ditanam di lahan datar atau landai dengan kemiringan kurang dari 15%. Pada lahan dengan kemiringan lebih dari 25%, dibutuhkan upaya konservasi tanah seperti pembuatan terasering agar mencegah erosi dan memperlancar pengelolaan tanaman (Zega Hutan, 2022).

Sifat dan Kondisi Tanah

Tanah yang sesuai untuk pertumbuhan kelapa sawit adalah tanah dengan struktur yang gembur, memiliki aerasi dan drainase yang baik, serta mengandung bahan organik dalam jumlah cukup. Tekstur tanah yang ideal adalah lempung berpasir hingga lempung liat, yang mampu menahan air dan udara dalam jumlah seimbang (Sulardi, 2022).

Kedalaman tanah juga menjadi faktor penting. Tanaman kelapa sawit memerlukan kedalaman tanah efektif minimal 80–100 cm agar sistem perakarannya dapat berkembang optimal dan menyerap unsur hara dengan baik. Tanah dangkal atau berbatu akan membatasi pertumbuhan akar dan menurunkan produktivitas (Intishar, dkk., 2024).

Kisaran pH tanah yang ideal adalah 5,0–6,5. Pada pH yang terlalu asam ($< 4,5$) atau terlalu basa ($> 7,0$), ketersediaan unsur hara akan terganggu. Tanah juga tidak boleh tergenang air, karena kondisi anaerob akan merusak akar. Oleh karena itu, sistem drainase yang baik sangat diperlukan untuk menjaga kondisi tanah tetap sesuai bagi pertumbuhan (Paulus, dkk., 2023).

Media Tanam dan Pemeliharaan Awal

Pada fase pembibitan, media tanam yang digunakan harus mengandung cukup unsur hara dan memiliki daya dukung yang baik terhadap pertumbuhan akar. Penelitian Intishar, dkk. (2024) menunjukkan bahwa kombinasi media tanam solid dengan volume penyiraman yang tepat sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan awal bibit kelapa sawit. Selain itu, penggunaan mulsa terbukti dapat menjaga kelembaban media dan meningkatkan efisiensi pemupukan pada fase awal pertumbuhan (Paulus, dkk., 2023).

2.2 Klasifikasi tanaman paku air (*Azolla pinnata*)

Tumbuhan paku air (*Azolla pinnata*) memiliki taksonomi sebagai berikut (Mu'min (2021).

Divisi	: Pteridophyta
Kelas	: Filicopsida
Ordo	: Salviniiales
Family	: Salviniaceae
Genus	: <i>Azolla</i>
Spesies	: <i>Azolla pinnata</i>

2.2.1 *Azolla pinnata*

Azolla pinnata merupakan tanaman air dari divisi

Pteridophyta (paku-pakuan) yang tumbuh mengapung di permukaan air. Tanaman ini memiliki nilai ekologis dan agronomis tinggi karena bersimbiosis dengan cyanobacteria *Anabaena azollae*, yang mampu mengikat nitrogen bebas dari atmosfer. Kemampuan ini membuat Azolla digunakan secara luas sebagai pupuk hijau, pakan ternak, dan penutup lahan ramah lingkungan (Lestari, dkk., 2021).

2.2.2 Morfologi Tanaman *Azolla pinnata* (Paku Air)

Menurut Morfologi *Azolla pinnata* terdiri atas tiga struktur utama, yaitu batang, daun, dan akar. Masing-masing bagian memiliki karakteristik unik yang memungkinkan tanaman ini tumbuh dan beradaptasi dengan lingkungan perairan dangkal.

Batang

Batang Azolla sebenarnya berupa rimpang atau stolon pendek yang tumbuh mendatar di atas permukaan air. Rimpang ini bercabang-cabang secara simetris dan membentuk koloni padat. Struktur batang bersifat rapuh, sehingga mudah terfragmentasi menjadi bagian-bagian kecil. Potongan batang ini kemudian dapat tumbuh menjadi individu baru, menjadikan perbanyakan vegetatif sebagai cara utama reproduksi alami (Dwicahya , dkk., 2021). Sifat bercabang dan tumbuh mendatar ini juga berfungsi untuk memperluas area tutupan tanaman di permukaan air.

Daun

Daun Azolla berbentuk kecil menyerupai sisik, tersusun dalam dua baris rapat di sepanjang batang.

Panjang daun umumnya sekitar 1–2 mm. Daun bagian atas (dorsal) mengandung klorofil dan berwarna hijau cerah hingga kemerahan tergantung kondisi cahaya. Pada daun ini pula terdapat rongga yang menjadi tempat hidup *Anabaena azollae*, bakteri yang bersimbiosis dan bertugas mengikat nitrogen (Fitriani , dkk., 2022).

Sementara itu, daun bagian bawah (ventral) biasanya tidak berklorofil dan berfungsi sebagai alat pengapung. Perubahan warna daun dari hijau ke merah sering kali terjadi pada kondisi stres cahaya tinggi, karena produksi pigmen antosianin sebagai respons protektif terhadap radiasi (Nurhayati , dkk., 2023).

Akar

Akar *Azolla* tumbuh dari ruas batang dan menggantung ke dalam air. Akar berbentuk serabut halus dan tidak bercabang, dengan panjang bervariasi antara 1,5 hingga 11 cm. Jumlah akar pada satu individu biasanya antara 1–5 buah, tergantung usia dan kondisi lingkungan (Arifin, 2020). Fungsi utama akar adalah menyerap unsur hara dan air dari perairan, serta menjaga posisi tanaman tetap seimbang di permukaan air. Pada kondisi kekurangan fosfat, panjang akar dapat meningkat sebagai respons adaptasi untuk mencari nutrisi lebih dalam (Ulya, 2023).

2.2.3 Syarat Tumbuh *Azolla pinnata*

Agar *Azolla pinnata* dapat tumbuh dengan optimal dan memperbanyak biomassa secara cepat, maka dibutuhkan kondisi lingkungan sebagai berikut:

Suhu

Suhu ideal untuk pertumbuhan *Azolla* berkisar antara 20–30°C. Pada suhu di atas 35°C, daun cenderung mengering, pigmentasi berubah, dan laju pertumbuhan menurun drastis. Suhu yang terlalu rendah (<15°C) juga akan menghambat aktivitas fisiologis tanaman (Nurhayati , dkk., 2023).

pH Air

Azolla membutuhkan perairan dengan pH berkisar antara 4,5–7,5. Dalam kondisi pH terlalu asam (<4,5) atau basa (>7,5), proses fiksasi nitrogen oleh *Anabaena* terganggu, yang berdampak pada pertumbuhan daun dan jumlah biomassa (Ulya, 2023).

Cahaya Matahari

Tanaman ini memerlukan intensitas cahaya matahari yang cukup, namun tidak langsung. Intensitas ideal adalah 25–50% dari cahaya penuh. Sinar matahari langsung secara terus-menerus dapat menyebabkan stres dan meningkatkan produksi antosianin sehingga daun berubah warna menjadi kemerahan atau kecoklatan (Fitriani , dkk., 2022).

Air dan Kedalaman

Azolla tumbuh paling baik di perairan yang tenang, bersih, dan tidak berarus, dengan kedalaman air antara 5–15 cm. Perairan yang dangkal mendukung akar menggantung dengan stabil dan memudahkan penyerapan hara. Selain itu, koloni *Azolla* lebih stabil dan menyebar merata pada

permukaan air yang datar dan tidak terganggu angin atau arus (Dwicahya , dkk., 2021).

Ketersediaan Unsur Hara

Azolla sangat memerlukan unsur fosfor (P) untuk mendukung metabolisme simbiosis dan pembentukan jaringan tanaman baru. Fosfor juga mendorong aktivitas fiksasi nitrogen. Pada kondisi defisiensi P, tanaman akan menunjukkan pertumbuhan akar yang lebih panjang sebagai kompensasi pencarian hara (Ulya, 2023).

2.3 *Azolla pinnata* sebagai pupuk

Azolla pinnata merupakan tumbuhan paku air yang memiliki kemampuan luar biasa dalam fiksasi nitrogen secara biologis melalui simbiosis dengan cyanobacteria *Anabaena azollae*. Proses simbiosis ini memungkinkan Azolla menyediakan nitrogen dalam jumlah signifikan, menjadikannya sebagai sumber pupuk hijau yang ramah lingkungan serta berpotensi menggantikan pupuk anorganik dalam sistem pertanian berkelanjutan (Akhtar dkk., 2025).

Kandungan Unsur Hara dan Potensi Pupuk

Biomassa kering Azolla mengandung nitrogen sebesar 2–5%, protein kasar 25–30%, serta unsur hara makro dan mikro lainnya seperti fosfor (0,16–1,59%), kalium (2–4,5%), kalsium (0,3–6%), magnesium (0,2–0,7%), dan unsur mikro seperti seng (26–989 ppm), besi (0,04–0,59%), dan silika (0,16–3,35%) (Hidayat dan Hasanah, 2023; Turahmah dkk., 2023).

Penggunaan *Azolla pinnata* pada berbagai tanaman

Pemanfaatan *Azolla pinnata* sebagai pupuk organik tidak hanya terbatas pada tanaman kelapa sawit, tetapi juga telah banyak diterapkan pada berbagai jenis tanaman pangan dan hortikultura. Keunggulan *Azolla* dalam memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan ketersediaan nitrogen membuatnya menjadi pilihan pupuk hayati yang efektif dan ramah lingkungan.

Kesmayanti (2021) melaporkan bahwa aplikasi *Azolla pinnata* sebanyak 5 ton/ha pada tanaman padi sawah, dikombinasikan dengan 50% dosis pupuk urea, mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, serta bobot kering tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa *Azolla* dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik tanpa menurunkan produktivitas.

Penelitian oleh Sulistiawati (2023) pada tanaman buncis tegak (*Phaseolus vulgaris* L.) membuktikan bahwa pemberian kompos *Azolla* bersama pupuk fosfor meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen secara signifikan. Ini menunjukkan bahwa *Azolla* juga berfungsi memperbaiki kualitas media tanam serta mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman hortikultura.

Di sektor perkebunan, Gurning (2023) melakukan penelitian pada bibit kelapa sawit dan menemukan bahwa pupuk organik cair (POC) dari *Azolla microphylla* meningkatkan luas daun dan bobot tajuk bibit sawit, meskipun belum memberikan perbedaan signifikan pada tinggi dan jumlah pelepah.

Berdasarkan berbagai hasil tersebut, *Azolla* memiliki potensi luas sebagai pupuk organik untuk berbagai jenis tanaman. Efektivitasnya dipengaruhi oleh bentuk aplikasi (segar, kompos, atau cair), dosis, serta jenis tanaman yang

dibudidayakan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan dosis optimal dan bentuk aplikasi Azolla pada tanaman perkebunan seperti kelapa sawit.

2.4. Ciri-ciri pupuk organik yang siap digunakan

Pupuk organik adalah produk hasil pelapukan dan dekomposisi bahan organik (sisa tanaman, kotoran ternak, dan limbah organik lain) yang telah mengalami stabilisasi sehingga aman dan efektif dipakai untuk menunjang pertumbuhan tanaman (Syafria, 2022; Setyoningrum, 2024). Dalam praktik pembibitan dan budidaya, penilaian kematangan pupuk organik penting dilakukan sebelum aplikasi untuk menghindari efek negatif seperti fitotoksisitas atau imobilisasi nitrogen.

Adapun ciri-ciri pupuk organik yang matang dan siap digunakan adalah sebagai berikut:

Warna

Pupuk organik matang umumnya berwarna cokelat tua hingga hitam homogen. Warna gelap ini menandakan terbentuknya humus dan proses penguraian lignoselulosa yang relatif lengkap (Syafria, 2022).

Aroma (bau)

Aroma yang diharapkan adalah bau tanah/humus ringan. Apabila masih tercium bau menyengat seperti amonia atau bau kotoran segar, maka bahan belum matang sempurna dan perlu kelanjutan proses pengomposan (Setyoningrum, 2024).

Tekstur dan konsistensi

Tekstur remah, mudah hancur bila diremas, tidak menggumpal dan tidak lengket. Tekstur halus memudahkan pencampuran dengan media tanam dan mengindikasikan degradasi fisik bahan organik telah berlangsung baik (Agrika, 2023; Saputra, 2023)

Suhu

Suhu massa pupuk yang matang mendekati suhu lingkungan. Jika material masih terasa panas, terdapat aktivitas mikroba termofilik yang berarti proses pengomposan masih aktif dan bahan belum stabil untuk aplikasi pada bibit muda.

Kadar kelembapan

Kadar air ideal pupuk jadi berkisar moderat (tidak berlumpur dan tidak terlalu kering); dalam beberapa studi lokal pengomposan, kelembapan terkontrol membantu menghindari kondisi anaerob yang menimbulkan bau dan penurunan mutu (Syafria, 2022).

Rasio C/N (Carbon : Nitrogen)

Rasio C/N merupakan indikator kematangan yang sering digunakan; kompos yang matang biasanya menunjukkan rasio C/N yang menurun mendekati kisaran yang aman untuk tanaman. Beberapa penelitian Indonesia menyarankan C/N yang relatif rendah sebagai indikator kesiapan pupuk organik untuk aplikasi (Studi kompos lokal; Syafria, 2022).

pH dan Konduktivitas Listrik (EC)

pH pupuk organik matang idealnya mendekati netral atau sedikit asam (kisaran berbeda berdasarkan bahan

baku), dan EC tidak menunjukkan konsentrasi garam yang tinggi. Nilai-nilai ini sering diuji dalam studi pengembangan pupuk organik di Indonesia untuk memastikan keamanan aplikasi pada tanaman (Kaswinarni & Nugraha, 2022).

Bebas dari kontaminan fisik dan bahan asing

Produk akhir harus minim atau bebas plastik, kaca, logam dan material anorganik lain. Praktik pengomposan dan pemilah bahan baku pada skala lokal sering ditekankan agar hasil pupuk organik bersih dan aman dipakai (panduan produksi lokal; Polbangtan, 2023).

Tidak bersifat fitotoksik

Uji kecambah (germination index atau uji pertumbuhan bibit) sering digunakan untuk memastikan tidak ada senyawa toksik tersisa. Beberapa penelitian Indonesia pada pupuk cair dan padat (termasuk Azolla sebagai bahan) menggunakan uji biologi ini untuk memastikan aman diaplikasikan pada tanaman muda.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini bertempat pada kebun percobaan Universitas Widya Gama. Penelitian ini dilakukan Selama 90 hari mulai bulan Juni hingga bulan Agustus 2024.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan antara lain : cangkul, parang, gembor, paranet, polybag ukuran 30 x 30, timbangan digital, meteran, kamera dan jangka sorong.

Bahan yang digunakan antara lain : bibit tanaman kelapa sawit DxP Bah Lias 1 berumur 1 bulan sebanyak 24 bibit, tanah lapisan atas, air, *Azolla pinnata*.

3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK), terdiri dari 6 perlakuan dan 4 ulangan sehingga diperoleh 24 unit percobaan.

Perlakuan *Azolla pinnata* terdiri atas 6 perlakuan, yaitu :

- D0 : Tanpa perlakuan
- D1 : Dosis 100g *Azolla pinnata*
- D2 : Dosis 125g *Azolla pinnata*
- D3 : Dosis 150g *Azolla pinnata*
- D4 : Dosis 175g *Azolla pinnata*
- D5 : Dosis 200g *Azolla pinnata*

Tabel 1. Rancangan Perlakuan pupuk hijau *Azolla piri* terhadap Bibit Kelapa Sawit

Perlakuan	Ulangan			
D ₀	D ₀ U ₁	D ₀ U ₂	D ₀ U ₃	D ₀ U ₄
D ₁	D ₁ U ₁	D ₁ U ₂	D ₁ U ₃	D ₁ U ₄
D ₂	D ₂ U ₁	D ₂ U ₂	D ₂ U ₃	D ₂ U ₄
D ₃	D ₃ U ₁	D ₃ U ₂	D ₃ U ₃	D ₃ U ₄
D ₄	D ₄ U ₁	D ₄ U ₂	D ₄ U ₃	D ₄ U ₄
D ₅	D ₅ U ₁	D ₅ U ₂	D ₅ U ₃	D ₅ U ₄

3.4 Pelaksanaan penelitian

3.4.1 Persiapan tempat penelitian

Lahan yang digunakan sebagai tempat penelitian dibersihkan dari gulma dari sisa-sisa tanaman secara manual dengan menggunakan parang dan cangkul

3.4.2 Persiapan bibit Kelapa Sawit

Bibit tanaman kelapa sawit di peroleh dari mitra PT. Lonsum Samarinda umur 1 bulan, adapun varietas yang digunakan adalah varietas D x P Bah Lias 1 di pilih yang sehat dan tidak rusak.

3.4.3 Pembuatan naungan

Naungan dibuat menggunakan paranet yang berfungsi sebagai pengatur intensitas cahaya matahari yang diterima oleh tanaman. Selain itu, keberadaan paranet juga membantu melindungi tanaman dari paparan air hujan

secara langsung, sehingga kondisi lingkungan tumbuh menjadi lebih stabil dan mendukung pertumbuhan optimal.

3.4.4 Pengisian tanah ke polybag

Tanah yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman bibit kelapa sawit adalah tanah yang berasal dari tempat lokasi penelitian. Polybag ukuran 30x30 disiapkan sebanyak 24 (Dua Puluh Empat) lembar sesuai dengan kebutuhan perlakuan tanaman bibit kelapa sawit. Tanah yang digunakan yaitu tanah lapisan atas, polybag dibagi menjadi 4 ulangan dengan 6 perlakuan kemudian diletakan di lokasi yang di tetapkan. Setelah tanah disiapkan dan ditimbang dengan berat masing-masing polybag 5 kg, langkah selanjutnya media tanah di isi secara bersamaan dengan pupuk *Azolla pinnata* yang sudah dicincang halus lalu diaplikasikan dengan cara di benamkan pada media tanam sesuai dengan dosis yang telah ditentukan

3.4.5 Perlakuan pupuk *Azolla pinnata*

Azolla pinnata dicincang halus sebelum dicampurkan ke dalam media tanam dan diaplikasikan bersamaan dengan proses transplanting bibit kelapa sawit ke polybag besar. Tujuannya adalah agar Unsur hara dalam dari *Azolla pinnata* tersedia sejak awal dan mendukung adaptasi bibit pada media tanam baru. Perlakuan di lakukan dengan 6 taraf dosis, yaitu D0 tanpa *Azolla pinnata* (kontrol), D1(100g), D2(125g), D3(150g), D4(175g), D5(200g). Metode ini diharapkan dpat meningkatkan efektivitas penyerapan nutrisi selama fase awal pertumbuhan.

3.4.6 Penanaman

Bibit tanaman kelapa sawit yang sudah berumur 1 bulan ditanam dalam lubang tanah. Masing masing polybag yang telah di isi tanah di tugal dan tengah polybag di tanami satu bibit kelapa sawit kemudian tanah di sekitarnya di padatkan, setelah itu disusun rapi pada tempat penelitian.

3.4.7 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman merupakan masa yang sangat penting dan menentukan dalam menghasilkan produksi sesuai dengan yang diharapkan, meliputi: penyiangan gulma dan penyiraman.

a. Penyiraman

Penyiraman dilakukan sebanyak dua kali sehari pagi dan sore hari, penyiraman dilakukan tergantung pada kondisi cuaca, jika hujan maka penyiraman tidak dilakukan.

b. Penyiangan gulma

Penyiangan gulma dilakukan secara manual menggunakan tangan bila terdapat gulma didalam media tanam polybag.

c. Pengendalian hama penyakit

Hama yang dikendalikan dalam penelitian ini adalah ulat bulu yang menyerang beberapa tanaman. Pengendalian dilakukan secara alami menggunakan pestisida nabati yang berasal dari ekstrak daun pepaya dan kulit bawang, karena bahan ini dinilai ramah lingkungan dan efektif dalam mengendalikan hama tanpa merusak tanaman.

3.5 Pengambilan data

Dalam penelitian ini ada beberapa parameter yang diamati selama penelitian, yaitu:

3.5.1 Tinggi Tanaman (cm)

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran, mulai dari pangkal batang yang sudah diberi tanda sebelumnya (1cm di atas media) hingga titik tumbuh pucuk. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap 14 HSP, 28 HSP, 42 HSP, dan 56 HSP

3.5.2 Jumlah Daun (Helai)

Penghitungan jumlah daun dilakukan dengan cara menghitung daun pada setiap tanaman, daun yang dihitung adalah daun yang telah terbuka sempurna. Penghitungan jumlah daun dilakukan setiap 14 HSP, 28 HSP, 42 HSP, dan 56 HSP

3.5.3 Diameter Batang (mm)

Pengukuran diameter batang tanaman dilakukan dengan menggunakan jangka sorong, diameter batang diukur pada pangkal batang yang telah ditandai sama seperti pengukuran tinggi tanaman (1cm di atas media). Pengukuran diameter batang dilakukan setiap 14 HSP, 28 HSP, 42 HSP, dan 56 HSP.

3.6 Analisis Data

Data hasil pengamatan dan pengukuran dianalisis dengan menggunakan sidik ragam, apabila berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan menggunakan uji BNT taraf 5% (Hanafiah, 2005).

Tabel 2. Rumus Perhitungan Sidik Ragam yang Digunakan

dalam Penelitian

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
Kelompok	$r - 1$	JK Kel	$\frac{JK \text{ Kel}}{r-1}$	$\frac{KT \text{ Kel}}{KT \text{ Sisa}}$		
D	$D - 1$	JK D	$\frac{JK \text{ D}}{D-1}$			
Sisa	$(D - 1).(r - 1)$	JK Sisa	$\frac{JK \text{ Sisa}}{(D-1).(r-1)}$			
Total	$(D.r) - 1$	JK Total				

Untuk melihat presentase tingkat ketelitian pada penelitian yang dilaksanakan maka harus dihitung dengan nilai koefesien keberagamannya.

Rumus Koefesien Keberagaman (KK) :

$$KK = \frac{\sqrt{2.KTGALAT}}{Y} \times 100\%$$

Rumus yang digunakan untuk uji lanjut dengan uji BNT dengan taraf 5% (Hanafiah, 2005).

Rumus BNT 5% :

$$BNT \text{ D taraf } 5\% = t (\alpha\% : db) = \sqrt{\frac{KT \text{ Galat}}{U . r}}$$

Keterangan :

SK : Sumber Keragaman

db : Derajat Bebas

JK : Jumlah Kuadrat

D : Perlakuan (dosis)

BNT : Beda Nyata Terkecil

r : Ulangan

T : Nilai Tabel
-
y : Rata-rata umum

IV. HASIL DAN ANALISIS DATA

Pengamatan di lapangan dilakukan terhadap tinggi tanaman (cm), diameter batang (mm), dan jumlah daun (helai). Adapun hasil analisis sebagai berikut :

4.1 Tinggi Tanaman (cm)

4.1.1 Tinggi Tanaman 14 HSP

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 3) menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap tinggi bibit kelapa sawit umur 14 HSP.

Tabel 3. Rata-rata Tinggi Tanaman 14 HSP (cm)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	19.10	17.60	23.60	20.50	20.20
D1	25.00	23.50	26.00	23.40	23.60
D2	18.10	21.00	20.50	17.90	19.38
D3	19.30	25.30	14.50	24.30	18.62
D4	24.00	22.50	14.50	16.60	19.40
D5	22.40	23.50	20.00	21.50	22.35

Nilai rata-rata tinggi tanaman pada masing-masing perlakuan menunjukkan adanya variasi, namun variasi tersebut tidak signifikan secara statistik pada taraf 5%.

Rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan D0 (kontrol) sebesar 20,20 cm. Perlakuan D1 (100 g/polybag) menunjukkan rata-rata tertinggi yaitu 23,60 cm. Perlakuan D2 (125 g/polybag) menunjukkan rata-rata sebesar 19,38 cm. Perlakuan D3 (150 g/polybag) menunjukkan rata-rata terendah yaitu 18,62 cm. Perlakuan D4 (175 g/polybag) menunjukkan rata-rata sebesar 19,40 cm, sedangkan

perlakuan D5 (200 g/polybag) menunjukkan rata-rata sebesar 22,35 cm.

4.1.2 Tinggi Tanaman 28 HSP

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 4) menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap tinggi tanaman umur 28 HSP.

Tabel 4. Rata-rata Tinggi Tanaman 28 HSP (cm)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	20.60	20.00	29.50	26.10	24.05
D1	27.00	25.50	28.00	27.30	26.95
D2	24.60	27.40	25.30	19.40	24.17
D3	25.30	31.00	18.30	32.00	26.65
D4	30.00	26.10	19.00	21.00	24.02
D5	26.20	30.20	24.50	28.00	27.22

Pada umur 28 HSP, seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan tinggi tanaman dibandingkan pengamatan sebelumnya. Hasil sidik ragam tetap menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk hijau *Azolla pinnata* tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman.

Rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan D0 sebesar 24,05 cm. Perlakuan D1 menunjukkan rata-rata sebesar 26,95 cm. Perlakuan D2 menunjukkan rata-rata sebesar 24,17 cm. Perlakuan D3 menunjukkan rata-rata sebesar 26,65 cm. Perlakuan D4 menunjukkan rata-rata sebesar 24,02 cm, sedangkan perlakuan D5 menunjukkan rata-rata tertinggi sebesar 27,22 cm.

Jika dibandingkan dengan 14 HSP, kenaikan tinggi tanaman pada setiap perlakuan berkisar antara 3–5 cm. Meskipun terdapat selisih antar perlakuan, hasil uji F pada

taraf 5% menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan.

4.1.3 Tinggi Tanaman 42 HSP

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (Tabel 5), menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap tinggi tanaman umur 42 HSP.

Tabel 5. Rata-rata Tinggi Tanaman 42 HSP (cm)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	26.80	24.50	34.00	28.00	28.33
D1	30.50	33.50	33.00	35.50	33.63
D2	28.00	34.60	29.00	27.30	29.73
D3	31.50	40.00	21.00	38.00	30.85
D4	37.50	35.00	22.00	22.00	29.63
D5	32.30	41.00	29.50	34.50	34.33

Pada umur 42 HSP, tinggi tanaman pada seluruh perlakuan kembali mengalami peningkatan. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman.

Rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan D0 sebesar 28,33 cm. Perlakuan D1 menunjukkan rata-rata sebesar 33,63 cm. Perlakuan D2 sebesar 29,73 cm. Perlakuan D3 sebesar 30,85 cm. Perlakuan D4 sebesar 29,63 cm. Perlakuan D5 menunjukkan rata-rata tertinggi sebesar 34,33 cm.

Selisih nilai rata-rata tertinggi dan terendah pada umur 42 HSP mencapai sekitar 6,00 cm. Meskipun secara

deskriptif terdapat kecenderungan nilai yang lebih tinggi pada dosis 200 g/polybag, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

4.1.4 Tinggi Tanaman 56 HSP

Analisis sidik ragam (Tabel 6) menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap tinggi tanaman umur 56 HSP.

Tabel 6. Rata-rata Tinggi Tanaman 56 HSP (cm)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	33.00	26.00	37.50	32.00	32.63
D1	33.90	35.90	37.60	40.00	36.68
D2	35.00	35.30	35.50	29.50	33.63
D3	33.40	41.00	27.00	39.00	34.10
D4	39.50	38.10	25.00	25.30	32.98
D5	36.00	44.00	34.40	36.00	37.60

Pada pengamatan akhir umur 56 HSP, tinggi tanaman pada seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan lanjutan. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk hijau *Azolla pinnata* tetap tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman.

Rata-rata tinggi tanaman pada D0 sebesar 32,63 cm. Perlakuan D1 menunjukkan rata-rata sebesar 36,68 cm.

Perlakuan D2 sebesar 33,63 cm. Perlakuan D3 sebesar 34,10 cm. Perlakuan D4 sebesar 32,98 cm. Perlakuan D5 menunjukkan rata-rata tertinggi sebesar 37,60 cm.

Rentang selisih antara nilai tertinggi dan terendah pada akhir pengamatan adalah sekitar 4,97 cm. Secara umum, peningkatan tinggi tanaman dari awal hingga akhir pengamatan menunjukkan pola pertumbuhan yang relatif seragam antar perlakuan. Namun berdasarkan hasil analisis statistik, tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan pada taraf 5%.

4.2 Diameter Batang (mm)

4.2.1 Diameter Batang 14 HSP

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 7) menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap diameter batang bibit kelapa sawit umur 14 HSP.

Tabel 7. Rata-rata Diameter Batang 14 HSP (mm)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	5.60	6.00	7.40	6.70	6,43
D1	7.30	6.80	7.60	6.90	7.15
D2	6.10	6.80	7.10	5.40	6.35
D3	6.60	8.80	4.80	7.30	6.88
D4	7.90	6.70	5.40	6.70	6.68
D5	7.20	7.40	7.30	7.30	7.30

Pada umur 14 HSP, hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang.

Rata-rata diameter batang pada D0 sebesar 6,43 mm. Perlakuan D1 menunjukkan rata-rata sebesar 7,15 mm. Perlakuan D2 menunjukkan rata-rata sebesar 6,35 mm. Perlakuan D3 menunjukkan rata-rata sebesar 6,88 mm. Perlakuan D4 menunjukkan rata-rata sebesar 6,68 mm. Perlakuan D5 menunjukkan rata-rata tertinggi sebesar 7,30 mm.

Rentang selisih antar perlakuan relatif kecil, yaitu kurang dari 1 mm. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan pada taraf 5%.

4.2.2 Diameter Batang 28 HSP

Analisis sidik ragam (Tabel 8) menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap diameter batang umur 28 HSP.

Tabel 8. Rata-rata Diameter Batang 28 HSP (mm)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	6.80	6.70	8.10	7.70	7.33
D1	7.70	8.70	8.20	7.70	8.08
D2	7.60	7.80	8.10	6.30	7.45
D3	7.80	9.60	5.60	8.80	7.95
D4	8.90	7.60	6.10	7.70	7.58
D5	8.50	9.50	8.40	7.90	8.58

Pada umur 28 HSP, hasil analisis sidik ragam

menunjukkan bahwa pemberian pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang bibit kelapa sawit pada taraf nyata 5%.

Rata-rata diameter batang pada perlakuan D0 (kontrol) sebesar 7,33 mm. Perlakuan D1 (100 g/polybag) menunjukkan rata-rata sebesar 8,08 mm. Perlakuan D2 (125 g/polybag) menunjukkan rata-rata sebesar 7,45 mm. Perlakuan D3 (150 g/polybag) menunjukkan rata-rata sebesar 7,95 mm. Perlakuan D4 (175 g/polybag) menunjukkan rata-rata sebesar 7,58 mm, sedangkan perlakuan D5 (200 g/polybag) menunjukkan rata-rata tertinggi sebesar 8,58 mm.

Jika dibandingkan dengan pengamatan pada 14 HSP, seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan diameter batang dengan kisaran kenaikan antara 0,9–1,3 mm. Meskipun secara deskriptif perlakuan D5 memiliki nilai rata-rata tertinggi dan D0 memiliki nilai rata-rata terendah, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan antar perlakuan tidak signifikan pada taraf 5%.

4.2.3 Diameter Batang 42 HSP

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (Tabel 9), menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap diameter batang umur 42 HSP.

Tabel 9. Rata-rata Diameter Batang 42 HSP (mm)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	8.70	9.10	9.60	9.60	9.25
D1	10.00	11.30	10.60	9.90	10.45

D2	9.30	9.50	9.30	7.90	9.00
D3	10.30	12.00	7.30	10.70	10.08
D4	11.70	9.30	7.80	9.00	9.45
D5	10.60	11.20	10.00	10.00	10.45
Rata-rata	10.10	10.40	9.10	9.52	

Pada umur 42 HSP, diameter batang pada seluruh perlakuan kembali mengalami peningkatan dibandingkan pengamatan sebelumnya. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk hijau *Azolla pinnata* tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang.

Rata-rata diameter batang pada perlakuan D0 sebesar 9,25 mm. Perlakuan D1 menunjukkan rata-rata sebesar 10,45 mm. Perlakuan D2 menunjukkan rata-rata sebesar 9,00 mm. Perlakuan D3 menunjukkan rata-rata sebesar 10,08 mm. Perlakuan D4 menunjukkan rata-rata sebesar 9,45 mm. Perlakuan D5 menunjukkan rata-rata sebesar 10,45 mm.

Rentang selisih antara nilai tertinggi dan terendah pada umur 42 HSP adalah sekitar 1,45 mm. Seluruh perlakuan menunjukkan pola peningkatan diameter batang yang relatif konsisten dibandingkan 28 HSP. Namun berdasarkan hasil analisis statistik, variasi antar perlakuan tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

4.2.4 Diameter Batang 56 HSP

Analisis sidik ragam (Tabel 10) menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap diameter batang umur 56 HSP.

Tabel 10. Rata-rata Diameter Batang 56 HSP (mm)

Perlakuan	Ulangan	Rata-rata
-----------	---------	-----------

	I	II	III	IV	
D0	10,00	11,00	11,90	11,30	10.50
D1	11,30	12,10	12,30	10,80	11.55
D2	10,10	10,40	10,30	8,60	10.10
D3	12,70	13,20	8,50	12,50	11.15
D4	13,00	11,30	8,90	11,50	10.98
D5	12,50	12,20	13,00	13,20	11.60

Pada pengamatan akhir umur 56 HSP, diameter batang pada seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan lanjutan. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis *Azolla pinnata* tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang bibit kelapa sawit.

Rata-rata diameter batang pada perlakuan D0 sebesar 10,50 mm. Perlakuan D1 menunjukkan rata-rata sebesar 11,55 mm. Perlakuan D2 menunjukkan rata-rata sebesar 10,10 mm. Perlakuan D3 menunjukkan rata-rata sebesar 11,15 mm. Perlakuan D4 menunjukkan rata-rata sebesar 10,98 mm. Perlakuan D5 menunjukkan rata-rata tertinggi sebesar 11,60 mm.

Selisih antara nilai tertinggi dan terendah pada akhir pengamatan adalah sekitar 1,50 mm. Secara umum, peningkatan diameter batang dari 14 hingga 56 HSP menunjukkan kecenderungan pertumbuhan yang relatif seragam antar perlakuan. Namun demikian, hasil analisis statistik pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan.

4.3 Jumlah Daun

4.3.1 Jumlah Daun 14 HSP

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 11) menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis

tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap jumlah daun bibit kelapa sawit umur 14 HSP.

Tabel 11. Rata-rata Jumlah Daun 14 HSP (helai)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	1,00	2,00	2,00	2,00	1.75
D1	2,00	3,00	3,00	2,00	2.50
D2	2,00	2,00	2,00	1,00	1.75
D3	2,00	2,00	2,00	1,00	1.75
D4	2,00	3,00	1,00	2,00	2.00
D5	3,00	2,00	1,00	2,00	2.00

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk hijau *Azolla pinnata* tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada umur 14 HSP.

Rata-rata jumlah daun pada perlakuan D0 sebesar 1,75 helai. Perlakuan D1 menunjukkan rata-rata tertinggi sebesar 2,50 helai. Perlakuan D2 dan D3 masing-masing menunjukkan rata-rata sebesar 1,75 helai. Perlakuan D4 menunjukkan rata-rata sebesar 2,00 helai, sedangkan perlakuan D5 menunjukkan rata-rata sebesar 2,00 helai.

Rentang selisih antar perlakuan relatif kecil, yaitu sekitar 0,75 helai. Berdasarkan hasil uji statistik, perbedaan nilai rata-rata tersebut tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

4.3.2 Jumlah Daun 28 HSP

Analisis sidik ragam (Tabel 12) menunjukkan bahwa

pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap jumlah daun umur 28 HSP.

Tabel 12. Rata-rata Jumlah Daun 28 HSP (helai)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	3,00	3,00	3,00	3,00	3.00
D1	3,00	4,00	4,00	3,00	3.50
D2	3,00	3,00	3,00	2,00	2.75
D3	4,00	4,00	2,00	4,00	3.50
D4	4,00	4,00	3,00	4,00	3.75
D5	4,00	4,00	4,00	4,00	4.00

Pada umur 28 HSP, jumlah daun pada seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan dibandingkan pengamatan sebelumnya. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun.

Rata-rata jumlah daun pada perlakuan D0 sebesar 3,00 helai. Perlakuan D1 menunjukkan rata-rata sebesar 3,50 helai. Perlakuan D2 menunjukkan rata-rata sebesar 2,75 helai. Perlakuan D3 menunjukkan rata-rata sebesar 3,50 helai. Perlakuan D4 menunjukkan rata-rata sebesar 3,75 helai. Perlakuan D5 menunjukkan rata-rata tertinggi sebesar 4,00 helai.

Kenaikan jumlah daun dari 14 ke 28 HSP terjadi pada seluruh perlakuan dengan kisaran peningkatan 1-2 helai. Meskipun terdapat variasi nilai rata-rata antar perlakuan, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan.

4.3.3 Jumlah Daun 42 HSP

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (Tabel 13), menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap jumlah daun bibit kelapa sawit pada umur 42 HSP.

Tabel 13. Rata-rata Jumlah Daun 42 HSP (helai)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	4,00	4,00	4,00	4,00	4.00
D1	4,00	5,00	5,00	4,00	4.50
D2	4,00	4,00	4,00	3,00	3.75
D3	5,00	6,00	3,00	5,00	4.75
D4	5,00	4,00	4,00	4,00	4.25
D5	5,00	5,00	5,00	6,00	5.25

Pada umur 42 HSP, jumlah daun pada seluruh perlakuan kembali mengalami peningkatan. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk hijau *Azolla pinnata* tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun.

Nilai rata-rata jumlah daun pada seluruh perlakuan relatif berdekatan dengan selisih yang tidak terlalu besar antar perlakuan. Seluruh perlakuan menunjukkan pola pertambahan daun yang bertahap dibandingkan 28 HSP. Namun demikian, berdasarkan hasil uji statistik pada taraf 5%, tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan.

4.3.4 Jumlah Daun 56 HSP

Analisis sidik ragam (Tabel 14) menunjukkan bahwa pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan berbagai dosis tidak berbeda nyata antar perlakuan terhadap jumlah daun pada umur 56 HSP.

Tabel 14. Rata-rata Jumlah Daun 56 HSP (helai).

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	I	II	III	IV	
D0	5,00	6,00	5,00	5,00	5,25
D1	6,00	6,00	5,00	5,00	5,50
D2	5,00	6,00	5,00	4,00	5,00
D3	6,00	6,00	5,00	5,00	5,50
D4	6,00	5,00	5,00	6,00	5,50
D5	6,00	6,00	6,00	7,00	6,25

Pada umur 56 HSP, jumlah daun pada seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan lanjutan dibandingkan pengamatan sebelumnya. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis *Azolla pinnata* tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun bibit kelapa sawit.

Rata-rata jumlah daun antar perlakuan menunjukkan variasi nilai, namun selisih antar perlakuan relatif kecil. Secara umum, seluruh perlakuan menunjukkan pertambahan jumlah daun yang konsisten dari awal hingga akhir pengamatan. Berdasarkan hasil analisis statistik pada taraf nyata 5%, perbedaan antar perlakuan tidak signifikan.

V. PEMBAHASAN

5.1 Pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Tinggi Tanaman Bibit Kelapa Sawit

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tinggi tanaman meningkat pada semua perlakuan dari 14 hingga 56 hari setelah perlakuan. Perlakuan D5 (200 g) menghasilkan rata-rata tertinggi pada akhir pengamatan (37,60 cm), sementara kontrol (D0) berada pada angka 32,63 cm. Meskipun demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan. *Azolla pinnata* dikenal mengandung unsur hara penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang sangat dibutuhkan tanaman dalam fase vegetatif. Namun, dalam penelitian ini, *Azolla* diberikan dalam bentuk segar tanpa proses fermentasi atau dekomposisi terlebih dahulu. Keadaan ini menyebabkan unsur hara di dalam jaringan *Azolla* belum tersedia secara optimal dalam media tanam. Menurut Turahmah dkk. (2023), pemberian bahan organik segar seperti *Azolla* membutuhkan waktu dekomposisi yang cukup lama agar unsur haranya dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Sementara itu, Suryati (2016) menyatakan bahwa *Azolla* yang difermentasi dalam bentuk pupuk cair dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman kelapa sawit secara signifikan, karena unsur hara telah tersedia dalam bentuk yang larut dan mudah diserap. Oleh karena itu, keterlambatan proses mineralisasi *Azolla* dapat menjadi

penyebab utama rendahnya efektivitas perlakuan terhadap tinggi tanaman.

Selain itu, faktor waktu pengamatan juga berpengaruh. Dalam masa 8 minggu pengamatan, dekomposisi *Azolla* kemungkinan belum optimal, sehingga pengaruhnya terhadap pertumbuhan tinggi tanaman belum tampak. Menurut Hastuti dkk. (2024), efek bahan organik sering kali baru terlihat setelah 10–12 minggu.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemberian *Azolla pinnata* dalam jangka waktu pendek belum memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kelapa sawit. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal, *Azolla* sebaiknya difermentasi terlebih dahulu atau digunakan dalam bentuk kompos.

Tidak adanya perbedaan nyata ini juga diduga dipengaruhi oleh media tanam berupa tanah liat. Tanah liat memiliki drainase yang buruk dan aerasi rendah sehingga menyebabkan hipoksia di daerah perakaran. Kondisi ini menghambat penyerapan hara dari dekomposisi *Azolla*. Selain itu, meskipun tanah liat memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi, unsur hara yang terikat tidak mudah tersedia bagi tanaman sehingga nitrogen dari *Azolla* tidak dimanfaatkan optimal untuk pertumbuhan tinggi tanaman (Rahman dkk., 2023; Lubis dkk., 2021).

5.2 Pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Diameter Batang Bibit Kelapa Sawit

Diameter batang juga mengalami peningkatan seiring waktu, dengan nilai tertinggi pada perlakuan D5 (11,60 mm)

dan terendah pada D2 (10,10 mm). Namun, seperti pada parameter tinggi tanaman, perbedaan antar perlakuan tidak berbeda nyata secara statistik. Azolla yang masih dalam bentuk segar tidak serta-merta meningkatkan suplai nutrisi ke tanaman. Kandungan senyawa alelopati seperti tanin dan fenol dalam Azolla segar dapat menghambat pertumbuhan jaringan tanaman apabila belum terdegradasi sempurna (Nuryani & Hartatik, 2022). Hal ini memperkuat dugaan bahwa bahan organik segar perlu waktu dekomposisi untuk menurunkan kadar senyawa penghambat dan meningkatkan ketersediaan nutrisi.

Kondisi media tanam yang relatif homogen, serta keterbatasan waktu pengamatan juga menjadi faktor pendukung tidak terdeteksinya pengaruh signifikan terhadap diameter batang. Berdasarkan studi Hastuti dkk. (2024), pemberian Azolla cair yang telah difermentasi menunjukkan peningkatan diameter batang pada kelapa sawit secara nyata dalam waktu 12 minggu, tetapi tidak signifikan pada minggu ke-8. Dengan demikian, dalam jangka pendek dan kondisi bahan segar, *Azolla pinnata* belum mampu memberikan kontribusi nyata terhadap pertumbuhan diameter batang kelapa sawit.

Hasil yang tidak berbeda nyata pada diameter batang juga kemungkinan disebabkan oleh sifat fisik tanah liat yang padat dan kompak. Struktur tanah ini menyulitkan perkembangan akar sehingga serapan hara menjadi terbatas. Selain itu, rendahnya aerasi tanah liat menurunkan aktivitas mikroorganisme pengurai, sehingga mineralisasi Azolla berjalan lambat dan hara yang diperlukan untuk pembesaran batang tidak tersedia optimal (Siregar &

Pratama, 2021; Nugraha dkk., 2022).

5.3 Pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Jumlah Daun Bibit Kelapa Sawit

Jumlah daun bibit kelapa sawit meningkat selama periode pengamatan. Perlakuan D5 (200 g) menghasilkan jumlah daun tertinggi pada 56 HSP, yaitu 6,25 helai, sedangkan perlakuan D2 (125 g) menghasilkan jumlah terendah yaitu 5,00 helai. Hasil analisis statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan. Jumlah daun sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nitrogen yang berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel. Dalam penelitian ini, nitrogen yang berasal dari *Azolla* belum tersedia dalam bentuk yang dapat langsung diserap oleh tanaman. Menurut Turahmah dkk. (2023), nitrogen dari bahan organik segar membutuhkan proses mineralisasi terlebih dahulu agar tersedia dalam bentuk nitrat atau amonium yang mudah diserap akar tanaman.

Hasil penelitian terbaru menunjukkan bahwa meskipun struktur jaringan *Azolla pinnata* memudahkan degradasi (sekitar 3–6 minggu), pelepasan nitrogen dalam bentuk amonium dan nitrat berlangsung secara bertahap dan baru signifikan setelah 56 hari inkubasi (Worku, M., dkk. 2023). Studi lain juga menegaskan bahwa mineralisasi nitrogen dari biofertilizer *Azolla* memiliki konstanta pelepasan rendah, sehingga pada periode awal setelah aplikasi, sebagian besar nitrogen masih berada dalam bentuk organik yang belum

dapat diserap oleh akar tanaman (Islam, M. A.,dkk 2022).

Kondisi ini dapat menjelaskan mengapa pada penelitian ini belum terjadi peningkatan yang nyata pada parameter pertumbuhan tanaman pada pengamatan awal, karena hara hasil dekomposisi belum tersedia dalam jumlah optimal di zona perakaran.

Secara umum, waktu pengamatan yang relatif singkat dan bentuk bahan organik yang belum terdekomposisi menjadi penyebab utama tidak signifikannya hasil penelitian ini. Menurut penelitian terbaru oleh Hastuti dkk. (2024), pemberian pupuk Azolla cair mampu meningkatkan jumlah daun secara nyata setelah 10 minggu aplikasi, terutama jika diaplikasikan secara rutin dan dalam bentuk yang telah terfermentasi.

Jumlah daun yang tidak berbeda nyata antar perlakuan dapat dikaitkan dengan keterbatasan ketersediaan nitrogen dan fosfor dalam media tanah liat. Aerasi yang buruk menyebabkan mineralisasi Azolla berjalan lambat sehingga nitrogen sulit tersedia. Selain itu, fosfor pada tanah liat cepat terikat menjadi bentuk yang sukar larut, padahal unsur ini penting untuk pembentukan daun dan pertumbuhan akar (Nugraha dkk., 2022; Wijaya dkk., 2021).

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian pupuk hijau *Azolla pinnata* dengan aplikasi berbeda tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit pada semua parameter yang diamati. Ketidaksignifikanan hasil ini kemungkinan besar disebabkan oleh beberapa faktor teknis dan biologis yang berkaitan dengan

karakteristik media tanam, bahan pupuk yang digunakan, serta kondisi fisiologis bibit pada saat perlakuan.

Pertama, karakteristik media tanam yang digunakan yaitu tanah bertekstur liat dapat memperlambat proses dekomposisi dan pelepasan unsur hara dari bahan organik. Tanah liat memiliki pori-pori kecil dan aerasi yang rendah, sehingga aktivitas mikroorganisme pengurai menjadi terbatas. Kondisi ini menyebabkan unsur hara makro seperti nitrogen (N) dan fosfor (P) dari *Azolla pinnata* tidak segera tersedia bagi tanaman. Herdiansah dkk. (2023) menjelaskan bahwa keberhasilan pupuk organik berbasis *Azolla pinnata* sangat tergantung pada kondisi media dan ketersediaan oksigen di dalam tanah, karena mikroba dekomposer membutuhkan aerasi yang baik untuk memecah bahan organik menjadi bentuk yang siap diserap tanaman.

Kedua, aplikasi dan bentuk bahan *Azolla pinnata* yang digunakan masih tergolong rendah. Pada penelitian ini, jumlah aplikasi tertinggi adalah 200 gram bahan segar per polybag. Padahal, menurut Soelaksini dkk. (2022), efektivitas pupuk organik berbasis *Azolla pinnata* meningkat secara signifikan pada tingkat aplikasi yang lebih tinggi, karena kandungan bahan kering dan hara yang tersedia menjadi lebih besar. Selain itu, penggunaan *Azolla* dalam bentuk segar memiliki kadar air tinggi (sekitar 70–80%), sehingga kandungan unsur hara aktual per satuan berat segar relatif kecil dibandingkan bila digunakan dalam bentuk kompos atau pupuk cair. Kondisi ini menyebabkan jumlah hara yang dilepaskan ke media tanam belum cukup untuk menimbulkan perbedaan nyata antarperlakuan dalam jangka pendek.

Ketiga, umur bibit kelapa sawit yang digunakan masih terlalu muda, yaitu sekitar satu bulan. Bibit pada fase awal pertumbuhan lebih fokus pada adaptasi terhadap media tanam baru dan pembentukan sistem perakaran. Akibatnya, kemampuan penyerapan hara dari pupuk organik masih rendah. Hal ini sejalan dengan temuan Purnama dkk. (2021) yang melaporkan bahwa efektivitas pupuk organik cair *Azolla pinnata* baru terlihat nyata pada tanaman yang sudah melewati fase awal adaptasi, karena akar yang telah berkembang dengan baik mampu menyerap unsur hara secara optimal.

Keempat, durasi pengamatan yang relatif singkat, yaitu hanya sampai 56 hari setelah perlakuan (HSP), juga menjadi faktor pembatas. Proses dekomposisi *Azolla pinnata* dalam media liat membutuhkan waktu 2-3 bulan untuk menghasilkan unsur hara yang siap serap oleh tanaman. Kesmayanti (2021) menyebutkan bahwa efek pupuk hijau *Azolla pinnata* pada tanaman padi baru terlihat signifikan setelah fase vegetatif lanjut (lebih dari 60 hari), ketika bahan organik telah terurai sempurna dan nitrogen hasil fiksasi mulai tersedia dalam jumlah cukup. Oleh karena itu, periode pengamatan yang lebih panjang diperlukan untuk menangkap efek nyata dari mineralisasi bahan organik *Azolla pinnata*.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak adanya pengaruh nyata pada penelitian ini lebih disebabkan oleh faktor teknis seperti tekstur tanah liat yang memperlambat dekomposisi, tingkat aplikasi bahan segar *Azolla pinnata* yang rendah, umur bibit yang masih muda, serta waktu pengamatan yang terlalu singkat. Untuk

penelitian lanjutan, disarankan menggunakan bentuk pupuk *Azolla pinnata* yang telah dikomposkan, tingkat aplikasi yang lebih tinggi berdasarkan kandungan bahan kering, serta bibit dengan umur minimal dua bulan agar respon pertumbuhan lebih optimal.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Aplikasi pupuk hijau *Azolla pinnata* tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, maupun jumlah daun.
2. Aplikasi dosis pupuk *Azolla pinnata* belum efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

6.2 Saran

1. Untuk penelitian lanjutan, disarankan menggunakan bentuk *Azolla pinnata* yang telah mengalami proses pengomposan terlebih dahulu, sehingga kandungan bahan kering dan unsur haranya lebih tinggi serta lebih mudah terdekomposisi di dalam media tanam

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, S., Diouf, A., & Ba, M. (2025). Azolla–rice intercropping enhances yield and soil fertility in West Africa. *International Journal of Sustainable Agriculture*, 19(3), 112–124.
- ANTARA News. (2025, 1 Juli). BPS sebut CPO masih jadi komoditas (Januari–Mei 2025). Diakses dari <https://www.antaranews.com/berita/4936521>
- Arfisin, A. (2020). Struktur akar dan fisiologi tanaman Azolla. *Biologi Lahan Basah*. Diakses dari <https://biologitumbuhanlahanbasah.blogspot.com>
- Arvis. (2023). Kriteria lahan kelapa sawit sebagai syarat tumbuh. Diakses dari <https://www.arvis.id/insight/kriteria-lahan-kelapa-sawit/>
- Atmaja, Y. P., Akoeb, E. N., & Siregar, M. A. (2020). A ISAINS: Jurnal Ilmiah Magister Agribisnis the effect of processing capacity, availability of raw materials and achievement of yield against the cost of processing palm oil mill in the. *AGRISAINS: Jurnal Ilmiah Magister Agribisnis*, 2(2), 156–166.

Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2023*. Jakarta: BPS RI.

Dinas Perkebunan Kalimantan Timur. (2021). *Statistik Perkebunan Kalimantan Timur 2021*.

Dwicahya, N., Famuntamah, Y., Yuliana, M., Saputra, A., & Suryana, Y. (2021). Uji coba media tumbuh *Azolla* (*Azolla pinnata* R. Br.) di IP2TP Kayuagung. *Prosiding Seminar Nasional Biologi UNP*, 1(1), 400–411.

FAO. (2024). *Global Oil Crop Outlook 2023–2024*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fitriani, R., Handayani, L., & Kurniawan, H. (2022). Pengaruh *Azolla* segar terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. *Jurnal Agroteknologi Tropis*, 10(1), 42–50.

Gurning, D. A. (2023). Pengaruh pemberian pupuk organik cair *Azolla microphylla* terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Skripsi. Universitas Jambi*.

Harahap, F., Simanjuntak, D., & Nasution, R. (2022). *Morfologi dan Anatomi Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*. Medan: Universitas Sumatera Utara Press.

Hasibuan, R., Simanjuntak, H., & Yusuf, M. (2022). Studi fenologi dan pembungaan kelapa sawit di lahan datar dan bergelombang. *Jagur: Jurnal Agroteknologi*, 4(2), 49–58.

Hastuti, P. B., Wijayanti, S., & Ramadhani, M. (2024). Pengaruh pemberian *Azolla pinnata* terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Pertanian Tropis*, 9(1), 35–42.

Hastuti, Pauliz Budi, N. D. Sipayung, dan M. Y. Anom. 2024. The Effect of Applying Azolla Liquid Organic Fertilizer in the Growth of Oil Palm Seedlings in Pre-Nursery. ResearchGate. Diakses dari:

<https://www.researchgate.net/publication/377578261>

Herdiansah, A., Kurniawan, F., Sopiyan, N. S., & Meliyana, S. (2023). *Azolla pinnata* dan Rumput Liar sebagai Komponen Pupuk Bokashi Ramah Lingkungan Berbasis EM4. *Hibrida: Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan*.

Herlina, D., Nurmalasari, D., & Firmansyah, R. (2023). Analisis

- klorofil daun kelapa sawit menggunakan citra digital UAV di perkebunan rakyat. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 31(1), 35–46.
- Herlina, D., Nurmalasari, D., & Firmansyah, R. (2023). Analisis intensitas cahaya dan klorofil daun terhadap produksi tandan buah segar. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 31(2), 47–56.
- Hidayat, F., & Hasanah, U. (2023). Kandungan nutrisi dan potensi *Azolla pinnata* sebagai pupuk organik hayati. *Jurnal Biologi Tropis*, 15(2), 85–91.
- Intishar, A. I. A., Ginting, C., & Kautsar, V. (2024). Pengaruh solid dan volume penyiraman terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di pre-nursery. *AGROFORETECH*, 2(3), 1176–1181.
- Islam, M. A., Uddin, M. J., & Haque, M. M. (2022). Comparative decomposition rates of *Azolla pinnata* and *Sesbania rostrata* and their effects on rice yield and soil fertility. *Open Agriculture*, 7(1), 1185–1194. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0185>
- Kafrawi, K., Hesti, N., Syatrawati, S., Rahim, I., & Kumalawati, Z. (2023). Tingkat pertumbuhan dan produksi kelapa sawit pada berbagai topografi lahan. *Journal Galung Tropika*, 12(2), 203–212.
- Kesmayanti, R. (2021). Pengaruh kombinasi pupuk *Azolla pinnata* dan urea terhadap pertumbuhan padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Berkelanjutan*, 5(1), 34–41.
- Lestari, R. A., Santoso, T., & Amelia, M. (2021). Identifikasi dan klasifikasi jenis *Azolla* lokal di Indonesia. *Jurnal Botani Indonesia*, 8(1), 13–20.
- Li, F., Chen, Y., & Frontiers Team. (2024). Enhancing soil health through balanced fertilization: a pathway to sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 15(3), 1536524.
- Lubis, M. A., Yuliani, N., & Putra, H. (2021). Peranan kapasitas tukar kation (KTK) tanah dalam ketersediaan hara. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 233–240.
- Menteri Pertanian. (2020). *Statistik Perkebunan Indonesia 2019-2021: Kelapa sawit*. Direktorat Jendral Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Mu'min, M. T. (2021). Kultur *Azolla* sp. Tugas Sarjana, Universitas

Negeri Gorontalo. Diakses dari
<https://id.scribd.com/document/511704832/Kultur-Azolla-Sp>

- Nugraha, A. P., Sari, D. R., & Rahman, F. (2022). Aktivitas mikroba tanah pada kondisi aerasi rendah dan hubungannya dengan dekomposisi bahan organik. *Jurnal Agroekologi Tropika*, 10(1), 15–24.
- Nurhayati, N., Wahyuni, A., & Fitri, D. (2023). Morfologi dan laju pertumbuhan *Azolla pinnata*. *Jurnal SDA dan Lingkungan*, 4(1), 27–35.
- Nuryani, Y., & Hartatik, W. (2022). Dampak penggunaan pupuk anorganik terhadap kesuburan tanah dan aktivitas mikroba tanah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 65–73.
- Paulus, R., Mu'in, A., & Putra, D. P. (2023). Pengaruh ketebalan mulsa terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di main nursery. *AGROFORETECH*, 1(1), 22–30.
- Pahan dalam Thimoty, L. (2021). Rancang bangun alat penentu kematangan buah kelapa sawit dan waktu panen berdasarkan warna buah berbasis Internet of Things (IoT). Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Pauliz B. H., Wirianata, H., Yunita, R., & Manto, A. (2024). The effect of applying *Azolla* liquid organic fertilizer in the growth of oil palm seedlings in pre-nursery. *Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*
- Purnama, A., Mutakin, J., & Hidayati Nafia'ah, H. (2021). Pengaruh Berbagai Konsentrasi Pupuk Organik Cair (POC) *Azolla pinnata* dan Jarak Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). *JAGROS: Jurnal Agroteknologi dan Sains*, 6(1).
- Purwanti P. P, H., Sasongko, Z., Salamah, Z., & Putrie Utami, N. (2021). Peningkatan kesadaran lingkungan dan kesehatan masyarakat desa Somongari melalui edukasi dampak pupuk dan pestisida anorganik. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 7(2), 131–137.
- Rahman, M., Setiawan, B., & Lestari, I. (2023). Soil compaction and hypoxia: Impact on nutrient uptake and crop productivity. *International Journal of Soil Science*, 18(2), 45–53.

- Sari, W. (2024). Hubungan dosis pupuk anorganik terhadap indeks kesuburan tanah pada lahan sawah intensif. *Jurnal Agroklimatologi Tropika*, 12(1), 13–21.
- Sinaga, S., & Tranggono, S. (2020). Inovasi pabrik pengolahan buah sawit skala mini bagi petani. Bahan presentasi pada Dialog UMKM sesi III: Kemitraan Strategies dan Penguatan Kelembagaan dari Rantai Pasok Sawit yang Efisien.
- Singbah, P. T., Huang, J., Shen, Z., Li, J., Daba, N. A., Tadesse, K. A., Liu, L., & Zhang, H. (2025). *Long-term organic and inorganic fertilization affect soil pH, humus carbon fractions, and crop yield in three soil types. International Journal of Plant & Soil Science*, 37(1), 427–449. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2025/v37i15285>
- Siregar, A., & Pratama, W. (2021). Pengaruh tekstur tanah terhadap penetrasi akar dan ketersediaan air. *Jurnal Ilmu Tanah Indonesia*, 19(3), 101–109.
- Soelaksini, L. D., Irawan, T. B., & Nuraisyah, A. (2022). Peningkatan Produksi Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) menggunakan Pupuk *Azolla pinnata* dan Pupuk Urea. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 22(1), 73–83.
- Sulardi. (2022). Syarat tumbuh tanaman kelapa sawit. [[Laprak Perkebunan]]. Diakses dari <https://www.scribd.com/document/777529555>
- Sulistiawati, Y. (2023). Pemanfaatan kompos *Azolla pinnata* dan pupuk fosfor terhadap pertumbuhan tanaman buncis tegak (*Phaseolus vulgaris* L.). *Skripsi. Universitas Siliwangi*.
- Suryati, N. (2016). Pengaruh pemberian *Azolla* terhadap pertumbuhan kelapa sawit. *Skripsi, Universitas Lampung*.
- Suwandi, A., Prawira, S. M., & Lestari, N. D. (2021). Analisis distribusi akar kelapa sawit di tanah ultisol dan inceptisol. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 18(2), 101–110.
- Turahmah, A., Nasution, M., & Fitriani, R. (2023). Pemanfaatan *Azolla* sebagai pupuk organik alternatif dalam budidaya tanaman pangan. *Jurnal Agroekoteknologi*, 11(2), 88–95.

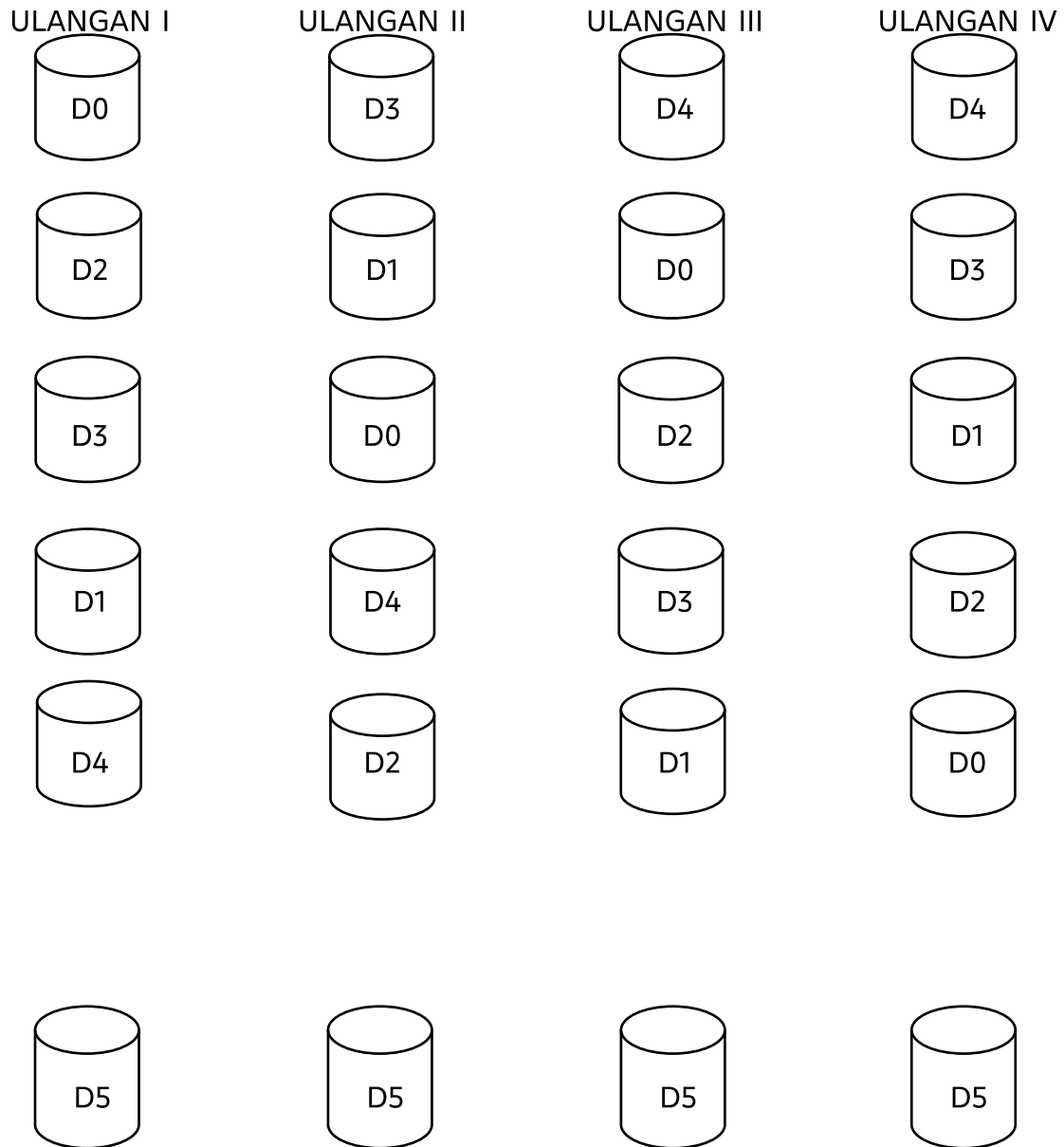
- Ulya, N. (2023). *Respons Pertumbuhan Azolla terhadap Variasi Kandungan Fosfat di Perairan*. *Jurnal Biologi Tropika*, 23(2), 145–153. <https://doi.org/10.xxxxxx/jbt.2023.v23i2>
- Waruwu, F., Simanihuruk, B. W., Prasetyo, P., & Hermansyah, H. (2020). Pertumbuhan bibit kelapa sawit di pre-nursery dengan komposisi media tanam dan konsentrasi pupuk cair *Azolla pinnata* berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(1), 7–12.
- Widianingrum, D. C. (2021). Pengembangan budidaya *Azolla mycrophilla* sebagai alternatif pakan ternak dan pemanfaatannya sebagai pupuk bio organik di wilayah masyarakat desa Baletbaru, Sukowono. *Jurnal Abdimas Madani dan Lestari (JAMALI)*, 3(1), 11–19.
- Wijaya, R., Handayani, N., & Kurniawan, T. (2021). Ketersediaan fosfor pada berbagai tekstur tanah dan implikasinya terhadap pertumbuhan tanaman. *Jurnal Pertanian Tropika*, 12(1), 77–85.
- Worku, M., Ahmed, M., & Alemayehu, T. (2023). Effects of *Azolla pinnata* biofertilizer on soil nitrogen mineralization in soils collected from Hawassa Zuria and Wondo Genet districts incubated under laboratory conditions. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/382960326_Effects_of_Azolla_Azolla_pinnata_biofertilizer_on_soil_nitrogen_mineralization_in_soils_collected_from_Hawassa_Zuria_and_Wondo_Genet_Districts_Incubated_under_laboratory_conditions
- Zega H. (2022). Klasifikasi dan syarat tumbuh kelapa sawit. Diakses dari <https://www.zegahutan.com/2022/02/kelapa-sawit-klasifikasi-ciri-dan.html>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal Penelitian Uji Aplikasi Pupuk Hijau *Azolla pinnata* dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq).

NO	KEGIATAN	PELAKSANAAN/BULAN											
		JUNI				JULI				AGUSTUS			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pelaksanaan penelitian												
	a. persiapan tempat penelirian	□	□	□	□	□							
	b. Persiapan bibit				□								
	c. Pembuatan naungan	□											
2	Pelaksanaan Penelitian												
	a.Aplikasi <i>Azolla pinnata</i> pada media tanam					□							
	b.Transplanting bibit					□							
3	Pemeliharaan												
	a.Penyiraman					□	□	□	□	□	□	□	□
	b.Penyiangan gulma					□	□	□	□	□	□	□	□
	c.Pengendalian Hama dan Penyakit									□	□	□	□
4	Pengambilan data							□		□		□	

Lampiran 2. Uji Aplikasi Pupuk Hijau *Azolla pinnata* dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)



Keterangan:

Ukuran polybag	: 30 cm x 30 cm
Jarak antara polybag	: 15 cm x 15 cm
D ₀	: Tanpa perlakuan
D ₁	: Dosis <i>Azolla pinnata</i> 100 gram
D ₂	: Dosis <i>Azolla pinnata</i> 125 gram
D ₃	: Dosis <i>Azolla pinnata</i> 150 gram
D ₄	: Dosis <i>Azolla pinnata</i> 175 gram
D ₅	: Dosis <i>Azolla pinnata</i> 200 gram

Lampiran 3. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Tinggi Tanaman Kelapa Sawit pada Umur 14 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	18,19	6,06	0,58 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	74,63	14,9 3	1,42 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	157,47	10,5 0			
Total	23	250,28				
KK	14,86 %					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 4. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Tinggi Tanaman Kelapa Sawit pada Umur 28 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	20,58	6,86	0,35 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	49,73	9,94	0,51 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	291,02	19,40			
Total	23	361,34				
KK	17,27%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 5. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Tinggi Tanaman Kelapa Sawit pada Umur 42 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	135,26	45,08	1,478 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	120,99	24,19	0,793 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	457,67	30,15			
Total	23	713,93				
KK	17,70%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 6. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Tinggi Tanaman Kelapa Sawit pada Umur 56 HSP

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	52,91	17,63	0,627 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	111,70	22,34	0,795 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	421,62	28,10			
Total	23	586,24				
15,66						
KK	%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 7. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Diameter Batang Kelapa Sawit pada Umur 14 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	0,76	0,25	0,260 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	2,94	0,58	0,602 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	14,67	0,97			
Total	23	18,39				
14,33						
KK	%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 8. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Diameter Batang Kelapa Sawit pada Umur 28 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	2,59	0,86	0,827 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	4,37	0,87	0,837 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	15,67	1,045			
Total	23	22,64				
KK	13,07%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 9. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap

Diameter Batang Kelapa Sawit pada Umur 42 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	0,45	0,15	0,096 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	7,93	1,58	1,175 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	23,85	1,59			
Total	23	32,24				
KK	11,88%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 10. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Diameter Batang Kelapa Sawit pada Umur 56 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	2,82	0,94	0,542 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	17,90	3,58	2,063 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	26,04	1,73			
Total	23	46,77				
KK	11,60%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 11. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Jumlah Daun Kelapa Sawit pada Umur 14 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	1,79	0,59	1,641 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	1,71	0,34	0,938 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	5,46	0,36			
Total	23	8,96				
	29,55					
KK	%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 12. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap

Jumlah Daun Kelapa Sawit pada Umur 28 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	0,83	0,28	0,893 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	4,33	0,87	2,786 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	4,67	0,31			
Total	23	9,83				
	16,33					
KK	%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 13. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Jumlah Daun Kelapa Sawit pada Umur 42 HSP

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	0,83	0,28	0,581 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	5,83	1,17	2,442 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	7,17	0,48			
Total	23	13,83				
	15,65					
KK	%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 14. Sidik Ragam pengaruh Pupuk Hijau *Azolla pinnata* terhadap Jumlah Daun Kelapa Sawit pada Umur 56 HSP.

SK	Db	Jk	Kt	F Hit	F Tabel	
					0.05	0.01
Kel	3	1,11	0,37	1,031 ^{tn}	3,28	5,41
P	5	3,50	0,70	1,948 ^{tn}	2,90	4,55
Sisa	15	5,38	0,35			
Total	23	10,00				
	10,93					
KK	%					

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata (karena F Hit < F tabel 5%)

Lampiran 15. Rekapitulasi Pemberian Beberapa Dosis *Azolla pinnata* Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit

PERLAKUAN	TINGGI TANAMAN (cm)				DIAMETER BATANG (mm)				JUMLAH DAUN (Helai)			
	14 HSP	28 HSP	42 HSP	56 HSP	14 HSP	28 HSP	42 HSP	56 HSP	14 HSP	28 HSP	42 HSP	56 HSP
KK	14,86%	17,27%	17,70%	15,66%	14,33%	13,07%	11,88%	11,60%	29,55%	16,33%	15,65%	10,93%
D0	20,20	24,05	28,33	32,63	6,43	7,33	9,25	10,50	1,75	3,00	4,00	5,25
D1	23,60	26,95	33,63	36,65	7,15	8,08	10,45	11,55	2,50	3,50	4,50	5,50
D2	18,62	24,17	29,73	33,63	6,35	7,45	9,00	10,10	1,75	2,75	3,75	5,00
D3	20,85	26,65	30,85	34,10	6,88	7,95	10,08	11,15	1,75	3,50	4,75	5,50
D4	19,40	24,02	29,63	32,98	6,68	7,58	9,45	10,98	2,00	3,75	4,25	5,50
D5	22,35	27,22	34,33	37,60	7,30	8,58	10,45	11,60	2,00	4,00	5,25	6,25
	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan : (tn) Angka rata-rata yang diikuti oleh notasi huruf yang sama pada baris atau kolom yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%

GAMBAR



Gambar 1. Budidaya *Azolla pinnata* di dalam bak ember plastik



Gambar 3. Pemeliharaan bibit



Gambar 4. Penyiangan gulma

(

Gambar 5. Penimbangan *Azolla pinnata* sesuai dosis perlakuan



Gambar 7. Aplikasi *Azolla pinnata* ke media tanam dengan beberapa dosis sesuai rancangan perlakuan

Gambar 6. Pencampuran *Azolla pinnata* dengan tanah sebelum aplikasi media tanam



Gambar 8. Kondisi media tanam setelah pencampuran *Azolla pinnata* sesuai perlakuan



Gambar 9. Kegiatan transplanting bibit ke media tanam yang lebih besar dan telah di beri *Azolla pinnata* sesuai perlakuan



Gambar 10. Transplanting bibit ke media tanam yang lebih besar dan telah di beri *Azolla pinnata* sesuai perlakuan pada unit tanaman yang berbeda pada hari yang sama



Gambar 11. Kondisi pertumbuhan bibit kelapa sawit pada aplikasi 150g pupuk hijau *Azolla pinnata*.



Gambar 12. Kondisi pertumbuhan bibit kelapa sawit pada aplikasi 175g pupuk hijau *Azolla pinnata*.



Gambar 13. Pengukuran diameter batang pada aplikasi pupuk 200g, ulangan ke



Gambar 14. Pengukuran tinggi tanaman pada aplikasi pupuk 200g, ulangan ke

4 pada 14 Hari Setelah
Perlakuan (HSP)



1 pada 14 Hari Setelah
Perlakuan (HSP)





Gambar 17. Pengukuran diameter batang pada aplikasi pupuk 200, ulangan ke 3 pada 28 Hari Setelah Perlakuan (HSP)



Gambar 18. Pengukuran tinggi tanaman pada aplikasi



Gambar 19. Pengukuran Parameter pertumbuhan tetap di lakukan sebelum pengendalian hama ulat bulu



Gambar 20. Pengamatan Jumlah daun pada 56 Hari Setelah Perlakuan (HSP)



Gambar 21. Pestisida nabati daun pepaya dan kulit bawang untuk pengendalian hama ulat



Gambar 23. Pengukuran diameter batang pada aplikasi pupuk 200g, ulangan ke 2 pada 56 Hari Setelah Perlakuan (HSP)



Gambar 22. Pengukuran tinggi tanaman pada aplikasi pupuk 200g, ulangan ke 2 pada 56 Hari Setelah Perlakuan (HSP)