

**PEMANFAATAN *Azolla microphylla* DAN
CANGKANG TELUR AYAM SEBAGAI
PUPUK ORGANIK CAIR (POC) PADA
PERTUMBUHAN BAYAM MERAH
(*Amaranthus tricolor* L.)**

SKRIPSI

**DIAN EKA PUTRI
NPM. 1811060300**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1445 H / 2024 M**

**PEMANFAATAN *Azolla microphylla* DAN CANGKANG
TELUR AYAM SEBAGAI PUPUK ORGANIK CAIR (POC)
PADA PERTUMBUHAN BAYAM MERAH
(*Amaranthus tricolor* L.)**

Skripsi

**Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan
Memenuhi Syarat-syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana
Pendidikan (S.Pd) dalam Ilmu Pendidikan Biologi**

Oleh:

**DIAN EKA PUTRI
NPM. 1811060300**

Prodi: Pendidikan Biologi

**Pembimbing I : Marlina Kamelia, M.Sc.
Pembimbing II : Aulia Ulmillah, M.Sc.**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1445 H / 2024 M**

ABSTRAK

Tumbuhan *Azolla microphylla* sering dianggap sebagai tanaman pengganggu (gulma) oleh masyarakat. Namun sebenarnya, tumbuhan ini memiliki beragam manfaat khususnya dalam bidang pertanian organik. Cangkang telur ayam merupakan salah satu limbah organik rumah tangga yang sangat sering dijumpai di lingkungan sekitar. Namun, dari segi pemanfaatan dan pengolahan limbah cangkang telur ayam belum dikelola secara maksimal sehingga dikhawatirkan dapat menyebabkan penumpukan limbah pada tempat pembuangan. Bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) merupakan salah satu spesies sayuran dari famili *Amarantaceae* yang baru mulai eksis di Indonesia. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair (POC) pada pertumbuhan bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.). Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini ialah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 5 perlakuan (P_0^- (kontrol negatif), P_1^+ (kontrol positif), P_2 (25 ml/L), P_3 (75 ml/L), P_4 (125 ml/L)) dengan 3 kali ulangan. Pemberian nutrisi dan pengukuran parameter pertumbuhan dilakukan setiap 1 minggu sekali. Parameter yang diukur setiap minggu ialah parameter tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun dan panjang daun, sedangkan parameter luas daun, panjang akar, berat basah tanaman, berat basah akar, berat kering tanaman dan berat kering akar diukur pada saat pemanenan. Hasil analisis data penelitian menggunakan Uji *One Way ANOVA* dan dilanjutkan dengan Uji Lanjut *Duncan* dengan taraf signifikansi 5% menunjukkan adanya pengaruh dari pemanfaatan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair (POC) pada pertumbuhan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.). Perlakuan P_2 dengan konsentrasi 25 ml/L POC *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam memberikan hasil pertumbuhan terbaik pada semua parameter.

Kata Kunci : *Azolla microphylla*, Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.), Cangkang Telur ayam, Pupuk Organik Cair (POC).

ABSTRACT

Azolla microphylla plant is often considered a nuisance plant (weed) by the community. But actually, this plant has various benefits, especially in the field of organic agriculture. Chicken eggshells are one of the household organic wastes that are very often found in the surrounding environment. However, in terms of utilization and processing of chicken eggshell waste, it has not been managed optimally, so it is feared that it could cause waste to accumulate in landfills. Red spinach (*Amaranthus tricolor* L.) is a species of vegetable from the *Amarantaceae* family that is just starting to exist in Indonesia. This research aimed to determine the effect of using *Azolla microphylla* and chicken eggshells as liquid organic fertilizer (POC) on the growth of red spinach (*Amaranthus tricolor* L.). The research method used in this study was a Completely Randomized Design (CRD) consisting of 5 treatments (P_0 (negative control), P_1^+ (positive control), P_2 (25 ml/L), P_3 (75 ml/L), P_4 (125 ml/L)) with 3 repetitions. Providing nutrition and measuring growth parameters is carried out once a week. The parameters measured every week are plant height, number of leaves, leaf width, and leaf length, while leaf area, root length, plant wet weight, root wet weight, plant dry weight, and root dry weight are measured at harvest. The results of research data analysis using the *One Way ANOVA* Test and continued with the *Duncan* Advanced Test with a significance level of 5% showed the influence of the use of *Azolla microphylla* and chicken eggshells as liquid organic fertilizer (POC) on the growth of red spinach plants (*Amaranthus tricolor* L.). P_2 treatment with a concentration of 25 ml/L POC *Azolla microphylla* and chicken egg shells gave the best growth results in all parameters.

Key Words : *Azolla microphylla*, Chicken Eggshells, Liquid Organic Fertilizer (POC), Red Spinach (*Amaranthus tricolor* L.).

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : DIAN EKA PUTRI
NPM : 1811060300
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwasanya skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan *Azolla microphylla* dan Cangkang Telur Ayam Sebagai Pupuk Organik Cair (POC) pada Pertumbuhan Bayam Merah (*Amaranthus tricolor L.*)”** adalah benar-benar merupakan hasil karya penyusunan sendiri, bukan duplikasi ataupun saduran dari karya orang lain kecuali pada bagian yang telah dirujuk dan disebut dalam *footnote* atau daftar rujukan. Apabila di lain waktu terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini, maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penyusun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi.

Bandar Lampung, 04 Januari 2024

Penulis,



03567AKX807643251

Dian Eka Putri

NPM. 1811060300



KEMENTERIAN AGAMA

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG

FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Alamat: Jl.Letkol H.Endro Suratmin, Sukarame I, Bandar Lampung 35131 Telp.(0721) 783260 Fax.780422

PERSETUJUAN

Judul Skripsi

: **PEMANFAATAN *Azolla microphylla* DAN CANGKANG TELUR AYAM SEBAGAI PUPUK ORGANIK CAIR (POC) PADA PERTUMBUHAN BAYAM MERAH (*Amaranthus tricolor* L.)**

Nama

: **Dian Eka Putri**

NPM

: **1811060300**

Program Studi

: **Pendidikan Biologi**

Fakultas

: **Tarbiyah dan Keguruan**

MENYETUJUI

Untuk dimunaqsyahkan dan dapat dipertahankan dalam Sidang Munaqsyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung

Pembimbing I

Marlina Kamelia, M.Sc

NIP. 19810314 201503 2 001

Pembimbing II

Aulia Ulmillah, M.Sc

NIP.-

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Biologi

Dr. Heru Juabdin Sada, M.Pd.I

NIP. 19840907 201503 1 001



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Alamat: Jl.Letkol H.Endro Suratmin, Sukarame I, Bandar Lampung 35131 Telp.(0721) 783260 Fax.780422

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pemanfaatan *Azolla microphylla* dan Cangkang Telur Ayam Sebagai Pupuk Organik Cair (POC) pada Pertumbuhan Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)” yang disusun oleh: Dian Eka Putri, NPM: 1811060300, Program Studi: Pendidikan Biologi, telah diujikan pada Sidang Munaqosyah di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan pada Hari/Tanggal: Kamis, 04 Januari 2024, pukul 07.30 – 09.00 WIB.

TIM PENGUJI

Ketua Sidang : Drs. Sa'idy, M.Ag

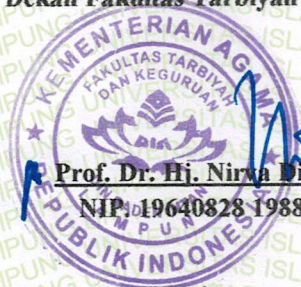
Sekretaris : Siti Munawarah Panggabean, S.T., M.Arch

Penguji Utama : Dwijowati Asih Saputri, M.Si

Penguji I : Marlina Kamelia, M.Sc

Penguji II : Aulia Ulmillah, M.Sc

Mengetahui,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan



Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd

NIP.19640828 198803 2 002

MOTTO

... رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ١٩١

"... "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka". "

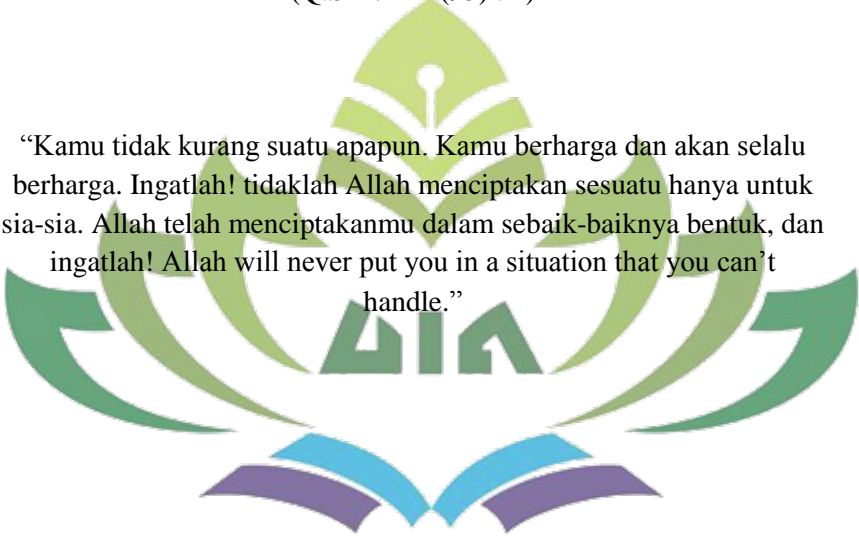
(Q.S Ali-Imran (3) : 191)

لَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ ٤

"Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya. "

(Q.S At-Tin (95) : 4)

"Kamu tidak kurang suatu apapun. Kamu berharga dan akan selalu berharga. Ingatlah! tidaklah Allah menciptakan sesuatu hanya untuk sia-sia. Allah telah menciptakanmu dalam sebaik-baiknya bentuk, dan ingatlah! Allah will never put you in a situation that you can't handle."



PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

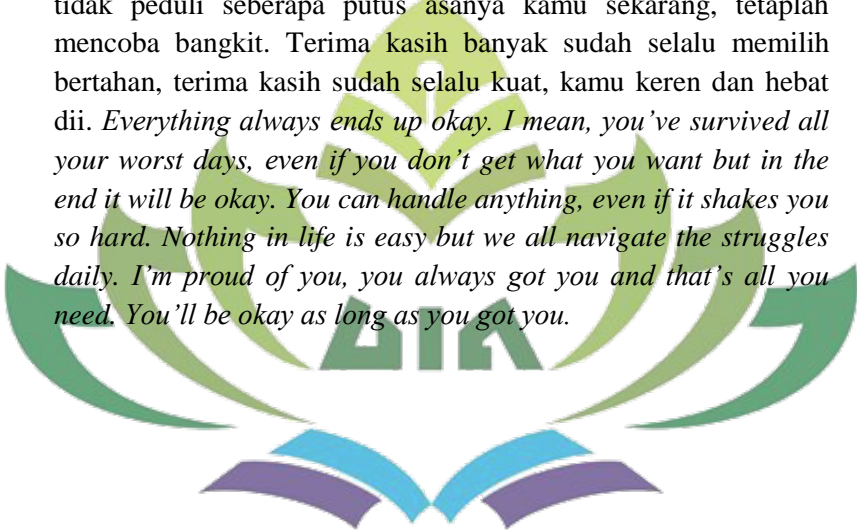
“Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur atas segala nikmat dan rahmat yang telah Allah SWT karuniakan selama ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini merupakan usaha, perjuangan serta bukti kecil yang kupersembahkan sebagai tanda ucapan terima kasih atas kasih sayang, do'a, pengorbanan, rasa syukur, rasa bangga dan rasa hormatku kepada:

1. Pintu surgaku, Ibuku tersayang Enjan Sastiana. Terima kasih sebesar-besarnya penulis berikan kepada beliau atas segala bentuk kasih sayang, do'a, usaha, pengorbanan serta support yang diberikan selama ini. Terima kasih atas nasihat yang selalu diberikan, terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hati dalam menghadapi penulis yang keras kepala. Ibu menjadi pengingat dan penguat paling hebat. Terima kasih karena sudah menjadi ibuku, bu.
2. Cinta pertama sekaligus panutanku, Ayahku tersayang Dedi Joni. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai dengan bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik, mendoakan, memberikan semangat serta motivasi tiada henti kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan tahapan pendidikan S1-nya. Terima kasih sebesar-besarnya penulis berikan kepada beliau atas segala bentuk kasih sayang, do'a, usaha, pengorbanan serta support yang diberikan selama ini. Terima kasih atas nasihat yang selalu diberikan, terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hati dalam menghadapi penulis. Terima kasih karena sudah menjadi ayahku, yah.
3. Ketiga adikku tersayang, Isnaini Dwi Cantika (Ayuk), Khoirika Anistria (Kakak) dan Abila Rezfan Azkadina (Adek) yang selalu menjadi alasan penulis untuk tersenyum dan bertahan hingga saat ini. Terima kasih atas kasih sayang, do'a, kebersamaan, waktu, canda tawa dan seluruh hal baik yang senantiasa diberikan

kepada penulis. Terima kasih karena sudah menjadi adik-adiknya Acak. Tumbuhlah menjadi versi terbaik dan paling hebat kalian, bersinarlah dengan cahaya kalian masing-masing. Acak selalu mencintai dan menyayangi kalian.

4. Almamater tercinta Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan khususnya Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan banyak pengalaman dan pembelajaran yang berharga.
5. *Last but not least*, untuk diriku sendiri, Dian Eka Putri. Terima kasih sudah mau menepikan ego, memilih untuk kembali bangkit dan menyelesaikan semua ini. Kamu selalu berharga, tidak peduli seberapa putus asanya kamu sekarang, tetaplah mencoba bangkit. Terima kasih banyak sudah selalu memilih bertahan, terima kasih sudah selalu kuat, kamu keren dan hebat dii. *Everything always ends up okay. I mean, you've survived all your worst days, even if you don't get what you want but in the end it will be okay. You can handle anything, even if it shakes you so hard. Nothing in life is easy but we all navigate the struggles daily. I'm proud of you, you always got you and that's all you need. You'll be okay as long as you got you.*



RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Dian Eka Putri, lahir pada hari Selasa, 16 Januari 2001 di Martapura, Kecamatan Martapura, Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur (OKU Timur), Provinsi Sumatera Selatan. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara pasangan Bapak Dedi Joni dan Ibu Enjan Sastiana.

Penulis memulai jenjang pendidikannya di Taman Kanak-Kanak (TK) Negeri Pulau Negara pada tahun 2004 dan lulus pada tahun 2006, kemudian penulis melanjutkan pendidikannya di SD Negeri 1 Martapura dan lulus pada tahun 2012. Setelah menyelesaikan pendidikan dasar, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama di MTS Negeri Martapura dan lulus pada tahun 2015, selama bersekolah di jenjang SMP penulis aktif mengikuti ekstrakurikuler Teater dan Paduan Suara. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 (Bintang) Martapura dengan mengambil Jurusan IPA dan lulus pada tahun 2018, selama bersekolah di jenjang pendidikan SMA penulis aktif mengikuti kegiatan eksternal sekolah yaitu Seni Tari di Sanggar Tari Swarna Dwipa.

Pada tahun 2018 penulis diterima melalui jalur tes UM-PTKIN dan terdaftar sebagai Mahasiswa Strata 1 (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan di Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung. Pada tahun 2021 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Dari Rumah (KKN-DR) di Desa Perjaya Barat, Kecamatan Martapura, Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur (OKU Timur), Provinsi Sumatera Selatan, lalu di tahun yang sama penulis juga melaksanakan Praktek Pengalaman Lapangan (PPL) di MI Nurul Islam 1 Way Huwi, Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil' alamin, segala puji bagi Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “Pemanfaatan *Azolla microphylla* dan Cangkang Telur Ayam Sebagai Pupuk Organik Cair (POC) pada Pertumbuhan Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)”. Shalawat teriring salam yang selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan bagi umatnya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Penulis sangat menyadari bahwasanya dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan serta tidak akan berhasil tanpa bimbingan, saran serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
2. Dr. Heru Juabdin Sada, M.Pd.I selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
3. Ibu Marlina Kamelia, M.Sc selaku Pembimbing I yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran, nasehat dan motivasi yang luar biasa dalam memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Aulia Ulmillah, M.Sc selaku Pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran, nasehat dan motivasi yang luar biasa dalam memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Kasubag dan segenap staf Tata Usaha di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan yang telah memberikan pelayanan teknis maupun non teknis sehingga memudahkan penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan ilmu, nasehat serta motivasi kepada penulis selama mengikuti perkuliahan.

7. Sahabat-sahabat terbaikku, Listi dan Bunga yang senantiasa menemani penulis bahkan dititik terendah sekalipun. *Thank you for being who have listened without judgment, spoken without prejudice, helped me without entitlement, understood without pretension and loved me unconditionally.*
8. Sahabat sekaligus kakak-kakakku, Kak Diny, Kak Depat dan Pelin yang telah banyak membantu dan membersamai proses penulis dari awal perkuliahan sampai tugas akhir. Terima kasih sudah mau mengenalku, menjadikan ku teman bahkan memperlakukan ku layaknya adik bungsu kalian. Terima kasih atas segala bantuan, waktu, ilmu, pengalaman, support dan kebaikan yang telah diberikan selama ini. *See you on top, kak.*
9. Teman-teman baikku, Dina, Terra, Bila, Nana dan Dio yang sudah secara sukarela memberikan bantuan dan semangat kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir. Terima kasih atas segala bantuan, support, kebersamaan, canda tawa dan do'a yang telah diberikan.
10. Teman seperbimbingan skripsi dan seperpenelitian pada bidang murni khususnya Mayda, Mily dan Fikri terima kasih atas segala waktu, ilmu, pengalaman serta dukungan semangat selama penyusunan tugas akhir.
11. Adik-adik tingkat di kost-an Eci, Marsha, Rindi, Inggrid, Putri, Kiki, Putri Amel, Vara, Niken dan Devi terima kasih atas do'a, bantuan, kebersamaan, canda tawa serta semangat yang telah diberikan kepada penulis khususnya selama penyusunan tugas akhir.
12. Seluruh teman-teman angkatan 2018 khususnya Program Studi Pendidikan Biologi Kelas C, Agustin, Fara, Panca, Rohim, Aan dan lainnya yang sudah dengan sukarela meluangkan waktu untuk saling berbagi ilmu, berperan banyak dalam memberikan pengalaman serta pembelajaran selama dibangku perkuliahan.
13. Teman-teman baik sosial media ku, grup NCTZen dan Sijeuni 2.0 yang senantiasa berbagi ilmu, pengalaman, canda tawa serta support selama penyusunan tugas akhir.
14. *My serotonin booster, Jaemin Na. The boy who has the most beautiful smile i know, that smile always heals me. The person who changed my life completely, showed me the true meaning of*

love and happiness. Thank you for everything, you complete the other half of me, thank you for lighting up my life, you made such a great impact on me. Thank you for encouraging me, relief my stress, my worries and keep me sane while doing my thesis.

15. Semua anggota boygrup k-pop NCT, WayV, NCT 2020, Golden Child, EXO, INFINITE khususnya biasku Na Jaemin, Qian Kun, Zhong Chenle, Hong Joochan, Do Kyungsoo, Byun Baekhyun, Nam Woohyun dan Park Jihoon yang telah menemani, menghibur serta memberikan motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi melalui musik, konten dan karya-karya lainnya.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih banyak pada seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan nikmat dan karunia-Nya serta membalas setiap amal kebaikan kita semua. *Aamiin ya Rabbal Alamin.*

Bandar Lampung, 04 Januari 2024
Penulis,




Dian Eka Putri
NPM. 1811060300

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
ABSTRAK	iii
SURAT PERNYATAAN	v
PERSETUJUAN	vi
PENGESAHAN	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
RIWAYAT HIDUP	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii

BAB I PENDAHULUAN

A. Penegasan Judul	1
B. Latar Belakang Masalah.....	3
C. Identifikasi dan Batasan Masalah.....	10
D. Rumusan Masalah	11
E. Tujuan Penelitian.....	11
F. Manfaat Penelitian.....	12
G. Kajian Penelitian Relevan	13
H. Sistematika Penulisan.....	16

BAB II LANDASAN TEORI DAN PENGAJUAN HIPOTESIS

A. Pupuk.....	19
B. <i>Azolla microphylla</i>	28
C. Cangkang Telur Ayam	32
D. Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	36
E. Pertumbuhan.....	43
F. Hipotesis.....	47

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	49
B. Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	49
C. Populasi, Sampel dan Teknik Pengumpulan Data.....	51

D. Definisi Operasional Variabel	57
E. Instrumen Penelitian.....	58
F. Uji Prasyarat Analisis	62
G. Uji Hipotesis.....	63

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	65
B. Pembahasan	87

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	111
B. Rekomendasi	111

DAFTAR RUJUKAN	113
-----------------------------	-----

LAMPIRAN	123
-----------------------	-----



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kandungan Unsur Hara POC <i>Azolla microphylla</i>	14
Tabel 2.1 Standar Mutu Pupuk Organik Cair.....	25
Tabel 2.2 Kandungan Unsur Hara POC <i>Azolla microphylla</i>	30
Tabel 2.3 Komposisi Bahan Penyusun Cangkang Telur.....	34
Tabel 2.4 Kandungan Unsur Hara POC Cangkang Telur.....	34
Tabel 2.5 Kandungan Nutrisi dalam 100gr Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	42
Tabel 3.1 Konsentrasi pada Perlakuan dan Pengulangan Desain Rancangan Acak Lengkap (RAL).....	50
Tabel 4.1 Hasil Analisis Kandungan Unsur Hara Pupuk Organik Cair (POC) <i>Azolla microphylla</i> dan Cangkang Telur Ayam.....	65
Tabel 4.2 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Tinggi Tanaman Tanaman Bayam Merah.....	68
Tabel 4.3 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Jumlah Daun Tanaman Bayam Merah.....	70
Tabel 4.4 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Lebar Daun Tanaman Bayam Merah.....	73
Tabel 4.5 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Panjang Daun Tanaman Bayam Merah.....	75
Tabel 4.6 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Luas Daun Tanaman Bayam Merah.....	77
Tabel 4.7 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Panjang Akar Tanaman Bayam Merah.....	79
Tabel 4.8 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Berat Basah Tanaman Bayam Merah.....	81
Tabel 4.9 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Berat Basah Akar Tanaman Bayam Merah.....	83
Tabel 4.10 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Berat Kering Tanaman Bayam Merah.....	85
Tabel 4.11 Hasil Uji Lanjut <i>Duncan</i> Parameter Berat Kering Tanaman Bayam Merah.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman <i>Azolla microphylla</i>	29
Gambar 2.2 Cangkang Telur Ayam.....	32
Gambar 2.3 Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	36
Gambar 2.4 Perbedaan Bentuk dan Pigmentasi Warna Daun	37
Gambar 2.5 Akar Tanaman Bayam Merah.....	38
Gambar 2.6 Batang Tanaman Bayam Merah	38
Gambar 2.7 Daun Tanaman Bayam Merah	39
Gambar 2.8 Bunga Tanaman Bayam Merah	40
Gambar 2.9 Biji Tanaman Bayam Merah.....	40
Gambar 3.1 Desain Perlakuan Penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL).....	50
Gambar 4.1 Diagram Rata-rata Tinggi Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	67
Gambar 4.2 Diagram Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	69
Gambar 4.3 Diagram Rata-rata Lebar Daun Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	72
Gambar 4.4 Diagram Rata-rata Panjang Daun Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	74
Gambar 4.5 Diagram Rata-rata Luas Daun Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	76
Gambar 4.6 Diagram Rata-rata Panjang Akar Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	78
Gambar 4.7 Diagram Rata-rata Berat Basah Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	80
Gambar 4.8 Diagram Rata-rata Berat Basah Akar Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.)	82
Gambar 4.9 Diagram Rata-rata Berat Kering Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.).....	84
Gambar 4.10 Diagram Rata-rata Berat Kering Akar Tanaman Bayam Merah (<i>Amaranthus tricolor</i> L.)	86

BAB I

PENDAHULUAN

A. Penegasan Judul

Skripsi dengan judul “**Pemanfaatan *Azolla microphylla* dan Cangkang Telur Ayam sebagai Pupuk Organik Cair (POC) pada Pertumbuhan Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)**” membahas topik mengenai pemanfaatan tanaman *Azolla microphylla* serta limbah organik rumah tangga berupa cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair (POC) dalam proses pemupukan budidaya tanaman bayam merah. Untuk menghindari adanya kesalahpahaman dalam memahami judul pada penelitian ini, maka sebagai langkah awal penulis akan menguraikan beberapa istilah yang menjadi dasar dalam penulisan judul tersebut, adapun beberapa istilah tersebut yakni sebagai berikut:

1. Pemanfaatan merupakan suatu aktifitas atau kegiatan yang melibatkan langkah-langkah dalam menggunakan sesuatu yang ada menjadi sesuatu yang berguna.¹ Dalam penelitian ini pemanfaatan yang dimaksud ialah penggunaan suatu tanaman serta limbah organik rumah tangga yang diproses menjadi pupuk organik cair (POC) guna menyokong pertumbuhan pada suatu tanaman.
2. *Azolla microphylla* adalah salah satu jenis tumbuhan paku air yang biasa tumbuh mengapung pada perairan, misalnya danau, kolam, sungai dan sawah.² Tumbuhan paku air ini memiliki banyak manfaat terutama dalam sektor pertanian yaitu untuk dijadikan pupuk organik. *Azolla* merupakan tumbuhan yang istimewa karena asosiasinya dengan *Anabena azollae*

¹ Deseriana Bria, “Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Teh Kompos Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss),” *Savana Cendana* 1, no. 3 (2016): 108–111.

² Faiz Al Arif, Herry Susanto, dan Hidayat Pujisewiswanto, “Pengaruh Pupuk Kandang Kambing dan Sapi Terhadap Pertumbuhan *Azolla microphylla*,” *Jurnal Agrotropika* 20, no. 1 (2021): 35–41.

yang dapat memfiksasi N_2 dari udara³ yang menjadi salah satu unsur hara penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

3. Cangkang telur ayam merupakan salah satu limbah organik rumah tangga yang mudah didapat serta belum banyak dimanfaatkan khususnya dalam pembuatan pupuk organik cair.⁴ Cangkang telur ayam dapat dimanfaatkan sebagai pengganti kapur untuk meningkatkan pH. Selain itu, kandungan kalium (K), kalsium (Ca), fosfor (P) dan magnesium (Mg) menjadikan cangkang telur ayam sangat efisien digunakan sebagai bahan pembuatan pupuk organik cair.⁵
4. Pupuk organik cair (POC) merupakan pupuk yang berasal dari sisa tanaman, hewan maupun limbah organik yang sudah melalui proses fermentasi dan diberikan pada tanaman dengan cara penyiraman guna mencukupi kebutuhan unsur hara bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.⁶
5. Pertumbuhan merupakan peristiwa bertambahnya ukuran tanaman yang dapat diukur dari bertambah besar dan tingginya organ tumbuhan. Pertambahan ukuran pada tubuh tumbuhan secara keseluruhan merupakan hasil dari pertambahan jumlah dan ukuran sel.⁷

³ Irwan Effendi dan Ilham Ilahi, "Teknik Budidaya *Azolla microphylla* pada Media Ember dan Kolam Terpal," *Journal of Rural dan Urban Community Empowerment* 1, no. 1 (2019): 67–71.

⁴ Siswatiana Taha et al., "Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam sebagai Pupuk Organik Di Desa Ombulodata Kabupaten Gorontalo Utara," *Jambura Journal of Husbandry and Agriculture Community Serve (JJHCS)* 1, no. 2 (2022): 56–62.

⁵ Dicky Kurniawan, "Respon Pemberian POC *Mucuna bracteata* Plus dan Cangkang Telur Ayam Plus Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.)," *Jimtani* 1, no. 4 (2021): 1–11.

⁶ Robiatul Adawiyah dan Musadia Afa, "Pertumbuhan Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.) pada Berbagai Media Tanam Tanpa Tanah dengan Aplikasi Pupuk Organik Cair (POC)," *Biowallacea* 5, no. 1 (2018): 750–760.

⁷ Agustina Tri Hapsari, Sri Darmanti, dan Endah Dwi Hastuti, "Pertumbuhan Batang, Akar dan Daun Gulma Katumpangan (*Pilea microphylla* L. Liebm.)," *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 3, no. 1 (2018): 79–84.

6. Bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) merupakan salah satu spesies yang termasuk ke dalam famili *Amaranthaceae* yang umum dikonsumsi sebagai sayuran karena kandungan zat besinya yang tinggi.⁸

Berdasarkan penegasan judul di atas yang dimaksud dengan “Pemanfaatan *Azolla microphylla* dan Cangkang Telur Ayam sebagai Pupuk Organik Cair (POC) pada Pertumbuhan Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)” yaitu berapa besar pengaruh dari pemanfaatan tumbuhan *Azolla microphylla* serta limbah organik berupa cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman bayam merah pada parameter pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, panjang daun, luas daun, panjang akar, berat basah tanaman, berat basah akar, berat kering tanaman dan berat kering akar.

B. Latar Belakang Masalah

Permintaan akan komoditas hortikultura khususnya sayuran semakin tinggi seiring dengan peningkatan populasi jumlah penduduk. Menurut hasil survei BKP (2021), partisipasi konsumsi penduduk Indonesia khususnya sayuran meningkat dari 97,06% pada tahun 2019 menjadi 97,26% pada tahun 2020. Hasil survei tersebut juga menyatakan bahwa terjadi sedikit peningkatan pada proporsi pengeluaran untuk bahan makanan dari Rp.575.551,00 (49,1%) menjadi Rp.603.236,00 (49,2%). Hal ini berarti semakin tinggi pengeluaran konsumen untuk membeli bahan makanan, semakin tinggi pula pengeluaran untuk membeli sayuran dan semakin mahal harga rata-rata sayuran per kilogramnya. Artinya selain kuantitas, permintaan sayuran juga meningkat dari segi kualitas. Hal ini membuka peluang pasar untuk meningkatkan produksi sayuran baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Salah satu sayuran yang memiliki peluang pasar yang tinggi yaitu bayam.

Bayam (*Amaranthus* sp.) ialah salah satu komoditas sayuran daun yang memiliki nilai gizi tinggi khususnya sebagai sumber zat besi.

⁸ Novi Sulistyaningrum, “Isolasi dan Identifikasi Struktur Karotenoid Dari Ekstrak Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.),” *Jurnal Kefarmasian Indonesia* 4, no. 2 (2014): 75–81.

Tanaman sayuran ini menjadi salah satu jenis sayuran yang sudah lama dikenal serta digemari oleh semua lapisan masyarakat. Daun bayam sering dimanfaatkan untuk membuat berbagai jenis hidangan masakan dan camilan, seperti sayur bening, pecel, gado-gado, keripik dan lain-lain. Tidak hanya itu tanaman bayam juga sering dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan tradisional juga kosmetik. Dari warna daunnya, masyarakat umum mengenal dua jenis bayam yaitu bayam hijau dan bayam merah.

Bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) merupakan salah satu spesies dari famili *Amarantaceae* yang baru mulai eksis di Indonesia beberapa tahun terakhir. Selain mengandung banyak zat besi, protein, vitamin A, vitamin C serta garam-garam mineral yang dibutuhkan oleh tubuh manusia, bayam merah juga mengandung antosianin yang berperan sebagai antioksidan dan berkhasiat untuk menyembuhkan penyakit anemia.⁹

Menurut data hasil survei pada Badan Pusat Statistik (BPS), terjadi peningkatan produksi tanaman bayam dari 157.024 ton pada tahun 2020 menjadi 171.706 ton pada tahun 2021. Peningkatan produksi ini disebabkan oleh meningkatnya rata-rata konsumsi masyarakat terhadap komoditas sayuran bayam. Rata-rata konsumsi masyarakat pada komoditas sayur bayam khususnya di Kota Bandar Lampung meningkat dari 0,058 kg pada tahun 2020 menjadi 0,070 kg pada tahun 2021. Hal ini menunjukkan bahwa permintaan bayam dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Namun, untuk pembudidayaan bayam merah di Indonesia masih sangat jarang dilakukan oleh petani-petani lokal. Ini disebabkan oleh kurang eksisnya bayam merah dikalangan masyarakat khususnya kalangan menengah kebawah. Kemudian kebiasaan konsumsi masyarakat yang sejak dahulu lebih mengenal dan lebih sering mengonsumsi bayam hijau, serta harga pasaran bayam merah yang lebih tinggi daripada bayam hijau menyebabkan masyarakat lebih memilih untuk mengonsumsi bayam hijau ketimbang bayam merah. Padahal jika dilihat dari segi nutrisi, bayam merah memiliki kandungan zat besi,

⁹ Bria, "Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Teh Kompos Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss)."

kalsium serta magnesium yang lebih tinggi daripada bayam hijau.¹⁰ Kadar rata-rata zat besi yang terkandung pada bayam merah yaitu 2,0744mg/100g sedangkan pada bayam hijau yaitu 0,0740mg/100g-nya.¹¹ Berdasarkan beberapa hal tersebut perlu adanya peningkatan hasil budidaya bayam merah baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Salah satu cara untuk meningkatkan hasil dari budidaya bayam merah ialah melalui pemupukan.

Pemupukan merupakan salah satu usaha intensifikasi pertanian yang bertujuan untuk menambah unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman bayam merah guna meningkatkan produksi hasil tanaman tersebut. Hal ini dikarenakan tanah yang menjadi media tanam terkadang tidak mengandung seluruh unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk menyokong pertumbuhannya secara lengkap. Sehingga perlu dilakukan pemupukan untuk menggantikan unsur hara yang tidak tersedia di dalam tanah.¹²

Petani di Indonesia sebagian besar masih bergantung pada penggunaan bahan kimia dalam pemupukan tanaman. Hal ini dikarenakan penggunaan pupuk anorganik mampu meningkatkan hasil pertanian dalam waktu yang relatif singkat. Namun, terlalu banyak menggunakan pupuk anorganik dalam pemupukan tanaman secara terus menerus dapat menyebabkan kerusakan lingkungan serta berdampak buruk bagi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah.¹³ Hal ini mengakibatkan penurunan kemampuan tanah untuk mendukung nutrisi yang tersedia dan berkurangnya umur mikroorganisme yang

¹⁰ Resenska Citra Uli Simanullang, "Penetapan Kadar Besi dan Kalsium serta Magnesium pada Sayur Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) dan Bayam Hijau (*Amaranthus hybridus* L.) Secara Spektrofotometri Serapan Atom" (Universitas Sumatera Utara, 2017).

¹¹ Nofita, Robby Candra Purnama, dan Mochammad Arief Hidayat, "Perbandingan Kadar Zat Besi (Fe) pada Bayam Hijau dan Bayam Merah yang Dijual Dipasar SMEP Bandar Lampung Secara Spektrofotometri Serapan Atom," *Jurnal Analis Farmasi* 6, no. 1 (2021): 56–62.

¹² Pinus Lingga dan Marsono, *Petunjuk Penggunaan Pupuk*, Cet. 20. (Jakarta: Penebar Swadaya, 2003). 8-10

¹³ Zainudin Maunte, Jafar Iqbal Muh, dan M Darmawan, "Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Ampas Tahu dan Bonggol Pisang Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.)," *Jurnal Agropolitan* 5, no. 1 (2018): 70–77.

ada.¹⁴ Penggunaan pupuk anorganik untuk meningkatkan produksi pangan juga dapat berdampak negatif bagi kesehatan tubuh manusia. Di satu sisi harga pupuk anorganik yang semakin mahal, disisi lain perlu adanya peningkatan produksi pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat. Tingkat konsumsi pupuk anorganik terus meningkat sedangkan sumber bahan baku produksi pupuk semakin menipis.¹⁵ Oleh karena itu, jika tidak segera diatasi lahan-lahan pertanian tersebut tidak akan mampu lagi memproduksi secara maksimal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi permasalahan tersebut yaitu dengan mengganti pupuk anorganik dengan pupuk organik yang lebih ramah lingkungan.

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari tumbuhan, sisa kotoran hewan atau limbah organik lainnya yang berasal dari rumah tangga, pabrik ataupun pertanian yang telah melalui proses rekayasa serta diperkaya akan bahan mineral dan mikroorganisme yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta membantu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.¹⁶ Penggunaan pupuk yang berasal dari bahan organik ialah alternatif tepat yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak penggunaan pupuk kimia. Selain itu pupuk organik juga memiliki manfaat untuk menaikkan daya serap tanah terhadap air, menaikkan kondisi kehidupan di dalam tanah serta sebagai sumber zat makanan bagi tanaman.¹⁷ Pupuk organik biasa dibedakan atas pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

Pupuk organik cair merupakan jenis pupuk berupa larutan yang diperoleh dari proses penguraian bahan-bahan organik. Pupuk organik cair dapat dibuat dengan memanfaatkan tumbuhan, sisa kotoran

¹⁴ Ikra Mursalim, Muh. Khalifah Mustami, dan Ahmad Ali, "Pengaruh Penggunaan Pupuk Organik Mikroorganisme Lokal Media Nasi, Batang Pisang, dan Ikan Tongkol Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea*)," *Jurnal Biotek* 6, no. 1 (2018): 32–42.

¹⁵ Sri Utami Lestari, Enny Mutryarny, dan Neng Susi, "Uji Komposisi Kimia Kompos *Azolla microphylla* dan Pupuk Organik Cair (POC) *Azolla microphylla*," *Jurnal Ilmiah Pertanian* 15, no. 2 (2019): 121–127.

¹⁶ Milawati Lalla, "Potensi Air Cucian Beras sebagai Pupuk Organik pada Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.)," *Jurnal Agropolitan* 5, no. 1 (2018): 38–43.

¹⁷ Lingga dan Marsono, *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. 58-59

hewan maupun limbah organik,¹⁸ karena bahwasanya Allah SWT telah menciptakan seluruh isi bumi ini dengan berbagai fungsi dan manfaatnya. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surah Shad ayat 27 yang berbunyi:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ذَلِكُمْ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ
لِّلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ۚ ٢٧

“Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka.” (Q.S Shad (38) : 27)

Firman Allah SWT tersebut menjelaskan bahwa: tidaklah Kami menciptakan langit dan bumi serta apa saja yang berada di antara keduanya sia-sia. Semua yang diciptakan memiliki hikmah serta fungsi dan manfaat masing-masing, sedangkan orang-orang kafir menduga bahwa Kami menciptakan itu semua hanyalah permainan yang tidak ada gunanya. Maka celakalah bagi orang-orang kafir karena akan masuk ke dalam jurang api neraka dengan siksaan yang amat pedih selama-lamanya.¹⁹

Firman Allah pada surah Shad ayat 27 tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT tidak pernah menciptakan sesuatu yang ada di langit dan di bumi serta diantara keduanya dengan sia-sia. Semua yang Ia ciptakan mempunyai manfaat bagi kehidupan umat manusia di bumi. Contohnya yaitu tumbuhan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam. Pertumbuhan azolla pada masa produksi tanaman padi sering dianggap sebagai tanaman pengganggu (gulma), sama halnya dengan cangkang telur ayam yang sering dibuang begitu saja karena dinilai tidak lagi memiliki daya guna. Namun sebenarnya, kedua bahan organik tersebut dapat dimanfaatkan menjadi bahan dasar pembuatan pupuk organik cair yang dapat digunakan dalam proses

¹⁸ Adawiyah dan Afa, “Pertumbuhan Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.) pada Berbagai Media Tanam Tanpa Tanah dengan Aplikasi Pupuk Organik Cair (POC).”

¹⁹ H. Kojin Mashudi, *Tafsir Al-Muyassar*, ed. H. Abdul Mustaqim, Jilid V. (Malang: Inteligencia Media, 2019). 247

pemupukan suatu budidaya tanaman. Pupuk organik cair yang baik harus mengandung unsur hara makro terutama nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) serta C-organik, karena unsur tersebut merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak.²⁰ Pupuk organik cair *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam merupakan salah satu alternatif yang dapat dijadikan sebagai sumber unsur hara makro karena masing-masing dari keduanya memiliki kandungan unsur hara yang baik bagi tumbuhan serta dapat dijadikan sebagai pengganti pupuk anorganik.

Pupuk organik cair (POC) *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam merupakan larutan yang berasal dari hasil penguraian atau fermentasi dua bahan organik yaitu tanaman *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam. Jenis pupuk organik cair ini memiliki bahan pengikat yang mampu membantu larutan pupuk yang diberikan pada tanaman dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Selain itu pupuk organik cair memiliki keunggulan yaitu dapat dengan cepat mengatasi kekurangan nutrisi di dalam tanah serta mampu menyediakan unsur hara dengan cepat bila dibandingkan dengan pupuk padat. Hal ini didukung oleh bentuknya yang cair sehingga mudah diserap oleh tanah dan tanaman.²¹

Azolla microphylla merupakan salah satu jenis tumbuhan paku air yang biasa tumbuh mengapung pada daerah perairan. Tumbuhan ini merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki beragam manfaat khususnya dalam bidang pertanian organik. Tumbuhan ini tergolong tanaman istimewa karena hidup bersimbiosis dengan *Cyanobacteria* sehingga mampu menambat N_2 di udara. Tanaman ini secara tidak langsung dapat menambat nitrogen bebas di udara dengan bantuan mikroorganisme *Anabaena azollae*, nitrogen bebas yang diikat dari udara akan diubah menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Simbiosis ini menyebabkan azolla mempunyai kualitas nutrisi yang

²⁰ Dewi Widyabudiningsih et al., "Pembuatan dan Pengujian Pupuk Organik Cair Dari Limbah Kulit Buah-Buahan dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Variasi Waktu Fermentasi," *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)* 4, no. 1 (2021): 30–39.

²¹ Bangun Wahyu Ramadhan Ika Hariyanto Putra dan Rhenny Ratnawati, "Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Buah dengan Penambahan Bioaktivator EM4," *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* 11, no. 1 (2019): 44–56.

baik khususnya nitrogen.²² *Azolla* termasuk tanaman yang berkualitas tinggi, sehingga cukup menjanjikan untuk dijadikan sebagai sumber nitrogen biologis alami yang bersifat terbarukan. *Azolla microphylla* mengandung unsur hara C-organik: 0,10%, N-total: 0,05%, Ca-total: 0,04%, Mg-total: 0,01%, P₂O₅-total: 0,02%, K₂O-total: 1,54%, sehingga penggunaan *Azolla microphylla* sebagai pupuk organik dapat berguna untuk memperbaiki sifat fisik, kimia maupun biologi tanah.²³ *Azolla* juga mempunyai kelebihan yaitu memiliki sifat yang cepat dalam proses berkembang biak serta mudah ditemukan di sawah, sungai, danau, kolam ataupun tempat perairan lainnya.²⁴

Cangkang telur ayam merupakan salah satu limbah organik rumah tangga yang sangat sering dijumpai di lingkungan sekitar. Namun, dari segi pemanfaatan dan pengolahan limbah cangkang telur ayam belum dikelola secara maksimal sehingga dikhawatirkan dapat menyebabkan penumpukan limbah pada tempat pembuangan. Jika dibiarkan secara terus menerus, hal tersebut dapat merusak keindahan serta menimbulkan pencemaran lingkungan. Cangkang telur ayam memiliki kandungan nutrisi yang tinggi sehingga cukup menjanjikan untuk dijadikan sebagai salah satu bahan pembuatan pupuk organik cair. Cangkang telur memiliki kandungan unsur hara Kalium (K): 0,121%, Kalsium (Ca): 8,977%, Fosfor (P): 0,394% serta Magnesium (Mg): 10,541%.²⁵ Tingginya kandungan kalsium yang diketahui dalam bentuk senyawa kalsium karbonat (CaCO₃) ini juga menjadikan cangkang telur sangat baik dimanfaatkan sebagai pengganti zat kapur

²² Briljan Sudjana, "Penggunaan *Azolla* untuk Pertanian Berkelanjutan," *Jurnal Ilmiah Solusi* 1, no. 2 (2014): 72–81.

²³ Vonny Indah Sari, Enny Mutryamy, dan Muhammad Rizal, "Korelasi Pemberian Pupuk Organik Cair *Azolla microphylla* Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Di Pre Nursery," *Jurnal Agrotela* 1, no. 1 (2021): 12–19.

²⁴ Jauhari Syamsiyah et al., "Pengenalan Budidaya *Azolla* untuk Mendukung Pengembangan Pertanian Organik," *PRIMA: Journal of Community Empowering dan Services* 5, no. 1 (2021): 38–46.

²⁵ Lidia Sunarti Pantang et al., "Efektivitas Pupuk Organik Cair Limbah Rumah Tangga dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)," *EduBiologia: Biological Science and Education Journal* 1, no. 2 (2021): 85–90.

yang mampu menaikkan pH tanah dan air.²⁶ Dengan memanfaatkan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair maka kebutuhan nutrisi bagi tanaman dapat terpenuhi serta diharapkan dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka penelitian ini penting untuk dilakukan karena perlu adanya eksperimen mengenai pemanfaatan tumbuhan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam dalam pembuatan pupuk organik cair yang nantinya akan digunakan sebagai nutrisi pada tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor L.*) serta sebagai bentuk upaya dalam mengurangi pemakaian pupuk anorganik. Keterbaruan dari penelitian ini ialah penggunaan EM-4 (*effective microorganism 4*) sebagai bioaktivator pada proses fermentasi pupuk organik cair, analisis kandungan unsur hara pupuk organik cair di laboratorium serta penggunaan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor L.*) sebagai objek penelitian.

C. Identifikasi dan Batasan Masalah

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka penulis mengidentifikasi beberapa masalah yaitu sebagai berikut:

- a. Kurangnya pembudidayaan bayam merah di Indonesia, sehingga perlu adanya peningkatan hasil serta produksi budidaya tanaman bayam merah tidak hanya dari segi kuantitas tetapi juga kualitas.
- b. Petani Indonesia masih bergantung pada pupuk anorganik yang jika digunakan secara terus menerus dapat mengakibatkan menurunnya ketersediaan unsur hara di dalam tanah.
- c. Kurangnya informasi dan pengetahuan masyarakat terhadap manfaat dari tumbuhan *Azolla microphylla* dalam bidang pertanian organik.

²⁶ Saberina Hasibuan et al., "Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur sebagai Pupuk Organik Cair Di Kecamatan Rumbai Bukit," *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services* 5, no. 2 (2021): 154–160.

- d. Penumpukan limbah cangkang telur ayam pada tempat pembuangan sampah dapat menyebabkan rusaknya keindahan serta menimbulkan pencemaran lingkungan.
- e. Masih minimnya penelitian mengenai pemanfaatan bahan organik seperti tanaman *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam dalam pembuatan pupuk organik cair (POC).

2. Batasan Masalah

Untuk menghindari terjadinya kesalahpahaman dalam memahami pembahasan pada skripsi ini, maka peneliti membatasi permasalahan sebagai berikut:

- a. Tumbuhan *Azolla microphylla* diperoleh di Desa Pahang Asri, Kecamatan Buay Pemuka Peliung, Kabupaten OKU Timur, Sumatera Selatan.
- b. Cangkang telur ayam diperoleh dari limbah beberapa restoran padang dan toko kue di daerah setempat.
- c. Jenis tanaman yang digunakan pada penelitian ini ialah tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.), bibit tanaman diperoleh dari toko perlengkapan pertanian.
- d. Parameter yang diukur pada penelitian ini yaitu pertumbuhan tanaman bayam merah berupa tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, panjang daun, luas daun, panjang akar, berat basah tanaman, berat basah akar, berat kering tanaman dan berat kering akar.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu: “Bagaimana pengaruh pemanfaatan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair (POC) pada pertumbuhan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.)?”.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu: “Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam

sebagai pupuk organik cair (POC) pada pertumbuhan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor L.*)”.

F. Manfaat Penelitian

Data hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Bagi Pendidikan

- a. Bagi peserta didik yaitu sebagai informasi bahwa tumbuhan pengganggu (gulma) seperti *Azolla microphylla* maupun cangkang telur ayam yang sering dianggap tidak lagi memiliki daya guna sebenarnya memiliki banyak manfaat. Salah satunya yaitu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pupuk organik cair (POC).
- b. Bagi pendidik diharapkan dapat menjadi salah satu bahan ajar tambahan mata pelajaran biologi pada materi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan serta perubahan lingkungan atau iklim dan daur ulang limbah.

2. Bagi Masyarakat

- a. Mengetahui adanya pupuk organik cair yang lebih ramah lingkungan sebagai pengganti pupuk kimia sintetik yang tidak hanya berbahaya bagi lingkungan tetapi juga bagi kesehatan manusia.
- b. Memberikan informasi bahwa tumbuhan *Azolla microphylla* yang sering dianggap gulma serta cangkang telur ayam yang biasanya dibuang dapat digunakan sebagai sumber nutrisi alternatif bagi tanaman.
- c. Memberikan pengetahuan mengenai pembuatan pupuk organik cair ramah lingkungan.

3. Bagi Peneliti

Menambah wawasan terkait pemanfaatan tanaman *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam sebagai bahan dasar dalam pembuatan pupuk organik cair (POC).

G. Kajian Penelitian Relevan

Untuk mendukung keabsahan penelitian ini, peneliti mengacu pada beberapa penelitian relevan yang pernah dilakukan sebelumnya. Salah satunya yaitu penelitian mengenai pemanfaatan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair dengan bioaktivator rebung bambu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas pupuk pada pemanfaatan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair dengan bioaktivator rebung bambu memiliki rata-rata kualitas pupuk yang baik pada semua kombinasi dengan pengamatan secara sensoris. Hal ini dikarenakan kualitas pupuk pada keempat kombinasi sudah sesuai dengan SNI No 19-7030-2004 dan Peraturan Menteri Pertanian Tahun 2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah.²⁷ Persamaan antara penelitian tersebut dengan penelitian penulis ialah pada penggunaan bahan utama pembuatan pupuk organik cair yaitu dengan memanfaatkan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam. Kemudian untuk perbedaan penelitian yakni terdapat pada penggunaan bioaktivator fermentasi, pada penelitian tersebut peneliti menggunakan bioaktivator berupa rebung bambu sedangkan penulis menggunakan bioaktivator berupa EM-4 (*Effective Microorganism 4*). Dalam penelitian tersebut juga peneliti belum melakukan pengujian laboratorium terhadap kandungan unsur hara dan pengaplikasian pupuk pada tanaman. Namun, pada penelitian ini penulis melakukan pengujian laboratorium terhadap kandungan unsur hara berupa N, P, K, pH, C-Organik dan Rasio C/N serta pupuk organik cair tersebut juga digunakan sebagai nutrisi pada proses pemupukan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) dengan beberapa konsentrasi perlakuan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pemanfaatan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair terhadap pertumbuhan bayam merah tersebut.

Penelitian relevan selanjutnya yaitu penelitian mengenai uji komposisi kimia kompos *Azolla microphylla* dan pupuk organik cair

²⁷ Firstnanda Ivanka Putri dan Aminah Asngad, "Pemanfaatan *Azolla microphylla* dan Cangkang Telur Ayam sebagai Pupuk Organik Cair dengan Bioaktivator Rebung Bambu," dalam *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek) Ke-VIII*, 2022, 255–261.

(POC) *Azolla microphylla*. Hasil dari analisis kimia menunjukkan bahwa kandungan unsur hara pupuk organik cair (POC) *Azolla microphylla* telah memenuhi standar pupuk organik menurut Peraturan Menteri Pertanian No.28 tahun 2009²⁸, yaitu sebagai berikut:

Tabel 1.1
Kandungan Unsur Hara POC *Azolla microphylla*

No.	Unsur Hara	POC <i>Azolla microphylla</i>	Satuan
1.	pH H ₂ O	4,3	-
2.	C-Organik	0,10	%
3.	N-total	0,05	%
4.	P ₂ O ₅ -total	0,02	%
5.	K ₂ O-total	1,54	%
6.	Ca-total	0,04	%
7.	Mg-total	0,01	%
8.	S-total	16	Ppm
9.	Mn-total	55	Ppm
10.	Cu-total	0,8	Ppm
11.	Zn-total	5,9	Ppm
12.	B-total	1,6	Ppm
13.	Cl	0,04	%

Sumber: (Lestari et al., 2019)

Begitu pula dengan penelitian mengenai *evaluation of eggshell as organic fertilizer on sweet basil* yang menunjukkan bahwa hasil pupuk organik cangkang telur dalam bentuk cair pada konsentrasi 20x pengenceran selaras dengan hasil pupuk komersil terhadap pertumbuhan tanaman kemangi. Penelitian tersebut juga menyatakan bahwa pupuk organik cangkang telur dalam bentuk cair memiliki hasil kinerja yang lebih baik dibandingkan dalam bentuk padat. Hasil dari analisis kimia pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa pupuk organik cair cangkang telur memiliki kandungan unsur hara seperti Nitrogen (N): 0,04%, Fosfor (P): 4,5 ppm, Kalium (K): 116,8 ppm,

²⁸ Lestari, Mutryarny, dan Susi, "Uji Komposisi Kimia Kompos *Azolla microphylla* dan Pupuk Organik Cair (POC) *Azolla microphylla*."

Kalsium (Ca): 73,8 ppm, Klorida (Cl): 64,8 ppm, Sulfur (S): 10 ppm dan Magnesium (Mg): 23,5 ppm sehingga baik bagi tumbuhan.²⁹

Kemudian hasil penelitian mengenai aplikasi pupuk organik cair berbasis azolla (*Azolla microphylla*) dan limbah teh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) menunjukkan bahwa pengaplikasian 75 ml/L pupuk organik cair (POC) *Azolla microphylla* pada setiap polibag berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman (56,74 cm), jumlah daun (73,44 helai), bobot segar tanaman (151,33 gr) dan bobot kering tanaman (20,54 gr).³⁰ Pada penelitian tersebut peneliti dan penulis sama-sama menggunakan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) sebagai objek penelitian guna diukur pertumbuhannya. Peneliti dan penulis juga menggunakan beberapa parameter pengamatan yang sama yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, panjang akar, bobot segar dan kering tanaman serta bobot segar dan kering akar. Perbedaan penelitian terdapat pada bahan yang digunakan dalam pembuatan nutrisi untuk tanaman, jika peneliti tersebut menggunakan dua macam pupuk organik yaitu POC yang berbahan dasar *Azolla microphylla* dan pupuk dari limbah teh, penulis mencampurkan *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam menjadi satu pupuk organik cair. Hal ini berkaitan dengan metode penelitian yang digunakan, pada penelitian tersebut peneliti menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua faktor, sedangkan penulis menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor.

Penelitian lainnya yaitu penelitian yang membahas tentang pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai pupuk organik cair pada pertumbuhan dan karakter morfologi *Mucuna bracteata*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian POC cangkang telur ayam pada perlakuan P3 (75 ml POC) memberikan pengaruh nyata pada seluruh variabel karakteristik morfologi yang diamati yaitu tinggi

²⁹ Wijaya V. T dan Teo S. S, "Evaluation of Eggshell as Organic Fertilizer on Sweet Basil," *International Journal of Sustainable Agricultural Research* 6, no. 2 (2019): 79–86.

³⁰ Nurul Soimah, "Aplikasi Pupuk Organik Cair Berbasis Azolla (*Azolla microphylla*) dan Limbah Teh Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)" (Universitas Jenderal Soedirman, 2019).

tanaman (12,17 cm), jumlah daun (7,46 helai) dan bobot basah tanaman (7,67 gr).³¹ Persamaan antara penelitian tersebut dengan penelitian penulis ialah peneliti dan penulis sama-sama menggunakan beberapa parameter penelitian yang sama, yaitu tinggi tanaman, jumlah daun dan bobot segar tanaman. Penulis juga menggunakan penelitian tersebut sebagai acuan dalam menentukan beberapa konsentrasi POC yang akan digunakan pada perlakuan. Perbedaan penelitian terdapat pada bahan pembuatan POC serta tanaman yang digunakan sebagai objek penelitian.

H. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada skripsi ini yaitu:

1. Halaman Sampul
Bagian ini memuat judul skripsi, logo Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, nama penulis, nomor pokok mahasiswa (NPM), program studi, nama fakultas dan universitas serta tahun penyelesaian (hijriah dan masehi).
2. Abstrak
Bagian ini berisi uraian singkat mengenai masalah penelitian, metode penelitian, hasil penelitian dan simpulan.
3. Halaman Pernyataan Orisinal
Bagian ini berisi pernyataan bahwa skripsi yang ditulis merupakan hasil karya ilmiah orisinal penulis.
4. Halaman Persetujuan
Bagian ini berisi pernyataan bahwa dosen pembimbing dan ketua program studi menyetujui skripsi untuk diujikan.
5. Halaman Pengesahan
Bagian ini memuat tanggal lulus, pengesahan dari tim penguji dan dekan fakultas serta menyatakan bahwa skripsi telah diujikan dalam sidang munaqasyah fakultas.

³¹ Zulkifli Zein, Gesang Edi Putro, dan Saktiono Sigit Tri Pamungkas, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Karakter Morfologi *Mucuna bracteata*," *Biofarm : Jurnal Ilmiah Pertanian* 18, no. 1 (2022): 1–7.

6. **Motto**
Bagian ini berisi ayat Al-Qur'an, hadist nabi ataupun untaian filosofis ringkas yang berkaitan dengan penulis atau penelitian penulis.
7. **Riwayat Hidup**
Bagian ini memuat nama, tempat tanggal lahir, nama orang tua dan riwayat pendidikan penulis.
8. **Kata Pengantar**
Bagian ini berisi tentang ungkapan rasa syukur dan ucapan terima kasih terhadap semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian penulisan skripsi penulis.
9. **Daftar Isi**
Bagian ini berisi semua bagian-bagian yang ada di dalam skripsi yang meliputi judul, halaman judul, bab, sub bab dan lain sebagainya.
10. **Bab I Pendahuluan**
Bab ini terdiri atas beberapa sub bab yaitu, penegasan judul, latar belakang, identifikasi dan batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kajian penelitian relevan serta sistematika penulisan.
11. **Bab II Landasan Teori dan Pengajuan Hipotesis**
Bab ini berisi berbagai macam teori yang relevan dengan penelitian yang dilakukan yaitu meliputi teori-teori mengenai pupuk organik cair (POC), *Azolla microphylla*, cangkang telur ayam, tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.), pertumbuhan tanaman serta pengajuan hipotesis penelitian.
12. **Bab III Metode Penelitian**
Bab ini berisi metode yang digunakan pada saat melakukan penelitian yang meliputi waktu dan tempat penelitian, pendekatan dan jenis penelitian, populasi, sampel dan teknik penelitian, prosedur kerja serta definisi operasional variabel, instrumen penelitian, uji prasyarat analisis dan uji analisis.
13. **Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan**
Bab ini berisi penyajian data hasil penelitian, analisis data serta pembahasan hasil penelitian

14. Bab V Penutup

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya ataupun bagi masyarakat umum dan petani.

15. Daftar Rujukan

Bagian ini berisi semua sumber-sumber yang menjadi rujukan atau acuan penulis dalam menyusun skripsi.

16. Lampiran

Bagian ini memuat berbagai data hasil penelitian dan dokumentasi pada alat, bahan serta proses penelitian.



BAB II

LANDASAN TEORI DAN PENGAJUAN HIPOTESIS

A. Pupuk

1. Definisi Pupuk dan Pemupukan

Pupuk merupakan suatu bahan yang mengandung satu atau lebih unsur hara atau nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dalam menyokong pertumbuhan serta perkembangannya. Pupuk ialah sumber unsur hara utama yang sangat menentukan tingkat pertumbuhan dan produksi tanaman. Pupuk menjadi salah satu sarana produksi yang sangat berkaitan erat dengan upaya pemenuhan kebutuhan pangan, kegiatan pemupukan menyumbang sebesar 20% dalam keberhasilan peningkatan hasil produksi pertanian.³²

Pupuk mengandung berbagai macam unsur hara yang sangat berperan penting dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman, seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Sulfur (S), Klor (Cl), Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Boron (B), Molibdenum (Mo) dan Seng (Zn).³³ Unsur-unsur tersebut dibutuhkan tanaman karena mempunyai fungsi tersendiri dalam menyokong kelangsungan hidup tanaman. Nitrogen berfungsi untuk memacu pertumbuhan daun dan batang serta pembentukan akar, fosfor dapat membantu pembentukan bunga dan buah serta mendorong pertumbuhan akar muda, kalium untuk menguatkan tanaman, kalsium yang dapat membantu pertumbuhan ujung-ujung serta bulu akar, magnesium yang ikut dalam pembentukan zat hijau daun dan menyebarkan unsur fosfor keseluruh tanaman, sulfur bersama unsur fosfor dapat meningkatkan kerja unsur lain dan memproduksi energi, besi sebagai unsur pembentukan klorofil dan enzim pernafasan, mangan yang dapat membantu dalam penyerapan nitrogen,

³² Muhammad Alham dan Elfarisna, "Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.) Terhadap Efisiensi Pupuk Organik Padat," dalam *Seminar Nasional 2017 Fakultas Pertanian UMJ Pertanian dan Tanaman Herbal Berkelanjutan Di Indonesia*, 2017, 88–97.

³³ Lingga dan Marsono, *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. 8-10

sengyang berperan dalam pembentukan auxin (hormon tumbuh) serta molibdenum yang berperan dalam mengikat nitrogen.³⁴

Pemupukan dapat diartikan sebagai pemberian bahan organik maupun anorganik untuk mengganti kehilangan unsur hara di dalam tanah dan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara bagi tanaman sehingga produktivitas tanaman meningkat. Kegiatan pengaplikasian pupuk biasanya dilakukan melalui tanah, permukaan batang, akar maupun daun. Pengaplikasian pupuk juga harus tepat waktu dan disesuaikan dengan dosisnya agar tidak mengganggu pertumbuhan serta perkembangan tanaman.³⁵

2. Klasifikasi Pupuk

Berdasarkan cara pembuatan dan komponen utama penyusunnya pupuk dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

a. Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik juga disebut sebagai pupuk kimia atau pupuk buatan, pupuk ini berasal dari bahan mineral atau senyawa kimia yang melalui proses produksi sehingga menghasilkan satu jenis unsur hara seperti unsur hara N, P, K, Mg, S atau Ca. Pupuk anorganik merupakan pupuk yang dibuat oleh pabrik-pabrik pupuk dengan meramu bahan-bahan kimia yang memiliki kadar hara tinggi.

Pupuk anorganik memiliki beberapa keunggulan sehingga tetap diminati oleh banyak petani hingga saat ini, yaitu sebagai berikut:

- 1) Pemberiannya dapat terukur dengan tepat karena pupuk anorganik umumnya memiliki takaran hara yang telah sesuai.
- 2) Kebutuhan tanaman akan hara dapat dipenuhi dengan perbandingan yang tepat.
- 3) Mampu meningkatkan hasil pertanian dalam waktu yang relatif singkat.

³⁴ Prihmantoro Heru dan Yovita Hety Indirani, *Hidroponik Sayuran Semusim untuk Hobi dan Bisnis* (Jakarta: Penebar Swadaya, 2002). 28-29

³⁵ Nur Indah Mansyur, Eko Hary Pudjiwati, dan Aditya Murti Laksono, *Pupuk dan Pemupukan* (Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2021). 1

Namun disamping keunggulan tersebut, pupuk anorganik memiliki sisi negatif. Selain hanya unsur makro, pupuk anorganik sangat sedikit atau hampir tidak mengandung unsur hara mikro. Itu sebabnya pemakaian pupuk anorganik perlu diimbangi dengan pemakaian pupuk organik yang banyak mengandung unsur mikro. Selain itu, pemakaian pupuk anorganik secara terus menerus dapat merusak sifat fisik, kimia serta biologi tanah.³⁶

b. Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan pupuk yang diproses dari limbah organik seperti kotoran hewan, sampah, serta sisa tanaman. Dapat dikatakan bahwa pupuk organik merupakan pupuk dengan bahan dasar yang berasal dari alam dengan jumlah dan jenis unsur hara yang terkandung secara alami. Pupuk organik mengandung unsur karbon dan nitrogen dalam jumlah yang sangat bervariasi, unsur tersebut sangat penting dalam mempertahankan atau memperbaiki kesuburan tanah. Pupuk organik ialah salah satu sarana pertanian yang sangat penting dalam upaya memperbaiki kandungan nutrient serta kesuburan tanah secara alami dan aman. Bahkan penggunaan pupuk organik pada kegiatan pemupukan tidak meninggalkan residu dari bahan-bahan kimia berbahaya pada hasil tanaman sehingga aman bagi kesehatan manusia.³⁷

Pupuk organik memiliki beberapa keunggulan sehingga sangat digemari oleh para petani, diantaranya sebagai berikut:

- 1) Memperbaiki struktur tanah.
- 2) Meningkatkan daya serap tanah terhadap air.
- 3) Meningkatkan kondisi kehidupan di dalam tanah.
- 4) Sebagai sumber zat makanan bagi tanaman.
- 5) Mengurangi pencemaran lingkungan.³⁸

³⁶ Lingga dan Marsono, *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. 19-20

³⁷ Harneny Pane, "Sosialisasi dan Penyuluhan Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Organik Pasar dan Rumah Tangga Di Desa Kuta Baru," *Focus Agroteknologi UPMI* 1, no. 1 (2020): 10–15.

³⁸ Lingga dan Marsono, *Op.Cit.*, 58-59

Menurut Peraturan Menteri Pertanian No.2 Tahun 2006, pupuk organik ialah pupuk yang berasal dari tanaman dan / atau hewan yang sudah melalui proses rekayasa, yang bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia maupun biologi tanah.³⁹ Pada sifat fisik tanah pupuk organik memiliki peranan yaitu sebagai berikut:

- 1) Memperbaiki struktur tanah, hal ini dikarenakan bahan organik dapat mengikat partikel tanah menjadi agregat yang mantap.
- 2) Memperbaiki distribusi ukuran pori tanah sehingga daya pegang air (*water holding capacity*) tanah menjadi lebih baik dan pergerakan udara (*aerose*) di dalam tanah juga menjadi lebih baik.
- 3) Mengurangi (*buffer*) fluktuasi suhu tanah.⁴⁰
- 4) Komponen penyusunnya yang halus dan kandungan karbon yang tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan miselia fungi serta meningkatkan agregat tanah.

Pada sifat kimianya, pupuk organik bertanggung jawab terhadap kapasitas tukar kation tanah. Kemampuan tukar kation yang tinggi selain penting dalam memfiksasi pupuk yang digunakan juga dapat menjaga buffer tanah sehingga tanaman dapat bertahan hidup lebih baik dalam kondisi yang tidak menguntungkan seperti keasaman dan kelebihan nutrient.⁴¹

Pada sifat biologi tanah pupuk organik berperan sebagai sumber energi dan makanan bagi mikro dan meso fauna tanah. Dengan cukupnya tersedia bahan organik maka aktivitas organisme tanah meningkat yang juga meningkatkan ketersediaan hara, siklus hara tanah, serta pembentukan mikro dan makro tanah oleh mikroorganisme seperti cacing tanah, rayap dan colembola.⁴²

³⁹ Syamsiyah et al., "Pengenalan Budidaya Azolla untuk Mendukung Pengembangan Pertanian Organik."

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ Pane, "Sosialisasi dan Penyuluhan Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Organik Pasar dan Rumah Tangga Di Desa Kuta Baru."

⁴² *Ibid.*

3. Jenis Pupuk Organik

Berdasarkan bentuknya pupuk organik dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

- a. Pupuk organik padat merupakan pupuk yang memiliki bentuk fisik padatan dengan kelarutan yang beragam, biasanya terbuat dari bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan dan limbah sampah organik yang berbentuk padat.
- b. Pupuk organik cair merupakan pupuk yang memiliki bentuk fisik cair berupa larutan yang berasal dari bahan-bahan organik seperti sisa tanaman, kotoran hewan, serta limbah organik yang sudah melalui proses pembusukan.

4. Pupuk Organik Cair (POC)

Pupuk organik cair adalah pupuk yang berasal dari sisa-sisa tanaman, hewan maupun limbah organik yang sudah diproses dan diberikan pada tanaman dengan cara penyiraman guna mencukupi kebutuhan hara bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.⁴³

Pupuk organik cair ialah jenis pupuk berupa larutan yang diperoleh dari hasil pembusukan bahan-bahan organik. Pupuk organik cair mengandung unsur-unsur penting yang digunakan tanaman untuk pertumbuhannya serta dapat meningkatkan produksi tanaman. Selain itu, apabila masyarakat mau menggunakan pupuk organik cair maka akan mengurangi penggunaan pupuk buatan yang mengandung zat-zat kimia seperti KCl, NPK dan lain-lain yang akan merusak struktur tanah dan dapat membunuh organisme yang bermanfaat di dalam tanah apabila digunakan terus-menerus.

Pupuk organik cair yang baik, mengandung unsur hara makro terutama nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan C-organik karena unsur-unsur tersebut ialah unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk menyokong pertumbuhan serta perkembangannya

⁴³ Adawiyah dan Afa, "Pertumbuhan Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.) pada Berbagai Media Tanam Tanpa Tanah dengan Aplikasi Pupuk Organik Cair (POC)."

dalam jumlah yang cukup banyak.⁴⁴ Dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 Tahun 2019 mengatur bahwa untuk menjamin kualitas pupuk organik cair yang dihasilkan, ada syarat teknis minimal yang harus dipenuhi agar mutu pupuk tersebut terjaga.

Keunggulan dari pupuk organik cair ialah dapat secara cepat mengatasi defisiensi hara, tidak bermasalah dalam pencucian hara serta mampu menyediakan hara dengan cepat dan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dibanding dengan pemakaian pupuk anorganik cair, pemakaian pupuk organik cair tidak merusak tanah dan tanaman walaupun digunakan sesering mungkin. Selain itu, pupuk organik cair juga memiliki bahan pengikat sehingga larutan pupuk yang diberikan dipermukaan tanah bisa langsung diserap oleh tanaman.⁴⁵ Pemberian pupuk cair juga dapat dilakukan dengan lebih merata dan kepekatannya dapat diatur dengan mudah sesuai kebutuhan tanaman.

Pupuk organik cair memiliki beragam manfaat, diantaranya yaitu:

- a. Mendorong dan meningkatkan pembentukan klorofil daun sehingga meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman dan penyerapan nitrogen dari udara.
- b. Meningkatkan vigor tanaman sehingga tanaman menjadi kokoh dan kuat.
- c. Meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan.
- d. Merangsang pertumbuhan cabang produksi.
- e. Meningkatkan pembentukan bunga dan bakal buah.
- f. Mengurangi gugurnya bunga dan bakal buah.
- g. Memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.
- h. Membantu meningkatkan produksi serta kualitas produk tanaman.⁴⁶

⁴⁴ Widyabudiningsih et al., "Pembuatan dan Pengujian Pupuk Organik Cair Dari Limbah Kulit Buah-Buahan dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Variasi Waktu Fermentasi."

⁴⁵ Pane, "Sosialisasi dan Penyuluhan Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Organik Pasar dan Rumah Tangga Di Desa Kuta Baru."

⁴⁶ Putra dan Ratnawati, "Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Buah dengan Penambahan Bioaktivator EM4."

5. Standar Mutu Pupuk Organik Cair

Standar mutu unsur hara makro dan mikro pupuk organik cair berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310//M/4/2019 dapat dilihat pada tabel yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1
Standar Mutu Pupuk Organik Cair

No.	Parameter	Satuan	Standar Mutu
1.	C - Organik	% (w/v)	Minimum 10
2.	Hara makro: N + P ₂ O ₅ + K ₂ O	% (w/v)	2 – 6
3.	N - Organik	% (w/v)	Minimum 0,5
4.	Hara mikro		
	Fe total	ppm	90 - 900
	Mn total	ppm	25 - 500
	Cu total	ppm	25 - 500
	Zn total	ppm	25 - 500
	B total	ppm	12 - 250
	Mo total	ppm	2 -10
5.	pH	-	4 - 9
6.	<i>E.coli</i>	cfu / ml	$< 1 \times 10^2$
	<i>Salmonella sp.</i>	atau MPN / ml	
		cfu / ml	$< 1 \times 10^2$
		atau MPN / ml	
7.	Logam berat		
	As	ppm	Maksimum 5,0
	Hg	ppm	Maksimum 0,2
	Pb	ppm	Maksimum 5,0
	Cd	ppm	Maksimum 1,0
	Cr	ppm	Maksimum 40
	Ni	ppm	Maksimum 10

8. Unsur / senyawa		
lain	ppm	Maksimum 2.000
Na	ppm	Maksimum 2.000
Cl		

Sumber: (PERMENTAN No.261 Tahun 2019)

6. Cara Pembuatan POC

Dalam proses pembuatannya, pupuk organik cair harus melalui tahap fermentasi. Fermentasi merupakan proses dekomposisi senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dengan melibatkan mikroorganisme baik secara aerob maupun anaerob. Fermentasi juga dapat diartikan sebagai proses perubahan senyawa kimia menjadi senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme yang terdapat pada bahan organik yang dipilih sebagai bahan pembuatan pupuk organik cair. Hal ini bertujuan untuk mempercepat proses penyerapan nutrisi pada tanaman.

Proses fermentasi bahan organik pada pembuatan pupuk organik cair dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme yang berlangsung secara anaerob atau dalam kondisi tidak memerlukan oksigen. Proses fermentasi secara anaerob biasanya dilakukan pada wadah tertutup sehingga hampa udara.⁴⁷

Langkah-langkah dalam proses pembuatan pupuk organik cair yaitu sebagai berikut:

- a. Siapkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat pupuk organik cair, seperti sisa tanaman dan limbah organik, gula merah, larutan bioaktivator (*Effective Microorganism* 4 (EM-4)) serta air bersih secukupnya.
- b. Siapkan ember dengan tutup yang berukuran 10 liter sebagai wadah pembuatan pupuk, satu meter selang aerator transparan (diameter 0,5 cm) dan botol plastik

⁴⁷ Myra Wardati Sari dan Siti Alfianita, "Pemanfaatan Batang Pohon Pisang sebagai Pupuk Organik Cair dengan Aktivator EM4 dan Lama Fermentasi," *TEDC* 12, no. 2 (2018): 133–138.

bekas aqua ukuran 1 liter. Kemudian, lubangi tutup ember seukuran selang aerator.

- c. Potong / rajang / haluskan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan pupuk, kemudian masukkan ke dalam ember.
- d. Larutkan EM-4, gula merah dan 5 liter air. Kemudian tambahkan larutan tersebut ke dalam ember yang berisi bahan baku pupuk.
- e. Tutup ember dengan rapat, lalu masukkan selang lewat tutup ember yang telah diberi lubang. Rekatkan tempat selang masuk sehingga tidak ada celah udara. Biarkan ujung selang yang lain masuk ke dalam botol yang telah diberi air.
- f. Pastikan menutupnya dengan benar-benar rapat, karena reaksi fermentasi akan berlangsung secara anaerob. Fungsi selang ialah untuk menstabilkan suhu bahan baku pupuk dengan membuang gas yang dihasilkan tanpa harus ada udara dari luar masuk ke dalam ember.
- g. Tunggu hingga 7-14 hari. Jika bau dari hasil fermentasi sudah seperti bau tape artinya pupuk sudah siap untuk dipanen.
- h. Pisahkan cairan dan ampasnya dengan cara menyaringnya menggunakan saringan kain. Ampas dari sisa adonan pupuk dapat dicampurkan ke komposter untuk membuat pupuk kompos.
- i. Masukkan cairan yang telah disaring pada jeriken / botol plastik atau kaca dan tutup rapat. Pupuk organik cair siap digunakan.⁴⁸

⁴⁸ Kusrinah, Alwiyah Nurhayati, dan Nur Hayati, "Pelatihan dan Pendampingan Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) menjadi Pupuk Kompos Cair untuk Mengurangi Pencemaran Air dan Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Karangimpul Kelurahan Kaligawe Kecamatan Gayamsari Kotamadya Semarang." *Jurnal Pemikiran Agama untuk Pemberdayaan* 16, no. 1 (2016): 27–48.

B. *Azolla microphylla*

Azolla microphylla merupakan tanaman paku air yang masih belum terlalu dikenal oleh masyarakat luas. Kehadiran tumbuhan ini sering dianggap sebagai tanaman pengganggu (gulma) karena biasa tumbuh di area persawahan. Namun sebenarnya, tanaman paku air ini merupakan salah satu spesies dari famili *Azollaceae* yang memiliki beragam manfaat terutama pada sektor perternakan dan pertanian. Pada sektor perternakan tumbuhan ini biasanya dimanfaatkan sebagai bahan pakan untuk hewan ternak, unggas maupun ikan. Hal ini dikarenakan kandungan protein yang dimiliki azolla cukup tinggi, yaitu berkisar antara 13-30% berat keringnya. Kemudian, pada sektor pertanian azolla dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik. Ini disebabkan karena azolla dapat berfungsi sebagai salah satu sumber N alternatif bagi tumbuhan.⁴⁹

Azolla microphylla merupakan salah satu jenis tumbuhan paku air yang biasa tumbuh di area perairan seperti danau, kolam, sungai dan sawah. Tanaman jenis paku air ini hidupnya bersimbiosis dengan *Cyanobacteria* yang dapat memfiksasi nitrogen di udara (N_2). Tanaman ini secara tidak langsung mampu mengikat nitrogen bebas yang ada di udara dengan bantuan mikroorganisme *Anabaena azollae*, nitrogen bebas yang diikat dari udara akan diubah menjadi bentuk yang tersedia bagi tumbuhan. Simbiosis ini menyebabkan azolla disebut sebagai salah satu tumbuhan istimewa serta mempunyai kualitas nutrisi yang baik.⁵⁰

1. Klasifikasi dan Habitat Tanaman *Azolla microphylla*

Tumbuhan azolla dalam taksonomi tumbuhan mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

Regnum	: Plantae
Divisio	: Pteridophyta
Classis	: Leptosporangiopsida (heterosporous)
Ordo	: Salviniiales
Famili	: Azollaceae
Genus	: <i>Azolla</i>

⁴⁹ Effendi dan Ilahi, "Tehnik Budidaya *Azolla microphylla* pada Media Ember dan Kolam Terpal."

⁵⁰ Sudjana, "Penggunaan Azolla untuk Pertanian Berkelanjutan."

Species : *Azolla microphylla*

Azolla microphylla biasa hidup bergerombol dalam jumlah banyak diatas permukaan air. Tumbuhan ini menyebar di sekitar Amerika Selatan, Amerika Tengah dan India Barat. *Azolla microphylla* lebih toleran terhadap suhu yang agak tinggi sehingga sangat baik bila dibudidayakan pada kondisi iklim tropis seperti di Indonesia.⁵¹

2. Morfologi Tanaman *Azolla microphylla*

Azolla microphylla termasuk herba berukuran kecil yang hidup terapung bebas diatas air, berbentuk seperti segitiga atau segiempat yang berukuran 2-4cm. Tanaman azolla terdiri atas tiga bagian yaitu akar, rhizoma dan daun yang terapung. *Azolla* memiliki akar sederhana yang menggantung di air serta memiliki panjang 1-5cm dengan membentuk kelompok 3-6 rambut akar dan rhizoma yang merupakan generasi sporofit. Selain itu azolla memiliki daun yang tidak bertangkai, berukuran kecil⁵² namun tebal, berwarna hijau muda dengan tepian daun pucat dan tersusun tumpang tindih. Daun azolla membentuk gugusan dengan ketebalan 1-3cm dan memiliki spora dalam jumlah banyak.⁵³



Gambar 2.1 Tanaman *Azolla microphylla*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

⁵¹ *Ibid.*

⁵² Jeanne M. Paulus, "Pemanfaatan Azolla sebagai Pupuk Organik pada Budidaya Padi Sawah," *Universitas Sam Ratulangi* 1, no. 36 (2010): 68–72.

⁵³ Dini Dwi Nilamsari dan Fida Rachmadiarti, "Kemampuan *Azolla microphylla* dalam Menyerap Logam Berat Tembaga (Cu) pada Konsentrasi yang Berbeda," *LenteraBio* 8, no. 3 (2019): 150–155.

3. Kandungan Unsur Hara pada POC *Azolla microphylla*

Pupuk organik cair (POC) *Azolla microphylla* ialah larutan pupuk yang berasal dari hasil fermentasi tanaman *Azolla microphylla*. POC azolla merupakan salah satu jenis pupuk yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas suatu tanaman pada proses pemupukan. *Azolla microphylla* cukup menjanjikan untuk dijadikan sebagai sumber nitrogen biologis yang berasal dari jasad hayati alami yang bersifat dapat diperbaharui sebagai pengganti pupuk urea. *Azolla microphylla* mengandung unsur hara C-Organik: 0,10%, N-total: 0,05%, Ca-total: 0,04%, Mg-total: 0,01%, P₂O₅-total: 0,02%, K₂O-total: 1,54% sehingga baik digunakan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia maupun biologi tanah.⁵⁴

Hasil analisis kimia pada penelitian tentang “Uji Komposisi Kimia Kompos *Azolla microphylla* dan Pupuk Organik Cair (POC) *Azolla microphylla*” menunjukkan kandungan unsur hara dari pupuk organik cair (POC) *Azolla microphylla* yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.2
Kandungan Unsur Hara POC *Azolla microphylla*

No.	Unsur Hara	POC <i>Azolla microphylla</i>	Satuan
1.	pH H ₂ O	4,3	-
2.	C-Organik	0,10	%
3.	N-total	0,05	%
4.	P ₂ O ₅ -total	0,02	%
5.	K ₂ O-total	1,54	%
6.	Ca-total	0,04	%
7.	Mg-total	0,01	%
8.	S-total	16	Ppm
9.	Mn-total	55	Ppm

⁵⁴ Sari, Mutryarny, dan Rizal, “Korelasi Pemberian Pupuk Organik Cair *Azolla microphylla* Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Di Pre Nursery.”

10.	Cu-total	0,8	Ppm
11.	Zn-total	5,9	Ppm
12.	B-total	1,6	Ppm
13.	Cl	0,04	%

Sumber: (Lestari et al., 2019)

4. Manfaat dan Keunggulan Tanaman *Azolla microphylla*

Tanaman *Azolla microphylla* mempunyai banyak manfaat bagi tumbuhan dalam proses pemupukan. Hal ini dikarenakan *Azolla microphylla* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik cair yang dapat mensubstitusi kekurangan unsur hara yang dibutuhkan tumbuhan. Manfaat dari tanaman *Azolla microphylla* ialah dapat memperbaiki sifat fisik, kimia serta biologi tanah, menyediakan unsur hara esensial tanaman, merangsang pertumbuhan dan meningkatkan daya tahan terhadap serangan hama dan penyakit, menekan pertumbuhan gulma air, meningkatkan aktifitas mikrobiologi tanah sehingga proses penyerapan hara menjadi lebih efisien, sebagai sumber nitrogen yang dapat menggantikan pupuk urea, serta mengurangi dosis pupuk kimia konvensional secara bertahap hingga 50% dari dosis anjuran dan meningkatkan efisiensi pemupukan.

Selain itu, tanaman *Azolla microphylla* juga mempunyai banyak keunggulan sehingga baik dijadikan sebagai alternatif pengganti pupuk anorganik. Keunggulan dari tanaman *Azolla microphylla* ini ialah memiliki sifat yang cepat dalam proses perkembangbiakannya, mudah ditemukan di area perairan seperti sawah, danau, kolam ataupun tempat perairan lainnya. Pupuk organik azolla dapat diproses secara konvensional melalui proses fermentasi menggunakan bioaktivator yang mengandung unsur hara makro dan mikro, mengandung asam humat, asam fulvat dan hormon tanaman serta mengandung mikroba biofertilizer yang sangat berperan dalam penambatan maupun penyerapan hara oleh tanaman.⁵⁵

⁵⁵ *Ibid.*

C. Cangkang Telur Ayam



Gambar 2.2 Cangkang Telur Ayam

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Cangkang telur merupakan bagian terluar dari struktur telur, bagian ini bersifat keras dan kaku tetapi mudah retak dan pecah. Cangkang telur berfungsi sebagai pelindung isi telur dari kerusakan fisik dan kimiawi serta invasi mikroba patogen. Pada cangkang telur terdapat pori-pori kecil yang berfungsi sebagai jalan pertukaran gas di dalam telur, pori-pori ini memiliki ukuran 6-13 μm . Jumlah pori-pori pada cangkang telur berkisar antara 7000-17.000 serta tersebar di seluruh permukaan telur. Cangkang telur memiliki struktur yang terdiri dari empat lapisan yaitu:

- Kutikula, merupakan lapisan terluar yang menyelubungi seluruh permukaan telur dengan ketebalan berkisar 3-1 μm , bagian ini tersusun dari zat protein berupa mucin. Kutikula berfungsi sebagai pelindung pori-pori telur serta mencegah mikroba masuk ke dalam telur. Meskipun tidak memiliki pori-pori terbuka, lapisan ini dapat dilalui gas sehingga pertukaran uap air maupun CO₂ di dalam telur masih dapat terjadi.
- Spongiosa / calcareans / lapisan bunga karang, merupakan lapisan yang terletak di sebelah bawah lapisan kutikula. Lapisan ini memiliki pori-pori sebagai tempat pelepasan dan pertukaran udara. Spongiosa terdiri dari protein serabut yang berbentuk anyaman dan lapisan kapur senyawa kalsium

karbonat (CaCO_3), kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) dan magnesium karbonat (MgCO_3).

- Lapisan mamilaris, merupakan lapisan ketiga cangkang telur. Lapisan ini sangat tipis karena ketebalannya hanya sepertiga dari seluruh kulit telur.
- Lapisan membran, merupakan lapisan terdalam cangkang telur yang terdiri dari dua lapisan yang saling melekat kuat dengan ketebalan $65\mu\text{m}$. Lapisan luar melekat pada kulit telur serta lapisan dalam membungkus kulit telur.⁵⁶

Cangkang telur ayam merupakan limbah organik rumah tangga yang sangat sering dijumpai di lingkungan sekitar namun masih jarang dimanfaatkan khususnya dalam pembuatan pupuk. Padahal, selain dapat diolah menjadi bahan kerajinan tangan, cangkang telur memiliki potensi yang baik untuk dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan pupuk. Hal ini dikarenakan cangkang telur mengandung nutrisi yang tinggi yang dapat digunakan sebagai nutrisi pada tanaman.

1. Kandungan Unsur Hara pada Cangkang Telur Ayam

Cangkang telur ayam merupakan limbah organik rumah tangga yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Secara umum cangkang telur ayam tersusun atas kalsium (Ca) sebesar 97% dan magnesium (Mg) sebesar 3%.⁵⁷ Cangkang telur ayam mengandung unsur hara kalium (K) sebesar 0,121%, kalsium (Ca) sebesar 8,977%, fosfor (P) sebesar 0,394% dan magnesium (Mg) sebesar 10,541%.⁵⁸ Selain itu, cangkang telur juga mengandung bahan-bahan organik terutama protein sebesar 3,3% dan air sebesar 1,6%. Komposisi bahan penyusun cangkang telur dapat dilihat pada tabel berikut ini:

⁵⁶ Fellyanus Haba Ora, *Struktur dan Komponen Telur*, Cetakan 1. (Yogyakarta: Deepublish, 2015). 71 -74

⁵⁷ Zein, Putro, dan Pamungkas, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Karakter Morfologi *Mucuna bracteata*."

⁵⁸ Pantang et al., "Efektivitas Pupuk Organik Cair Limbah Rumah Tangga dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)."

Tabel 2.3
Komposisi Bahan Penyusun Cangkang Telur

No.	Komponen	Jumlah	
		gr	%
1.	Air	0,10	1,60
2.	Bahan padat	6,00	98,40
3.	Bahan organik	0,20	3,30
4.	Protein	0,20	3,27
5.	Lipid	-	0,03
6.	Bahan anorganik	5,80	95,10

Sumber: (Ora, 2015)

Hasil analisis kimia pada penelitian tentang “*Evaluation of Eggshell as Organic Fertilizer on Sweet Basil*” menunjukkan kandungan unsur hara dari pupuk organik cair cangkang telur yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.4
Kandungan Unsur Hara Pupuk Organik Cair Cangkang Telur

No.	Unsur Hara	Jumlah	
		Kandungan Nutrisi	Satuan
1.	Nitrogen	0,04	%
2.	Fosfor	4,5	ppm
3.	Kalium	116,8	ppm
4.	Kalsium	73,8	ppm
5.	Klorida	64,8	ppm
6.	Sulfur	10	ppm
7.	Magnesium	23,5	ppm

Sumber: (Wijaya dan Teo, 2019)

2. Manfaat dan Keunggulan Cangkang Telur Ayam

Cangkang telur ayam biasanya hanya dianggap sebagai limbah yang tidak dapat digunakan lagi oleh masyarakat umum. Padahal, kandungan nutrient yang tinggi pada cangkang telur mempunyai banyak manfaat bagi tumbuhan. Cangkang telur ayam merupakan salah satu limbah organik rumah tangga yang

memiliki potensi baik untuk dijadikan pupuk organik bagi tanaman. Cangkang telur memiliki manfaat untuk mencegah pembusukan tanaman, penangkal hama, tempat menyemai serta dapat menjadi penyubur tanah. Cangkang telur juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti kapur untuk meningkatkan pH tanah. Selain itu, unsur kalsium (Ca) yang terkandung pada cangkang telur memiliki manfaat untuk merangsang pembentukan bulu akar, pertumbuhan batang tanaman⁵⁹ serta diferensiasi sel sehingga akan berpengaruh terhadap tinggi dan jumlah daun pada tanaman. Unsur hara magnesium (Mg) yang juga terkandung di dalamnya memiliki manfaat dalam pembentukan klorofil daun serta dapat meningkatkan serapan unsur hara fosfor (P) yang tersedia di dalam tanah.⁶⁰

Selain mempunyai banyak manfaat, cangkang telur ayam juga memiliki keunggulan yaitu mudah ditemukan di lingkungan sekitar. Kemudian pengolahan cangkang telur menjadi pupuk organik dapat diproses secara konvensional melalui proses fermentasi atau juga dapat digunakan secara langsung dengan cara menaburkan cangkang telur yang sudah dihaluskan pada media tanam.

⁵⁹ Kurniawan, "Respon Pemberian POC *Mucuna bracteata* Plus dan Cangkang Telur Ayam Plus Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.)."

⁶⁰ Zein, Putro, dan Pamungkas, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Karakter Morfologi *Mucuna bracteata*."

D. Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)



Gambar 2.3 Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Sumber: Pinterest

Tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) merupakan tanaman tropis dan subtropis yang berasal dari Amerika dan Selandia baru. Bayam merah mulai tersebar di Indonesia pada abad ke-19 dan merupakan salah satu varietas bayam cabut yang memiliki ciri tanaman berwarna merah. Tanaman ini umumnya dimanfaatkan sebagai masakan seperti sayur dan kripi. Selain itu, akar tanaman bayam merah juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat tradisional.

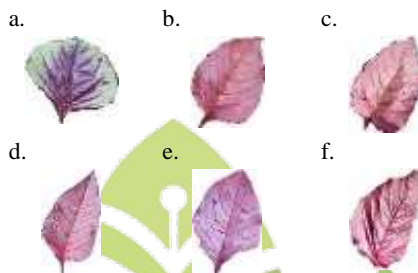
1. Klasifikasi Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Dalam ilmu botani tanaman bayam merah memiliki urutan nama taksonomi dan klasifikasi sebagai berikut:

- Regnum : Plantae
- Divisio : Magnoliophyta
- Classis : Magnoliopsida
- Ordo : Caryophyllales
- Famili : Amaranthaceae
- Genus : Amaranthus
- Species : *Amaranthus tricolor* L.⁶¹

⁶¹ Henny Juliastuti et al., *Sayuran dan Buah Berwarna Merah, Antioksidan Penangkal Radikal Bebas* (Yogyakarta: Deepublish, 2021). 16-17

Bayam merah memiliki banyak macam varietas, hal ini dapat dilihat dari bentuk serta pigmentasi warna pada daun setiap varietasnya. Macam-macam varietas bayam merah tersebut ialah varietas red leaf yang memiliki bentuk daun *elliptical*, varietas clara dan red spinach yang memiliki bentuk daun *ovatainate* serta varietas delima, abbang dan baret merah yang sama-sama memiliki bentuk daun *lanceolate*.⁶²



Gambar 2.4 Perbedaan Bentuk dan Pigmentasi Warna Daun Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Keterangan : a. Varietas Red Leaf; b. Varietas Clara; c. Varietas Red Spinach; d. Varietas Delima; e. Varietas Abbang; f. Varietas Baret Merah.

Sumber: Pebrianti Charolin et al. 2015

2. Morfologi Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) merupakan salah satu spesies sayuran dari famili *Amaranthaceae*, tumbuhan ini berbentuk perdu (terna) yang tingginya dapat mencapai $\pm 1\frac{1}{2}$ meter.⁶³ Bayam merah memiliki morfologi yang secara keseluruhan hampir sama dengan spesies bayam pada umumnya, hanya saja bayam merah mempunyai ciri khas tersendiri, yaitu keseluruhan tumbuhannya berwarna merah. Adapun morfologi tanaman bayam merah secara keseluruhan ialah sebagai berikut:

⁶² Charolin Pebrianti, Ainurrasjid, dan Sri Lestari Purnamaningsih, "Uji Kadar Antosianin dan Hasil Enam Varietas Tanaman Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss) pada Musim Hujan," *Jurnal Produksi Tanaman* 3, no. 1 (2015): 27–33.

⁶³ Rahmat Rukmana, *Bayam: Bertanam dan Pengolahan Pascapanen*, Cetakan I. (Yogyakarta: Kanisius, 1994). 18

a. Akar



Gambar 2.5 Akar Tanaman Bayam Merah

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tanaman bayam merah memiliki sistem perakaran akar tunggang (*radix primaria*) dengan akar serabut dibagian atas dan sampingnya. Akar pada tanaman ini menyebar dangkal hingga mencapai ke dalam tanah 20-40cm. Akar-akar ini memiliki fungsi untuk menyerap air dan zat-zat makanan dari dalam tanah serta sebagai penopang tumbuhnya tumbuhan bayam merah.⁶⁴

b. Batang



Gambar 2.6 Batang Tanaman Bayam Merah

Sumber: Dokumentasi Pribadi

⁶⁴ Hans Warsoyo, *Prospek Cerah Budidaya Bayam Merah*, Cetakan I. (Malang: Lembaga Kajian Profesi, 2018). 45

Tanaman bayam merah memiliki batang (*caulis*) berwarna kemerah-merahan yang tumbuh tegak tinggi diatas permukaan tanah, tebal dan berdaging serta memiliki kandungan air (*herbaceous*).⁶⁵ Kandungan air pada batang tanaman bayam merah yang tinggi meyebabkan tanaman ini baik ditanam pada saat awal musim penghujan. Batang ini memiliki fungsi untuk mendukung bagian-bagian tumbuhan yang ada diatas tanah.⁶⁶

c. Daun



Gambar 2.7 Daun Tanaman Bayam Merah
Sumber: id.pngtree.com

Daun pada tanaman bayam merah memiliki ciri khas yang membedakannya dengan jenis bayam lainnya, yaitu warna daunnya yang berwarna kemerah-merahan. Daun bayam merah merupakan daun tunggal yang tumbuh berseling dengan bentuk bulat telur atau oval, tepi rata, ujung runcing dan berpangkal tumpul. Daun tanaman ini memiliki tekstur yang lunak dan juga lebar serta urat-urat pada daun yang terlihat jelas. Daun bayam merah melekat pada batang dengan tangkai daun panjang dan berdaging.⁶⁷ Daun pada tumbuhan berfungsi sebagai alat pengambilan serta pengolahan zat-zat

⁶⁵ Rukmana, *Loc.Cit.*

⁶⁶ Juliastuti et al., *Sayuran dan Buah Berwarna Merah, Antioksidan Penangkal Radikal Bebas*. 16

⁶⁷ Warsoyo, *Prospek Cerah Budidaya Bayam Merah*. 47

makanan yang dibutuhkan oleh tanaman dan sebagai tempat penguapan air serta pernapasan tumbuhan.

d. Bunga



Gambar 2.8 Bunga Tanaman Bayam Merah

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Bunga pada tanaman bayam merah tersusun dalam bentuk malai.⁶⁸ Bunga pada tanaman ini merupakan bunga berkelamin tunggal yang penyerbukannya dibantu oleh angin dan serangga penyerbuk. Bunga jantan memiliki bentuk bulir dan tumbuh pada ujung tanaman serta bunga betina berbentuk bulat dan tumbuh pada ketiak-ketiak daun.

e. Buah dan Biji



Gambar 2.9 Biji Tanaman Bayam Merah

Sumber: Dokumentasi Pribadi

⁶⁸ Rukmana, *Loc.Cit.*

Bayam merah memiliki buah yang tidak berdagang tetapi memiliki biji yang banyak, sangat kecil, bulat dan mudah pecah. Biji bayam berwarna coklat kehitam-hitaman dan mengkilat.⁶⁹

3. Habitat Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) ialah tanaman yang berasal dari Amerika tropik. Namun, seiring dengan berkembangnya peradaban manusia, penyebaran tanaman ini kini sudah tersebar didaerah tropis maupun subtropis seluruh dunia. Di Indonesia, tanaman ini dapat tumbuh sepanjang tahun dan dapat ditemukan pada ketinggian 5-2000 mdpl.⁷⁰ Habitat tanaman bayam merah biasanya tumbuh liar atau dimana saja serta sebagai tumbuhan budidaya sayuran yang biasa dibudidayakan di perkebunan ataupun di pekarangan rumah.⁷¹

4. Syarat Tumbuh Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Tanaman bayam merah tidak terlalu sukar untuk ditanam, tanaman ini merupakan salah satu jenis tanaman yang tahan air juga panas terik matahari sehingga bayam mampu tumbuh sepanjang tahun baik pada dataran rendah maupun tinggi sekitar 5-2000 mdpl. Bayam merah menyukai tanah yang memiliki tingkat kesuburan tinggi, gembur serta mengandung banyak unsur hara dan bahan organik dengan tingkat keasaman atau pH 6-7. Bayam merah membutuhkan suhu dengan rentang 25-35°C, kelembapan 40-60% dan disinari oleh cahaya matahari yang cukup untuk mendukung pertumbuhannya yang optimal.⁷²

⁶⁹ Warsoyo, *Prospek Cerah Budidaya Bayam Merah*. 48-49

⁷⁰ *Ibid.* 23

⁷¹ Cahyo Saparinto, *Grow Your Own Vegetables - Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi Populer Di Pekarangan* (Yogyakarta: Lily Publisher, 2013). 58

⁷² Juliastuti et al., *Sayuran dan Buah Berwarna Merah, Antioksidan Penangkal Radikal Bebas*. 15

5. Manfaat dan Kandungan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Bayam merah ialah salah satu komoditas sayuran daun yang memiliki nilai gizi tinggi serta digemari oleh semua lapisan masyarakat. Daun pada bayam merah sering dimanfaatkan untuk dibuat berbagai jenis hidangan masakan dan camilan, seperti sayur bening, pecel, keripik dan lain-lain. Tidak hanya itu, tanaman bayam juga sering dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan tradisional juga kosmetik. Bayam merah mengandung banyak zat gizi, vitamin serta berbagai manfaat lain yang berguna bagi kesehatan tubuh manusia. Berikut ialah kandungan zat gizi pada setiap 100gram bayam merah:

Tabel 2.5
Kandungan Nutrisi dalam 100gr Tanaman Bayam Merah
(*Amaranthus tricolor* L.)

No.	Kandungan Zat Gizi	Jumlah
1.	Kalori	51 kkal
2.	Protein	4,6 gr
3.	Lemak	0,5 gr
4.	Karbohidrat	10 gr
5.	Kalsium (Ca)	368 mg
6.	Fosfor (P)	111 mg
7.	Zat Besi (Fe)	2,2 mg
8.	Vitamin A	5.800 IU
9.	Vitamin B ₁	0.1 mg
10.	Vitamin C	80 mg
11.	Vitamin E	1,7 mg
12.	Air	71 mg

Sumber: (Rukmana, 1994)

Selain memiliki kandungan vitamin dan zat gizi diatas, bayam merah juga dapat menjadi antioksidan yang baik bagi tubuh manusia. Bayam merah memiliki kadar antosianin yang tinggi dikarenakan pigmentasinya yang berwarna merah pekat serta betaalanin, karoten, vitamin C, flavonoid dan polifenol.

Antosianin ialah pigmen warna pada tumbuhan dan buah-buahan yang biasanya memiliki warna merah. Kadar kandungan antosianin yang tinggi pada bayam merah mempunyai efek toksinitas yang rendah dan berpotensi menurunkan kadar timbal dalam darah sehingga dapat berperan dalam tubuh sebagai pencegah penyakit seperti hepatitis A, B atau C, kanker usus, stroke, diabetes melitus, meningkatkan fungsi otak serta sebagai antipenuaan. Kandungan antosianin tersebut juga dapat dijadikan sebagai tabir surya terhadap sinar UV B.

Menurut penelitian *Departement of Nutrition an Health Sciece Univercity Putra, Malaysia* bayam merah berpotensi sebagai pencegah pertumbuhan sel-sel kanker serta dapat bermanfaat sebagai obat disentri, anemia defisiensi besi, melancarkan ASI, menurunkan tekanan darah, antibakteri, antidiuterik dan mencegah osteoporosis.⁷³ Kandungan mineral serta vitamin yang tinggi pada bayam merah juga dapat bermanfaat untuk menyehatkan serta memperkuat akar-akar rambut.⁷⁴

E. Pertumbuhan

Pertumbuhan merupakan peristiwa bertambahnya ukuran tanaman yang bersifat *irreversible* (tidak dapat kembali ke asal), seperti bertambahnya ukuran tinggi, panjang dan lebar pada bagian tumbuhan. Hal ini disebabkan oleh adanya pertambahan jumlah dan ukuran sel yang terjadi karena proses pembelahan mitosis. Peristiwa pertumbuhan pada tanaman dapat diukur serta dinyatakan dengan angka atau bersifat kuantitatif.⁷⁵

Pertumbuhan pada tanaman dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal ialah faktor yang berasal dari dalam tubuh tumbuhan itu sendiri yaitu faktor genetik dan hormon. Sedangkan faktor eksternal ialah faktor yang berasal dari luar tubuh tumbuhan atau dari lingkungan tempat tumbuhan tumbuh,

⁷³ *Ibid.* 18-20

⁷⁴ Warsoyo, *Prospek Cerah Budidaya Bayam Merah*. 53

⁷⁵ Hapsari, Darmanti, dan Hastuti, "Pertumbuhan Batang, Akar dan Daun Gulma Katumpangan (*Pilea microphylla* (L.) Liebm.)."

seperti air, cahaya matahari, ketersediaan unsur hara atau nutrisi, suhu, kelembaban dan tanah.⁷⁶

1. Parameter Pertumbuhan Tanaman

a. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman ialah ukuran tanaman yang umum diamati baik sebagai indikator pertumbuhan maupun parameter penelitian pertumbuhan vegetatif tanaman. Parameter tinggi tanaman digunakan untuk mengukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang ditetapkan. Tinggi tanaman dapat menunjukkan pengaruh pada proses pembelahan dan pembesaran sel yang dipengaruhi oleh kandungan hara dalam pupuk terutama unsur hara nitrogen (N).⁷⁷

b. Jumlah Daun, Lebar Daun, Panjang Daun dan Luas Daun

Daun merupakan organ tumbuhan yang berfungsi sebagai tempat fotosintesis guna mengolah dan menyimpan cadangan makanan. Jumlah daun ialah salah satu parameter penelitian yang pertumbuhannya juga dipengaruhi oleh kandungan unsur hara pada pupuk terutama unsur nitrogen (N). Hal ini dikarenakan unsur N berperan penting dalam pembentukan tunas serta pertumbuhan dan pembentukan daun.

Lebar, panjang serta luas daun juga merupakan parameter penelitian yang tidak kalah penting untuk diamati. Luas daun pada tanaman umumnya dipengaruhi oleh jumlah daun, jika tanaman memiliki jumlah daun yang banyak maka luas daun tanaman tersebut juga akan semakin lebar.⁷⁸ Lebar, panjang

⁷⁶ Elis Hidayanti, Emilda, dan Titin Supriyatin, "Respons Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata*) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Air Kelapa dan Keong Mas," *Biological Science and Education Journal* 2, no. 1 (2022): 14–25.

⁷⁷ I Gede Agus Mahendra, I Gusti Ngurah Alit Wiswasta, dan Putu Eka Pasmidi Ariati, "Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) yang Di Pupuk dengan Pupuk Organik Cair pada Media Tanam Hidroponik," *AGRIMETA* 10, no. 20 (2020): 29–36.

⁷⁸ Pipit Wijiyanti, Endah Dwi Hastuti, dan Sri Haryanti, "Pengaruh Masa Inkubasi Pupuk Dari Air Cucian Beras Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)," *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 4, no. 1 (2019): 21–28.

serta luas daun pada suatu tanaman dipengaruhi oleh seberapa besar penyerapan tanaman terhadap unsur hara fosfor (P) dan kalium (K). Hal ini dikarenakan unsur P ialah unsur yang dapat memperbaiki kualitas hasil tanaman salah satunya dalam meningkatkan luas daun. Unsur P berperan dalam proses respirasi serta fotosintesis yang mampu mendorong pertumbuhan luas daun. Selain fosfor, unsur kalium (K) juga berperan penting dalam proses fotosintesis. Unsur K berperan sebagai aktivator enzim yang mampu meningkatkan dan mentranslokasikan fotosintat ke titik-titik tumbuh serta merangsang pertumbuhan dan perkembangan sel baru pada jaringan tumbuhan.⁷⁹

c. Panjang Akar

Panjang akar merupakan salah satu parameter penting dalam pertumbuhan tanaman yang mencerminkan kemampuan akar dalam penyerapan hara serta metabolisme yang terjadi pada tanaman. Akar ialah bagian utama tumbuhan yang tumbuh ke arah bawah tanah. Akar merupakan bagian pertumbuhan vegetatif utama yang berfungsi untuk menyerap unsur hara, air, mineral serta bahan lain yang diperlukan tumbuhan untuk menyokong pertumbuhan serta perkembangannya. Panjang akar merupakan hasil dari pemanjangan sel-sel meristem ujung. Selain itu, panjang akar juga dipengaruhi oleh pertumbuhan tinggi serta jumlah daun. Apabila tanaman mengalami peningkatan pada pertumbuhan tinggi dan jumlah daun maka panjang akar juga akan meningkat.⁸⁰ Hal ini dikarenakan akar memiliki beban yang semakin besar untuk ditopang diatas tanah.

⁷⁹ Mahendra, Wiswasta, dan Ariati, "Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) yang Di Pupuk dengan Pupuk Organik Cair pada Media Tanam Hidroponik."

⁸⁰ Harmigita Putri Fitriani dan Sri Haryanti, "Pengaruh Penggunaan Pupuk Nanosilika Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*) Var. Bulat," *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 24, no. 1 (2016): 34–41.

d. Berat Basah dan Berat Kering Tanaman

Berat basah dan berat kering tanaman merupakan salah satu parameter yang sering diamati dalam penelitian mengenai pertumbuhan tanaman. Parameter penelitian ini umumnya digunakan sebagai indikator yang memberikan ciri pertumbuhan melalui pengukuran biomassa. Berat basah dan berat kering tanaman mengindikasikan akumulasi fotosintat yang berada pada batang dan daun.

Berat basah tanaman ialah kondisi ketika tanaman masih mengandung kadar air di dalamnya atau saat tanaman baru saja dipanen. Berat basah tanaman merupakan gabungan dari perkembangan dan pertumbuhan jaringan pada tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah daun serta luas daun yang dipengaruhi oleh kadar air dan kandungan unsur hara yang ada pada sel-sel jaringan tanaman.

Berat kering tanaman merupakan kondisi ketika tanaman tidak lagi mengandung kadar air di dalamnya atau setelah tanaman melewati proses pengeringan. Berat kering tanaman merupakan hasil bersih dari asimilasi CO₂ selama masa pertumbuhan dan perkembangan serta merupakan akumulasi dari berbagai cadangan makanan seperti protein, karbohidrat dan lipid.⁸¹

e. Berat Basah dan Berat Kering Akar

Berat basah dan berat kering akar merupakan parameter penelitian yang biasa digunakan untuk mengindikasikan kemampuan suatu tanaman dalam menyerap air. Berat basah akar ialah kondisi ketika akar masih mengandung kadar air di dalamnya, sedangkan berat kering akar ialah kondisi ketika akar tidak lagi mengandung kadar air atau setelah akar melewati proses pengeringan. Akar yang memiliki nilai berat basah maupun berat kering yang tinggi merupakan parameter

⁸¹ Mahendra, Wiswasta, dan Ariati, "Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) yang Di Pupuk dengan Pupuk Organik Cair pada Media Tanam Hidroponik."

yang menunjukkan bahwa tercukupinya kebutuhan air pada tanaman.⁸²

F. Hipotesis

H₀ : Penggunaan pupuk organik cair (POC) *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.).

H₁ : Penggunaan pupuk organik cair (POC) *Azolla microphylla* dan cangkang telur ayam berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.).



⁸² Raditya Febriyono, Yulia Eko Susilowati, dan Agus Suprpto, “Peningkatan Hasil Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea reptans* L.) Melalui Perlakuan Jarak Tanam dan Jumlah Tanaman Per Lubang,” *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika* 2, no. 1 (2017): 22–27.



DAFTAR RUJUKAN

- Adawiyah, Robiatul, dan Musadia Afa. "Pertumbuhan Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.) pada Berbagai Media Tanam Tanpa Tanah dengan Aplikasi Pupuk Organik Cair (POC)." *Biowallacea* 5, no. 1 (2018): 750–760.
- Alham, Muhammad, dan Elfarisna. "Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.) Terhadap Efisiensi Pupuk Organik Padat." Dalam *Seminar Nasional 2017 Fakultas Pertanian UMJ Pertanian dan Tanaman Herbal Berkelanjutan Di Indonesia*, 88–97, 2017.
- Anastasia, Imelda, Munifatul Izzati, dan Sri Widodo Agung Suedy. "Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Organik Padat dan Organik Cair Terhadap Porositas Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amarantus tricolor* L.)" *Jurnal Akademika Biologi* 3, no. 2 (2014): 1–10.
- Andrian, Rico, Agustiansyah Agustiansyah, Akmal Junaidi, dan Dian Indah Lestari. "Aplikasi Pengukuran Luas Daun Tanaman Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Android." *Jurnal Agrotropika* 21, no. 2 (2022).
- Anshori, Muslich, dan Sri Iswati. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Cetakan 1. Surabaya: Airlangga University Press, 2009.
- Arif, Faiz Al, Herry Susanto, dan Hidayat Pujisiswanto. "Pengaruh Pupuk Kandang Kambing dan Sapi Terhadap Pertumbuhan *Azolla microphylla*." *Jurnal Agrotropika* 20, no. 1 (2021): 35–41.
- Bria, Deseriana. "Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Teh Kompos Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss)." *Savana Cendana* 1, no. 3 (2016): 108–111.
- Effendi, Irwan, dan Ilham Ilahi. "Tehnik Budidaya *Azolla microphylla* pada Media Ember dan Kolam Terpal." *Journal of Rural and Urban Community Enpowerment* 1, no. 1 (2019): 67–71.
- Ekawandani, Nunik, dan Noer Halimah. "Pengaruh Penambahan Mikroorganisme Lokal (MOL) dari Nasi Basi Terhadap Pupuk Organik Cair Cangkang Telur." *BIOSFER: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, no. Volume 6 No 2 (2021).

- Febriyono, Raditya, Yulia Eko Susilowati, dan Agus Suprpto. “Peningkatan Hasil Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea reptans* L.) Melalui Perlakuan Jarak Tanam dan Jumlah Tanaman Per Lubang.” *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika* 2, no. 1 (2017): 22–27.
- Fitriani, Harmigita Putri, dan Sri Haryanti. “Pengaruh Penggunaan Pupuk Nanosilika Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*) Var. Bulat.” *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 24, no. 1 (2016): 34–41.
- Hamidah, Nur, Cici Ferin Sinthia, dan M Isa Anshori. “Pengaplikasian Komposter Sampah Organik Untuk Pemenuhan Kebutuhan Pupuk Di Desa Palengaan Dajah Kecamatan Palengaan Kabupaten Pamekasan.” *Communnity Development Journal* 4, no. 4 (2023): 7980–7991.
- Hasibuan, Saberina, Muhammad Rafi Nugraha, Aufa Kevin, Novan Rumbata, Syahkila Syahkila, Sekar Asmara Dhewanty, Muhammad Fajar Fadillah, et al. “Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Pupuk Organik Cair Di Kecamatan Rumbai Bukit.” *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services* 5, no. 2 (2021): 154–160.
- Hasiholan, Alfen, Armaini, dan Sri Yoseva. “Pengaruh Perbedaan Dosis Limbah Cair Bioetanol (*Vinasse*) Terfermentasi Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)” *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Pertanian* 4, no. 2 (2017): 1–15.
- Heru, Prihmantoro, dan Yovita Hety Indirani. *Hidroponik Sayuran Semusim Untuk Hobi dan Bisnis*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2002.
- Hidayanti, Elis, Emilda, dan Titin Supriyatin. “Respons Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata*) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Air Kelapa dan Keong Mas.” *Biological Science and Education Journal* 2, no. 1 (2022): 14–25.
- Hidayanti, Lilik, dan Trimin Kartika. “Pengaruh Nutrisi AB Mix Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) Secara Hidroponik.” *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* 16, no. 2 (2019): 166–

175.

- Irawan, Doni Lucki, dan Aminah Asngad. "Pemanfaatan *Azolla microphylla* dan Daun Kersen Sebagai Pupuk Organik Cair (POC) dengan Penambahan Bioaktivator Rebung Bambu." Dalam *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek (SNPBS) Ke-VII*, 57–67, 2022.
- Irma, Sundari, Widodo Farid Maruf, dan Eko Nurcahya Dewi. "Pengaruh Penggunaan Bioaktivator EM4 dan Penambahan Tepung Ikan Terhadap Spesifikasi Pupuk Organik Cair Rumput Laut *Gracilaria* Sp." *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan* 3, no. 3 (2014): 88–94.
- Istarofah, dan Zuchrotus Salamah. "Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) dengan Pemberian Kompos Berbahan Dasar Daun Paitan (*Thitonia diversifolia*)." *Bio-Site* 3, no. 1 (2017): 39–46.
- Istiqomah, Mella Mutika Sari, dan Maya Istyadji. "Pengaruh Pemberian Limbah Cair Tahu dengan Konsentrasi yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Secara Hidroponik." *JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan* 1, no. 3 (2022): 158–170.
- Juliastuti, Henny, Euis Reni Yuslianti, Iis Inayati Rakhmat, Dewi Ratih Handayani, Adrian Mohammad Prayoga, Fine Nur Ferdianti, Hamdalah Soleh Prastia, Raudah Jala Dara, Sarah Syarifah, dan Erindya Navika Rizkani. *Sayuran dan Buah Berwarna Merah, Antioksidan Penangkal Radikal Bebas*. Yogyakarta: Deepublish, 2021.
- Kasmawan, I Gde Antha, Gusti Ngurah Sutapa, dan I Made Yuliara. "Pemberdayaan Kelompok Lanjut Usia Melalui Pengenalan Teknologi Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) Sebagai Upaya Bentuk Kepedulian Terhadap Lingkungan." *Bumi Lestari Journal of Environment* 17, no. 2 (2017): 90–99.
- Kurniawan, Dicky. "Respon Pemberian POC *Mucuna bracteata* Plus dan Cangkang Telur Ayam Plus Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.)." *Jimtani* 1, no. 4 (2021): 1–11.
- Kusrinah, Alwiyah Nurhayati, dan Nur Hayati. "Pelatihan dan

- Pendampingan Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Menjadi Pupuk Kompos Cair Untuk Mengurangi Pencemaran Air dan Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Karang Kempul Kelurahan Kaligawe Kecamatan Gayamsari Kotamadya Semarang.” *Jurnal Pemikiran Agama untuk Pemberdayaan* 16, no. 1 (2016): 27–48.
- Kusuma, Maritha Nilam, Amrozy Muharamin, Dimas Wahyu Surya Darma, Ellisa Dwi Syafitri, Inka Muthia Ardhana, Hamas Hijrotush Shobriyah, Maratus Sholihah, dan Muhammad Hafizhni At-Thayyibi. “Pendayagunaan Limbah Buah Sebagai Pupuk Organik Cair dengan Metode Fermentasi EM4.” Dalam *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 1–9, 2022.
- Lalla, Milawati. “Potensi Air Cucian Beras Sebagai Pupuk Organik pada Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.)” *Jurnal Agropolitan* 5, no. 1 (2018): 38–43.
- Lestari, Sri Utami, Enny Mutryarny, dan Neng Susi. “Uji Komposisi Kimia Kompos *Azolla microphylla* dan Pupuk Organik Cair (POC) *Azolla microphylla*.” *Jurnal Ilmiah Pertanian* 15, no. 2 (2019): 121–127.
- Lingga, Pinus, dan Marsono. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Cet. 20. Jakarta: Penebar Swadaya, 2003.
- Mahendra, I Gede Agus, I Gusti Ngurah Alit Wiswasta, dan Putu Eka Pasmidi Ariati. “Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) yang Di Pupuk dengan Pupuk Organik Cair pada Media Tanam Hidroponik.” *AGRIMETA* 10, no. 20 (2020): 29–36.
- Manurung, Fetryani Soni, Yulita Nurchayati, dan Nintya Setiari. “Pengaruh Pupuk Daun Gandasil D Terhadap Pertumbuhan, Kandungan Klorofil dan Karotenoid Tanaman Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.)” *Jurnal Biologi Tropika* 3, no. 1 (2020): 24–32.
- Mashudi, H. Kojin. *Tafsir Al-Muyassar*. Diedit oleh H. Abdul Mustaqim. Jilid V. Malang: Inteligencia Media, 2019.
- Meriatna, Suryati, dan Aulia Fahri. “Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Aktivator EM4 (*Effective Microorganism* 4) pada

- Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan.” *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 7, no. 1 (2019): 13–29.
- Moi, Anastasia R. “Pengujian Pupuk Organik Cair dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea*).” *Jurnal MIPA* 4, no. 1 (2015): 15–19.
- Mursalim, Ikra, Muh. Khalifah Mustami, dan Ahmad Ali. “Pengaruh Penggunaan Pupuk Organik Mikroorganisme Lokal Media Nasi, Batang Pisang, dan Ikan Tongkol Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea*).” *Jurnal Biotek* 6, no. 1 (2018): 32–42.
- Mustikarini, Nanda, Anisa Ikaromah, Aris Supriyadi, Tri Adi Nugraha, dan Nazula Azzam. “Pengaruh Variasi Komposisi Dekomposer EM4 dan Molase pada Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Budidaya Lele.” *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)* 4, no. 1 (2022): 47–52.
- Nofita, Robby Candra Purnama, dan Mochammad Arief Hidayat. “Perbandingan Kadar Zat Besi (Fe) pada Bayam Hijau dan Bayam Merah yang Dijual Di Pasar SMEP Bandar Lampung Secara Spektrofotometri Serapan Atom.” *Jurnal Analis Farmasi* 6, no. 1 (2021): 56–62.
- Nur, Akhmad. “Pemanfaatan Tumbuhan Azolla (*Azolla pinnata*) Sebagai Pupuk Organik Cair dan Kompos pada Pertumbuhan Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annum L.*)” Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2018.
- Nur, Thoyib, Ahmad Rizali Noor, dan Muthia Elma. “Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Sampah Organik Rumah Tangga dengan Bioaktivator EM-4 (*Effective Microorganisme 4*).” *Konversi* 5, no. 2 (2016): 44–51.
- Ora, Fellyanus Haba. *Struktur dan Komponen Telur*. Cetakan 1. Yogyakarta: Deepublish, 2015.
- Pane, Harneny. “Sosialisasi dan Penyuluhan Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Organik Pasar dan Rumah Tangga Di Desa Kuta Baru.” *Focus Agroteknologi UPMI* 1, no. 1 (2020): 10–15.
- Pantang, Lidia Sunarti, Yusnaeni Yusnaeni, Andam S Ardan, dan Sudirman Sudirman. “Efektivitas Pupuk Organik Cair Limbah

- Rumah Tangga dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.)” *EduBiologia: Biological Science and Education Journal* 1, no. 2 (2021): 85–90.
- Paulus, Jeanne M. “Pemanfaatan Azolla Sebagai Pupuk Organik pada Budidaya Padi Sawah.” *Universitas Sam Ratulangi* 1, no. 36 (2010): 68–72.
- Pebrianti, Charolin, Ainurrasjid, dan Sri Lestari Purnamaningsih. “Uji Kadar Antosianin dan Hasil Enam Varietas Tanaman Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss) pada Musim Hujan.” *Jurnal Produksi Tanaman* 3, no. 1 (2015): 27–33.
- Putra, Bangun Wahyu Ramadhan Ika Hariyanto, dan Rhenny Ratnawati. “Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Buah dengan Penambahan Bioaktivator EM4.” *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* 11, no. 1 (2019): 44–56.
- Putri, Firstnanda Ivanka, dan Aminah Asngad. “Pemanfaatan *Azolla microphylla* dan Cangkang Telur Ayam Sebagai Pupuk Organik Cair dengan Bioaktivator Rebung Bambu.” Dalam *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek) Ke-VIII*, 255–261, 2022.
- Raja, Adrianus, Henderikus Darwin Beja, dan Julianus Jeksen. “Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)” *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian* 6, no. 1 (2021): 47–50.
- Riyanto, Slamet, dan Aglis Andhita Hatmawan. *Metode Riset Penelitian Kuantitatif*. Cetakan 1. Yogyakarta: Deepublish, 2020.
- Rukmana, Rahmat. *Bayam: Bertanam dan Pengolahan Pascapanen*. Cetakan I. Yogyakarta: Kanisius, 1994.
- Saparinto, Cahyo. *Grow Your Own Vegetables - Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi Populer Di Pekarangan*. Yogyakarta: Lily Publisher, 2013.
- Saragih, Megasari Gusandra, Liharman Saragih, Johannes Wilfrid Pangihutan Purba, dan Pawan Darasa Panjaitan. *Metode Penelitian Kuantitatif: Dasar-Dasar Memulai Penelitian*. Cetakan 1. Jakarta: Yayasan Kita Menulis, 2021.
- Sari, Vonny Indah, Enny Mutryarny, dan Muhammad Rizal. “Korelasi

- Pemberian Pupuk Organik Cair *Azolla microphylla* Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Di Pre Nursery.” *Jurnal Agrotela* 1, no. 1 (2021): 12–19.
- Sembiring, Gita Malinda, dan Mochammad Dawam Maghfoer. “Pengaruh Komposisi Nutrisi dan Pupuk Daun pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L. Var. *Chinensis*) Sistem Hidroponik Rakit Apung.” *Plantaropica: Journal of Agricultural Science* 3, no. 2 (2018): 103–109.
- Setiawati, Tia, Fitriyasari Rahmawati, dan Titin Supriatun. “Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor* L.) dengan Aplikasi Pupuk Organik Kascing dan Mulsa Serasah Daun Bambu.” *Jurnal ILMU DASAR* 19, no. 1 (2018): 37–44.
- Setyawati, Harimbi, Sanny Anjarsari, Lalu Topan Sulistiyono, dan Josephine Vania Wisnurnadia. “Pengaruh Variasi Konsentrasi EM4 dan Jenis Limbah Kulit Buah pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC).” *Jurnal Atmosphere* 3, no. 1 (2022): 14–20.
- Sihabudin, Didin, Arrin Rosmala, dan Selvy Isnaeni. “Pengaruh Frekuensi Fermentasi Urine Kelinci dan Air Kelapa Terhadap Pertumbuhan, Hasil, dan Kualitas Hasil Bayam Merah (*Amaranthus gangeticus* L.).” *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences* 4, no. 2 (2022): 57–68.
- Simanullang, Resenska Citra Uli. “Penetapan Kadar Besi dan Kalsium Serta Magnesium pada Sayur Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) dan Bayam Hijau (*Amaranthus hybridus* L.) Secara Spektrofotometri Serapan Atom.” Universitas Sumatera Utara, 2017.
- Soimah, Nurul. “Aplikasi Pupuk Organik Cair Berbasis *Azolla microphylla* dan Limbah Teh Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.).” Universitas Jenderal Soedirman, 2019.
- Sugiono. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2015.
- Sulfianti, Risman, dan Inang Saputri. “Analisis NPK Pupuk Organik Cair dari Berbagai Jenis Air Cucian Beras dengan Metode Fermentasi yang Berbeda.” *Agrotech* 11, no. 1 (2021): 36–42.
- Syam, Netty, Suriyanti, dan Lilla Hasni Killian. “Pengaruh Jenis

- Pupuk Organik dan Urea Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.).” *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian* 1, no. 2 (2017): 43–53.
- Taha, Siswatiana, Muhamad Mukhtar, Syukri I Gubali, dan Srisukmawati Zainuddin. “Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Sebagai Pupuk Organik Di Desa Ombulodata Kabupaten Gorontalo Utara.” *Jambura Journal of Husbandry and Agriculture Community Serve (JJHCS)* 1, no. 2 (2022): 56–62.
- Tripama, Bagus, dan Muhammad Rizal Yahya. “Respon Konsentrasi Nutrisi Hidroponik Terhadap Tiga Jenis Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.).” *Agritrop : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)* 16, no. 2 (2018): 237–249.
- Tsaniya, A. R., E. N. Dewi, dan A. D. Anggo. “Characteristics of Liquid Organic Fertilizer from Different Composition Types of Seaweed between *Gracilaria* Sp. and *Sargassum* Sp.” *Journal of Physics: Conference Series* 1943, no. 1 (2021): 1–9.
- Warsoyo, Hans. *Prospek Cerah Budidaya Bayam Merah*. Cetakan I. Malang: Lembaga Kajian Profesi, 2018.
- Widyabudinarsih, Dewi, Lina Troskialina, Siti Fauziah, Shahihatunnisa, Riniati, Djenar Nancy Siti, Mentik Hulupi, Lili Indrawati, Ahmad Fauzan, dan Fauzi Adilah. “Pembuatan dan Pengujian Pupuk Organik Cair dari Limbah Kulit Buah-Buahan dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Variasi Waktu Fermentasi.” *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)* 4, no. 1 (2021): 30–39.
- Wijaya, V. T, dan Teo S. S. “Evaluation of Eggshell as Organic Fertilizer on Sweet Basil.” *International Journal of Sustainable Agricultural Research* 6, no. 2 (2019): 79–86.
- Wijiyanti, Pipit, Endah Dwi Hastuti, dan Sri Haryanti. “Pengaruh Masa Inkubasi Pupuk dari Air Cucian Beras Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.).” *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 4, no. 1 (2019): 21–28.
- Yustiningsih, Maria, Yolanda Getrudis Naisumu, dan Agustina Berek. “Deep Flow Technique (DFT) Hidroponik Menggunakan Media Nutrisi Limbah Cair Tahu dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman.” *Mangifera Edu* 3,

no. 2 (2019): 110–121.

Zein, Zulkifli, Gesang Edi Putro, dan Saktiono Sigit Tri Pamungkas. “Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Karakter Morfologi *Mucuna bracteata*.” *Biofarm : Jurnal Ilmiah Pertanian* 18, no. 1 (2022): 1–7.

