

**PENGARUH KOMBINASI PUPUK ORGANIK CAIR KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN AB MIX TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SELADA (*Lactuca sativa* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG**

SKRIPSI

**Oleh:
IFTINAN ANINDIA
NIM. 210602110040**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**PENGARUH KOMBINASI PUPUK ORGANIK CAIR KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN AB MIX TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SELADA (*Lactuca sativa* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG**

SKRIPSI

Oleh:

IFTINAN ANINDIA

NIM. 210602110040

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**PENGARUH KOMBINASI PUPUK ORGANIK CAIR KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN AB MIX TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SELADA (*Lactuca sativa* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG**

SKRIPSI

Oleh:
IFTINAN ANINDIA
NIM. 210602110040

Telah disetujui untuk diuji
Tanggal: 19 Juni 2025

Pembimbing I



Dr. H. Eko Budi Minarno, M.Pd.
NIP. 19630114 1999903 1 001

Pembimbing II



Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si
NIPPPK. 19870552 202321 1 016

Mengetahui,

Ketua Progam Studi Biologi



Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M. P.

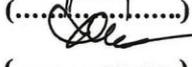
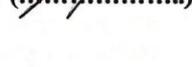
NIP. 19741018 200312 2 002

**PENGARUH KOMBINASI PUPUK ORGANIK CAIR KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN AB MIX TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SELADA (*Lactuca sativa* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG**

SKRIPSI

Oleh:
IFTINAN ANINDIA
NIM: 210602110040

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)

Ketua Penguji	: Didik Wahyudi, M.Si. NIP. 198601022018011001	()
Anggota Penguji I	: Ruri Siti Resmisari, M.Si. NIP. 19790123 202321 2 008	()
Anggota Penguji II	: Dr. H. Eko Budi Minarno, M.Pd. NIP. 19630114 1999903 1 001	()
Anggota Penguji III	: Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si. NIPPPK. 19870552 202321 1 016	()



Mengesahkan,
Ketua Progam Studi Biologi
Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada (*Lactuca sativa* L.) Dalam Hidroponik Sistem Rakit Apung”. Dengan penuh rasa syukur skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Cinta pertama dan panutanku Bapak Irwantono dan pintu surgaku Ibu Deny Aryatiningsih. Terima kasih tak terhingga penulis ucapkan atas segala bentuk perhatian, doa, dukungan, kasih sayang, serta cinta yang menjadi sumber semangat baik dalam bentuk materi maupun non materi. Kesuksesan dan segala hal baik yang akan didapatkan penulis adalah karena beliau. Tolong hidup lebih lama di dunia ini, izinkan putrimu ini bisa membahagiakan dan membalas segala pengorbanan yang Bapak dan Ibu lakukan selama ini.
2. Kakak tersayang, Raka Syahrul Akromi, S.Kom. Terima kasih yang tulus penulis sampaikan atas doa, bimbingan, nasihat dan motivasi yang senantiasa diberikan.
3. Adik tersayang, Meidina Annadhifa. Terima kasih telah menghibur penulis dan selalu excited menunggu kepulangan penulis.
4. Dosen pembimbing skripsi penulis, Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd. dan Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si. Penulis sampaikan terima kasih atas waktu, bimbingan dan arahan yang telah diberikan dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan skripsi, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Tim penelitian, Afidatul Mufariah K. dan Mega Septyana Putri P. Terima kasih telah berjuang bersama dari awal penelitian hingga skripsi. Kehadiran kalian telah membuat perjalanan ini jauh lebih ringan dan bermakna.
6. Sahabat terbaik dan seperjuangan Nur Inayah, Intan Rahma Sari, Silvi Iza Fitriana, Muthi'ah Khairunnisa S., dan Aisyah Febrianti yang telah selalu hadir memberi semangat, dukungan dan kehangatan dalam masa-masa sulit maupun bahagia. Terima kasih atas pertemanan yang tulus dan kehadiran yang berarti selama perjalanan kuliah.
7. Teman-teman Biologi kelas B angkatan 21, Beta Class. Terima kasih penulis ucapkan atas kebersamaan, canda tawa, pengalaman yang berharga, serta menjadi rekan seperjuangan dalam mendapatkan gelar sarjana (S.Si).
8. Muchammad Umar Zaidan, terima kasih atas setiap waktu luang yang diisi dengan tawa dan perjalanan singkat serta telah membantu menjaga kewarasan selama proses ini.
9. Iftinan Anindia, pemilik NIM.210602110040. Apresiasi yang begitu besar karena bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dipilih dan dimulai. Terima kasih atas keberaniannya untuk bermimpi serta keteguhannya untuk berjuang dengan baik dan bertahan sampai sejauh ini, serta senantiasa menikmati prosesnya. Semoga langkah ini menjadi titik awal menuju perjalanan yang lebih baik di masa yang akan datang

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(QS. Al-Baqarah: 286)

“Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”
(QS. Al-Insyirah: 6)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan
jalan menuju surga”
(HR. Muslim)

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Iftinan Anindia
NIM : 210602110040
Progam Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam Hidroponik Sistem Rakit Apung

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 19 Juni 2025

pernyataan,

Iftinan Anindia
NIM. 210602110040

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutnya.

**PENGARUH KOMBINASI PUPUK ORGANIK CAIR KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN AB MIX TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SELADA (*Lactuca sativa* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG**

Iftinan Anindia, Eko Budi Minarno, Muhammad Asmuni Hasyim

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Selada (*Lactuca sativa* L.) tanaman sayuran yang memiliki kandungan serat dan gizi yang tinggi. Namun, produktivitasnya mengalami penurunan, ditambah dengan lahan pertanian yang kini berubah menjadi non-pertanian. Oleh karena itu, hidroponik dapat menjadi alternatif untuk mengatasi keterbatasan lahan. Hidroponik rakit apung merupakan metode menanam dengan cara membuat tanaman mengapung di media nutrisi. Kombinasi pupuk organik cair (POC) dari kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix diterapkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil selada. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kombinasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor dengan 5 taraf perlakuan yaitu P0: 100% AB Mix, P1: 25% POC + 75% AB Mix, P2: 50% POC + POC AB Mix, P3: 75% POC + 25% AB Mix, P4: 100% POC. Parameter yang diamati pada pertumbuhan (jumlah daun, kadar klorofil total dan laju fotosintesis) dan hasil (berat basah tanaman). Analisis data menggunakan ANOVA dengan signifikansi 5% dan dilanjutkan uji DMRT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh POC dan AB Mix terhadap pertumbuhan dan hasil selada. Kombinasi 25% POC + 75% AB Mix (P1) merupakan perlakuan terbaik pada semua parameter.

Kata kunci: Hidroponik rakit apung, kotoran ulat hongkong, pupuk organik cair, selada (*Lactuca sativa* L.)

EFFECT OF COMBINATION OF HONGKONG LIQUID ORGANIC FERTILIZER CATERPILLAR MANURE (*Tenebrio molitor*) AND AB MIX ON THE GROWTH AND YIELD OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) IN HYDROPONICS FLOATING RAFT SYSTEMS

Iftinan Anindia, Eko Budi Minarno, Muhammad Asmuni Hasyim

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang

ABSTRACT

Salad (*Lactuca sativa* L.) vegetable plants that have a high fiber and nutrient content. However, its productivity has decreased, coupled with agricultural land that has now turned into non-agricultural. Therefore, hydroponics can be an alternative to overcome land limitations. Floating raft hydroponics is a method of planting by making plants float in a nutrient medium. A combination of liquid organic fertilizer (POC) from Hongkong caterpillar manure (*Tenebrio molitor*) and AB Mix was applied to improve lettuce growth and yield. The purpose of this study is to determine the effect of the combination of liquid organic fertilizer (POC) of Hongkong caterpillar manure (*Tenebrio molitor*) and AB Mix. This study used a Complete Random Design (RAL) consisting of two factors with 5 levels of treatment, namely P0: 100% AB Mix, P1: 25% POC + 75% AB Mix, P2: 50% POC + POC AB Mix, P3: 75% POC + 25% AB Mix, P4: 100% POC. Parameters were observed on growth (number of leaves, total chlorophyll content and rate of photosynthesis) and yield (wet weight of the plant). Data analysis used ANOVA with a significance of 5% and continued with the DMRT test. The results of the study showed that there was an influence of POC and AB Mix on the growth and yield of lettuce. The combination of 25% POC + 75% AB Mix (P1) is the best treatment on all parameters.

Keywords: Hydroponic floating rafts, hongkong caterpillar manure, liquid organic fertilizer, lettuce (*Lactuca sativa* L.)

تأثير مزيج من سماد هونغ كونغ العضوي السائل روث كاتربيلر (تينبريو موليتور) ومزيج AB على نمو ومحصول الخس
(*Lactuca sativa* L.)

في الزراعة المائية أنظمة الطوافة العائمة

إفتينان أنينديا ، إيكو بودي مينارنو ، محمد أسموني هاسيم

برنامج دراسة الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، مولانا مالك إبراهيم جامعة الدولة الإسلامية مالانج

ملخص البحث

سلطة (*Lactuca sativa* L.) نباتات نباتية تحتوي على نسبة عالية من الألياف والمغذيات. ومع ذلك ، فقد انخفضت إنتاجيتها ، إلى جانب الأراضي الزراعية التي تحولت الآن إلى غير زراعية. لذلك ، يمكن أن تكون الزراعة المائية بديلاً للتغلب على قيود الأراضي. الزراعة المائية للطوافة العائمة هي طريقة للزراعة عن طريق جعل النباتات تطفو في وسط مغذي. تم استخدام مزيج من الأسمدة العضوية السائلة (POC) من روث كاتربيلر هونغ كونغ (*Tenebrio molitor*) و AB Mix لتحسين نمو الخس ومحصوله. الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير مزيج السماد العضوي السائل (POC) من روث كاتربيلر هونغ كونغ (*Tenebrio molitor*) و AB Mix. استخدمت هذه الدراسة تصميمًا عشوائيًا كاملاً (RAL) يتكون من عاملين ب 5 مستويات من العلاج ، وهما ، P0: 100% AB Mix ، P1: 25% POC + 75% AB Mix ، P2: 50% POC + 50% AB Mix ، P3: 75% POC + 25% AB Mix ، P4: 100% POC و محتوى الكلوروفيل الكلي ومعدل التمثيل الضوئي والمحصول (الوزن الرطب للنبات). استخدم تحليل البيانات ANOVA بأهمية 5% واستمر في اختبار DMRT. أظهرت نتائج الدراسة أن هناك تأثير POC و AB Mix على نمو ومحصول الخس. مزيج 25% POC + 75% AB Mix (P1) هو أفضل علاج في جميع المعايير.

الكلمات المفتاحية: الطوافات العائمة المائية ، روث كاتربيلر هونغ كونغ ، الأسمدة العضوية السائلة ، الخس (*Lactuca sativa*)

(L)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bismillahirrohmaanirrohiim. Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis mampu memenuhi dan menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam Hidroponik Sistem Rakit Apung”. Tidak lupa pula shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatriti hingga akhirul zaman. Aaamiin.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik dalam bentuk ilmu, motivasi, tenaga maupun doa. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. H.M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Sri Hariani, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P., selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Eko Budi Minarno, M.Pd., selaku pembimbing I dan Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si., selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, perhatian dan keikhlasan hingga skripsi ini dapat diselesaikan.
5. Seluruh dosen Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu, arahan dan dedikasi selama proses perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu serta keluarga tercinta yang telah memberikan doa, dukungan, serta motivasi kepada penulis.

Penulis berharap, semua kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang berlimpah dari Allah SWT. Skripsi ini telah disusun dengan sebaik-baiknya, tetapi penulis menyadari masih ada kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa depan. Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 19 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO	vi
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	x
ملخص البحث	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian	9
1.4 Manfaat Penelitian	9
1.5 Hipotesis.....	9
1.6 Batasan Masalah	9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanfaatan Kotoran Hewan Sebagai Pupuk Organik Cair (POC) dalam Perspektif Islam	10
2.2 Pupuk Organik.....	12
2.2.1 Pupuk Organik Padat	13
2.2.2 Pupuk Organik Cair	14
2.2.3 Pupuk Organik Cair Berbahan Baku Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>).....	17
2.3 Effective Microorganisms 4 (EM4)	20
2.4 Pupuk Anorganik (AB Mix)	21
2.5 Deskripsi Botani Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.)	24
2.5.1 Klasifikasi Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	24
2.5.2 Syarat Tumbuh Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	25
2.5.3 Nilai Penting Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	26
2.6 Hidroponik Sistem Rakit Apung	27
2.7 Laju Fotosintesis.....	28
2.8 Pengaruh Unsur Hara Makro dan Mikro terhadap Pertumbuhan.....	31

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian	34
--------------------------------	----

3.2 Waktu dan Tempat.....	34
3.3 Variabel Penelitian.....	34
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	35
3.4.1 Alat Penelitian	35
3.4.2 Bahan Penelitian.....	35
3.5 Prosedur Penelitian	35
3.5.1 Pembuatan Nutrisi.....	35
3.5.2 Prosedur Penelitian Eksperimental	36
3.6 Analisis Data	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>) dan AB Mix terhadap Pertumbuhan Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.)	39
4.2 Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>) dan AB Mix terhadap Hasil Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	44
4.3 Kajian Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam.....	45

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA	50
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	59
-----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Cair	16
4.2 Hasil uji lanjut DMRT (<i>Duncan's Multiple Range Test</i>) terhadap pertumbuhan.....	39
4.10 Hasil uji lanjut DMRT (<i>Duncan's Multiple Range Test</i>) terhadap hasil berat basah	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>).....	17
2.2 Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	25
2.3 Hidroponik Sistem Rakit Apung.....	27
3.1 Denah Percobaan.....	34
4.1 Hasil Pengamatan Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	40

DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil Uji POC Kotoran Ulat Hongkong.....	59
2. Rata-rata Pertumbuhan dan Hasil Selada.....	60
3. Hasil Uji ANOVA dan DMRT.....	61
4. Dokumentasi Alat dan Bahan.....	63
5. Dokumentasi Prosedur Penelitian.....	64
6. Dokumentasi Pengamatan Hasil Selada.....	66

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT telah menciptakan segala jenis tumbuhan yang bermanfaat di bumi. Allah SWT berfirman di dalam Q.S Asy-Syu'ara [26] : 7, sebagai berikut:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: “Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami telah menumbuhkan di sana segala jenis (tanaman) yang tumbuh baik?”

Menurut Shihab (2002) dalam tafsir Al-Misbah kata *إِلَى* dalam firman-Nya “Apakah mereka tidak melihat ke bumi?”, merupakan kata yang mengandung makna *batas akhir*. Artinya mengajak manusia untuk mengarahkan pandangan hingga batas kemampuannya memandang sampai mencakup seantero bumi, dengan aneka tanah dan tumbuhannya dan aneka keajaiban yang terhampar pada tumbuh-tumbuhannya. Kemudian, kata *زَوْجٍ* berarti *pasangan*, yang artinya mengisyaratkan bahwa tumbuh-tumbuhan juga memiliki pasangan-pasangan guna pertumbuhan dan perkembangannya. Sementara itu kata *كَرِيمٍ* digunakan untuk menggambarkan segala sesuatu yang baik bagi setiap objek yang disifatinya. Tumbuhan yang baik, paling tidak adalah yang subur dan bermanfaat. Diantara berbagai tumbuhan yang ada, selada adalah tumbuhan yang memiliki banyak manfaat.

Selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan sayuran yang termasuk dalam famili Asteraceae (Shi *et al.*, 2022). Tanaman ini memiliki kandungan gizi seperti serat dan vitamin C (Rio dkk., 2024). Direktorat Gizi Masyarakat (2017) melaporkan dalam 100 gram selada terkandung 18 kal energi, 94,8 g air, 2,9 g karbohidrat, 0,2 g lemak, 1,2 g protein, 1,8 g serat, 22 mg kalsium, 0,5 mg zat besi dan 8 mg vitamin

C. Selain itu, selada memiliki berbagai manfaat yaitu mencegah panas dalam, memperlancar metabolisme tubuh, menjaga kesehatan rambut, mencegah kulit kering, dan membantu mengatasi gangguan tidur seperti insomnia (Rasjal dkk., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Jo *et al.* (2021) menunjukkan bahwa ekstrak daun selada terbukti dapat memulihkan pola tidur yang terganggu. Hal ini diperkuat oleh Wesolowska dalam Ahn *et al.* (2023) yang menyebutkan bahwa selada mengandung quercetin-3-glukuronida (Q3G), yang bekerja pada reseptor asam aminobutirat gamma (GABA), untuk meningkatkan berbagai aktivitas fisiologis, termasuk obat penenang, meningkatkan kualitas tidur, dan efek anti kejang.

Selada merupakan salah satu jenis sayuran yang digemari oleh masyarakat dan umumnya dikonsumsi dalam keadaan segar. Seiring bertambahnya jumlah penduduk serta meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya pola makan sehat, permintaan terhadap sayuran segar, termasuk selada, terus meningkat. Hal ini juga didukung oleh perkembangan sektor usaha seperti restoran, rumah makan, dan hotel yang semakin banyak (Rasjal dkk., 2022). Pada pasar internasional, permintaan terhadap selada juga cukup tinggi yaitu di tahun 2019, Indonesia berhasil mengekspor selada sebanyak 1.500.000 kilogram. Jumlah ekspor tertinggi terjadi pada bulan Oktober dengan total 107.939 kilogram. Namun, mengalami penurunan pada bulan berikutnya yaitu menjadi 101.129 kilogram di bulan November dan 97.751 kilogram di bulan Desember (Novia dkk., 2023). Penurunan ekspor selada menunjukkan perlunya peningkatan produksi agar dapat memenuhi permintaan pasar lokal dan internasional.

Oemar menyebutkan bahwa salah satu cara untuk meningkatkan produksi yaitu dengan memperluas lahan tanam (Hermansyah dkk., 2021). Namun, Nurjasm

(2021) berpendapat bahwa peningkatan produksi pangan dari tanaman, khususnya sayuran melalui perluasan lahan sulit dilakukan, karena banyak lahan yang semula digunakan untuk tujuan pertanian kini digunakan untuk tujuan non-pertanian. Setiap tahun, luas lahan pertanian di Indonesia semakin berkurang sekitar 60.000 hektar. Gultom & Harianto (2022) juga mengungkapkan bahwa lahan di Indonesia semakin berkurang karena banyak lahan pertanian berubah menjadi lahan industri, pemukiman, dan lainnya. Oleh karena itu, budidaya hidroponik adalah solusi untuk mengatasi masalah keterbatasan lahan. Hal ini sesuai dengan pendapat Suwitra dkk., (2021) yang menyatakan bahwa hidroponik dapat menjadi alternatif untuk mengatasi pertanian yang disebabkan oleh keterbatasan lahan.

Hidroponik adalah teknik budidaya tanaman yang menggunakan air atau media lain seperti kerikil dan rockwool daripada tanah sebagai media tanam (Wibowo, 2021). Hidroponik dipandang sebagai salah satu metode pertanian masa depan karena dapat diterapkan di berbagai lokasi, termasuk lahan yang luas, perkotaan, pedesaan, bahkan di atas apartemen (Izzany dkk., 2023). Menurut Cahyani & Purbajanti (2019) sawi yang dibudidayakan dengan sistem hidroponik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan cara non-hidroponik, seperti kemudahan dalam pengendalian hama dan penyakit, budidaya yang tidak tergantung pada musim, efisiensi dalam penggunaan pupuk, dan tidak memerlukan lahan yang luas untuk mendapatkan hasil produksi yang tinggi. Penelitian Fau (2020) mengenai pertumbuhan pakcoy menggunakan sistem hidroponik menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan tanah sebagai media. Hasil ini diukur dalam berbagai parameter, termasuk tinggi

tanaman, jumlah daun, panjang dan lebar daun, panjang akar, dan berat basah tanaman.

Hidroponik memiliki beragam jenis sistem, seperti rakit apung (*floating raft hydroponic system*), sistem wick (sistem sumbu), sistem drip (sistem tetes), sistem Ebb dan Flow (*flood and rain*), DFT (*deep flow technique*), NFT (*nutrient film technique*), dan aeroponik (Rahmayanti dkk., 2022). Hidroponik rakit apung adalah salah satu sistem hidroponik yang dinilai mudah diterapkan karena biayanya tidak terlalu mahal dan pembuatannya cukup sederhana (Sutanto, 2015). Biaya untuk memulai hidroponik rakit apung yaitu mulai dari Rp80.000 (Siahaan dkk., 2022). Jika dibandingkan sistem hidroponik lainnya seperti DFT (*deep flow technique*) dan NFT (*nutrient film technique*) memerlukan biaya yang lebih tinggi. Menurut, Kurniati dkk. (2024) biaya instalasi untuk sistem DFT (*deep flow technique*) mencapai Rp3.357.159 per unit, sedangkan sistem NFT (*nutrient film technique*) membutuhkan biaya hingga Rp4.603.000 per unit.

Sistem hidroponik rakit apung memiliki kelebihan yaitu penggunaan pupuk dan air secara optimal, pemanfaatan ruang yang efisien, serta operasional yang mudah dan praktis (Rofiyana dkk., 2021). Keunggulan lainnya adalah tanaman selalu mendapatkan air dan nutrisi, sehingga memudahkan perawatan karena tidak perlu penyiraman (Rasyati dkk., 2018). Hal ini juga disebutkan dalam Tiljuir dkk. (2023) bahwa sistem rakit apung mempunyai keuntungan karena akar tanaman dapat menyerap nutrisi secara langsung dan konsisten dari larutan nutrisinya, tanpa memerlukan penyemprotan berkala. Hal ini membuat perawatan tanaman menjadi lebih mudah. Dalam sistem rakit apung, nutrisi menggenang dalam bak tanam dan merendam akar tanaman. Agar kebutuhan oksigen pada akar terpenuhi,

ditambahkan air stone yang menghasilkan gelembung udara. Menurut Dharmayanti dkk. (2021) oksigen dapat disalurkan ke dalam larutan dengan pompa gelembung seperti yang digunakan pada akuarium untuk menyuplai oksigen di sekitar perakaran tanaman.

Untuk menunjang keberhasilan sistem tersebut, diperlukan sumber nutrisi yang mampu memenuhi kebutuhan hara tanaman secara seimbang. AB Mix adalah pupuk yang dibuat khusus sebagai komponen utama dalam sistem hidroponik, karena mengandung unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dengan komposisi yang seimbang dan terstruktur (Nazara dkk., 2023). AB Mix merupakan larutan berisi unsur makro dan mikro yang dimasukkan ke dalam media tanam untuk menyediakan nutrisi yang dibutuhkan tanaman agar tumbuh dengan baik (Gustaman, 2022). Siregar (2018) menyebutkan bahwa penggunaan AB mix dalam percobaan dapat meningkatkan produksi dan kualitas tanaman, karena AB Mix mengandung unsur hara yang lengkap. Unsur hara tersebut meliputi unsur hara makro (N, P, dan K) dan mikro (Ca, Mg, Cu, Fe, Mn dan Zn) (Rehatta dkk., 2023). Namun, penggunaan pupuk anorganik ini dapat berdampak pada pencemaran lingkungan (Ullah, 2023). Selain itu, pupuk anorganik juga berpotensi membahayakan kesehatan manusia apabila residu bahan kimia tertinggal dalam sayuran dan ikut dikonsumsi (Purbosari dkk., 2021).

Upaya untuk mengurangi dampak dari pupuk anorganik adalah dengan menggunakan pupuk organik (Manambangtua & Matana, 2018). Meriatna dkk. (2019) menyatakan bahwa penggunaan pupuk AB Mix dan pupuk organik secara bersamaan lebih efektif dan optimal serta dapat mengurangi efek negatif pupuk kimia. Selain itu, meningkatnya kesadaran petani dan masyarakat terhadap bahaya

penggunaan pupuk kimia secara berlebihan menjadi faktor pendorong dalam peralihan menuju sistem pertanian yang lebih lingkungan dengan mengombinasikan pupuk organik dan anorganik (Priambodo dkk., 2019).

Pupuk organik cair (POC) adalah salah satu bentuk pupuk organik yang dapat diaplikasikan pada tanaman. POC merupakan hasil dari proses dekomposisi bahan organik seperti sisa tanaman dan kotoran hewan yang mengandung lebih dari satu unsur hara (Dwisvimiari & Kusumaningsih, 2023). POC memberikan manfaat bagi tanaman karena kandungan unsur haranya yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Miranti dkk., 2023). Tanaman memerlukan unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium serta unsur hara mikro seperti kalsium, magnesium, besi, tembaga, boron, dan seng (Sitanggang dkk., 2022). Dibandingkan dengan pupuk lain, POC memiliki kelebihan yaitu tidak menyebabkan pencemaran lingkungan, cepat menyediakan unsur hara untuk mengatasi kekurangan hara pada tanaman serta mudah diserap tanaman (Hamawi dkk., 2024). Rahmawati & Asriyani (2020) menambahkan bahwa POC lebih mudah diserap oleh tanaman, karena senyawa kompleks dalam pupuk cair telah terurai dalam bentuk cair, sehingga dapat dengan cepat diserap melalui akar dan daun.

Satu di antara sumber pupuk organik cair (POC) adalah kotoran ulat Hongkong. Kotoran ulat Hongkong atau *frass* merupakan residu serangga berbentuk butiran halus, kering, ringan, dan tidak berbau. *Frass* memiliki jumlah unsur N, P, dan K yang sebanding dengan pupuk kandang, sehingga dapat digunakan sebagai pupuk organik (Fikriyah dkk., 2024). Nogalska *et al.* (2023) menyebutkan bahwa *frass* atau kotoran ulat Hongkong terkandung nitrogen, makronutrien dan mikronutrien yang tinggi. Selain itu, *frass* juga mudah terurai dan

memiliki kemampuan untuk melepaskan nutrisi yang siap diserap oleh tanaman. Nyanzira *et al.* (2023) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pada kotoran *Tenebrio molitor* mengandung Nitrogen (N) 3,3%, Fosfor (P) 2,3%, dan Kalium (K) 2,8%.

Selain mengandung unsur hara makro dan mikro, kotoran ulat Hongkong juga memiliki kandungan lain yang bermanfaat bagi tanaman, yaitu senyawa bioaktif seperti kitin. Senyawa ini berfungsi sebagai elicitor yang mampu mengaktifkan mekanisme pertahanan alami dan mendukung pertumbuhan tanaman melalui modulasi jalur hormon seperti asam salicylic acid dan jasmonic acid. Kotoran ulat Hongkong juga mengandung asam humik dan fulvik yang berperan dalam mendukung metabolisme serta keseimbangan hormon tanaman, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan terhadap stres (Konsiriphinyo, T., & Julsirikul, 2024). Selain senyawa tersebut, frass ulat Hongkong diketahui mengandung bakteri Actinomycetes yang mampu menghasilkan hormon auksin berupa IAA (*Indole Acetic Acid*) hingga 309 µg/ml. IAA berperan penting sebagai pengatur pertumbuhan tanaman, khususnya dalam merangsang pembentukan akar, meluruskan jaringan pelindung, dan mengatur arah pertumbuhan. Produksi IAA yang tinggi oleh Actinomycetes dalam frass ini menjadikannya sumber hayati potensial untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Verardi dkk., 2025).

Penelitian yang memanfaatkan POC berbahan dasar kotoran ulat Hongkong masih jarang dilakukan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Efiyati dkk. (2015) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair dari kotoran ulat Hongkong dengan konsentrasi 25%, 50%, 75% dan kontrol tidak berbeda nyata

terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah helai daun, panjang akar, bobot basah, dan bobot kering kacang panjang. Sebaliknya, pemberian POC dengan konsentrasi 100% berbeda nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan. Konsentrasi yang paling optimal untuk pertumbuhan kacang panjang adalah 25%.

Penelitian ini menggunakan kombinasi pupuk AB Mix dan pupuk organik cair (POC) dengan tujuan membatasi proporsi pupuk anorganik yang digunakan dan sekaligus mengurangi tingkat penggunaannya. Hasil penelitian oleh Priyanggidkk. (2019) menyebutkan bahwa penggunaan POC sebanyak 100% tanpa tambahan AB Mix (0%) belum mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L). Hal ini disebabkan oleh kandungan unsur hara makro dalam POC tergolong rendah, sehingga belum mampu digunakan sebagai sumber utama nutrisi tanaman. Sementara itu, hasil terbaik diperoleh pada perlakuan dengan konsentrasi POC 25% yang dikombinasikan dengan AB Mix 75%. Penelitian yang dilakukan oleh Herlina dkk. (2024) juga menyatakan bahwa penggunaan POC dapat menggantikan AB Mix sebanyak 50% pada pertumbuhan dan produksi tanaman kangkung (*Ipomoea reptans*). Berdasarkan latar belakang di atas penelitian yang berjudul “Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam Hidroponik Sistem Rakit Apung” penting dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah terdapat pengaruh kombinasi pupuk organik cair kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap pertumbuhan dan hasil Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam hidroponik sistem rakit apung?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kombinasi pupuk organik cair kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap pertumbuhan dan hasil Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam hidroponik sistem rakit apung.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai penggunaan pupuk organik cair dari kotoran ulat Hongkong dalam budidaya hidroponik.
2. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan panduan bagi petani hidroponik dalam memilih kombinasi pupuk yang paling efisien.

1.5 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah ada pengaruh kombinasi pupuk organik cair kotoran ulat Hongkong dan AB Mix terhadap pertumbuhan dan hasil selada (*Lactuca sativa* L.)

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini mencakup parameter pertumbuhan yang diukur meliputi jumlah daun, kadar klorofil total, dan laju fotosintesis serta parameter hasil yaitu berat basah tanaman.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanfaatan Kotoran Hewan Sebagai Pupuk Organik Cair (POC) dalam Perspektif Islam

Allah SWT menciptakan segala sesuatu dengan maksud dan tujuan yang bermanfaat bagi manusia. Allah SWT berfirman dalam Q.S Ali ‘Imran [3] : 191, sebagai berikut:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ
رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَاطِلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Maha Suci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka.” (Q.S Ali ‘Imran [3] : 191).

Menurut Shihab (2002) makna firman-Nya terlihat bahwa objek zikir adalah Allah SWT, sedang objek pikir adalah makhluk-makhluk Allah berupa fenomena alam. Hal ini berarti pengenalan kepada Allah lebih banyak didasarkan kepada kalbu, sedang pengenalan alam raya oleh penggunaan akal, yakni berpikir. Akal memiliki kebebasan seluas-luasnya untuk memikirkan fenomena alam, tetapi ia memiliki keterbatasan dalam memikirkan Dzat Allah.

Menurut Az-Zuhaili (2013) dalam surah Ali ‘Imran ayat 191, Allah SWT menjelaskan tentang orang-orang yang berakal, bahwa mereka adalah orang-orang yang menggabungkan antara dzikir dan pikir, mereka selalu berdzikir kepada Allah dalam berbagai keadaan baik dalam keadaan duduk, berdiri, maupun ketika sedang berbaring sakit. Mereka tidak pernah memutuskan dzikir kepada Allah SWT dalam segala keadaan, akan tetapi harus berdzikir baik dengan hati maupun lisan. Mereka selalu memikirkan, merenungi, dan memahami segala apa yang ada di langit dan

bumi berupa rahasia-rahasia, berbagai bentuk manfaat dan hikmah-hikmah yang menunjukkan akan kebesaran, kekuasaan, ilmu dan rahmat Sang Khalik.

Salah satu bentuk penerapan dari sikap berpikir dan merenungi ciptaan Allah tersebut adalah dengan memanfaatkan sumber daya alam secara bijak, seperti kotoran ulat Hongkong yang dapat diolah menjadi produk bernilai seperti pupuk organik cair. Kotoran hewan merupakan salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk bernilai seperti pupuk organik cair. Ulama Hanafiyah menjelaskan bahwa kotoran hewan dihukumi najis, namun tetap boleh dimanfaatkan selama tidak digunakan untuk konsumsi. Oleh karena itu, pemanfaatannya sebagai pupuk yang berfungsi menyuburkan tanah dan meningkatkan hasil pertanian diperbolehkan. Sementara itu, ulama Syafiiyah berpendapat bahwa menggunakan kotoran hewan sebagai pupuk hukumnya makruh. Berbeda lagi dengan pendapat ulama Malikiyah dan Hanabilah, yang menetapkan hukum pemanfaatan kotoran tergantung jenis hewannya seperti babi dan anjing tidak boleh dimanfaatkan sebagai pupuk (Alfin & Rezi, 2019).

Pupuk organik dapat berbentuk padat maupun cair (Suyatno dkk., 2023). Pupuk organik cair lebih mudah diserap tanaman dan cepat menyediakan unsur hara untuk mengatasi kekurangan hara pada tanaman (Hamawi dkk., 2024). Pemberian pupuk organik cair harus memperhatikan konsentrasi yang sesuai untuk memperoleh hasil tanaman yang optimal (Laili & Munjin, 2022). Sebagaimana firman Allah dalam Surah Al-Qomar [54] : 49, sebagai berikut:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

Artinya: “*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu sesuai dengan ukuran*”. (Al-Qomar [54] : 49).

Menurut Al-Qurthubi (2009) Allah SWT telah menetapkan segala sesuatu. Maksudnya, Dia mengetahui ukuran, keadaan dan zaman segala sesuatu sebelum adanya. Kemudian Dia mengadakan apa yang telah ada dalam ilmu-Nya seperti apa yang telah ada dalam ilmu-Nya tersebut. Oleh karena itu, tidak ada satupun kejadian di alam semesta dan alam bawah kecuali berasal dari ilmu Allah SWT, takdir dan kehendak-Nya, bukan makhluk-Nya.

2.2 Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan pupuk yang terbuat dari bahan alami yang berasal dari makhluk hidup, seperti hasil pelapukan sisa tanaman, hewan atau manusia. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, pupuk organik didefinisikan sebagai zat hara tanaman yang berasal dari bahan organik (Hamzah & Siswanto, 2023). Suyatno dkk. (2023) menyebutkan bahwa pupuk organik adalah pupuk yang dihasilkan dari sisa tanaman atau hewan yang diolah melalui proses tertentu. Pupuk ini dapat berbentuk padat maupun cair yang dapat diperkaya dengan mineral alami atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara, memperkaya bahan organik dalam tanah, serta memperbaiki sifat fisik, kimia, biologi tanah.

Karakteristik pupuk organik yaitu berupa bahan dasar yang meliputi kompos, pupuk hijau, pupuk kandang, serta sisa-sisa panen seperti jerami, brangkasan, tongkol jagung, bagas tebu, dan sabut kelapa. Selain itu, limbah ternak, limbah dari industri pertanian dan limbah perkotaan juga menjadi sumber utama pembuatan pupuk organik (Warintan dkk., 2021). Karena bahan-bahan pupuk organik beragam, kualitas pupuk organik yang dihasilkan bergantung pada jenis bahan dan proses pembuatannya. Unsur hara dalam pupuk organik bisa berasal dari kegiatan pertanian, seperti sisa tanaman dan kotoran ternak, atau dari kegiatan non-pertanian

seperti limbah industri dan sampah organik. Variasi sumber bahan ini sangat mempengaruhi komposisi hara dalam pupuk organik (Hartatik dkk., 2015)

Pupuk organik memiliki berbagai manfaat diantaranya memobilisasi unsur hara di dalam tanah agar lebih mudah diserap oleh akar tanaman. Pupuk ini juga melepaskan hara secara bertahap dan terkontrol untuk mencegah kelebihan hara. Selain itu, pupuk organik menjaga kelembapan tanah, mengurangi tekanan pada struktur tanah di sekitar akar, meningkatkan kestabilan partikel tanah, mempermudah pergerakan air dan udara, mendukung aktivitas mikroorganisme yang bermanfaat, dan mempercepat pertumbuhan akar serta biji kecambah (Widowati dkk., 2021). Safe'i dkk. (2022) juga menyebutkan bahwa pupuk organik memiliki sejumlah kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya yaitu mudah di aplikasikan, unsur hara yang lebih mudah diserap oleh tanaman, meningkatkan ketersediaan hara serta tidak merusak tanah atau tanaman saat digunakan. Namun, kekurangannya antara lain dapat menghasilkan gas dan bau tidak sedap, kandungan nutrisi relatif rendah, daya tahan lebih singkat, dan respon tanaman terhadap pupuk organik tidak secepat dengan pupuk anorganik.

2.2.1 Pupuk Organik Padat

Pupuk organik padat merupakan pupuk yang dibuat dari bahan-bahan organik dan memiliki bentuk akhir padat (Sianturi dkk., 2022). Pupuk ini berbentuk akhir berupa curah, granul, atau butiran yang diaplikasikan dengan menaburnya atau membenamkannya ke dalam tanah tanpa harus dilarutkan dalam air (Widowati dkk., 2021). Jenis pupuk organik padat meliputi pupuk yang berasal dari bahan organik, seperti kompos, bokashi, dan biochar . Sementara itu, pupuk organik padat

yang dihasilkan dari kotoran hewan mencakup pupuk kandang dari ayam, sapi serta pupuk kasgot dan kascing (Mahendra dkk., 2023)

Cara pembuatan pupuk organik padat dapat dilakukan dengan mengolah limbah padat rumah tangga menjadi kompos. Pengomposan adalah proses penguraian senyawa dalam limbah organik, seperti sampah rumah tangga melalui perlakuan tertentu (Palaniveloo *et al.*, 2020). Metode ini mengubah bahan organik menjadi senyawa sederhana dengan bantuan mikroba. Proses pengomposan dapat berlangsung dalam kondisi aerobik maupun anaerobik, di mana aktivitas mikroba berperan penting. Kecepatan penguraian dan kualitas kompos sangat dipengaruhi oleh jenis serta kondisi mikroba yang terlibat. Secara fisik, pupuk organik padat dari limbah rumah tangga memiliki ciri tidak berbau dan berwarna gelap menyerupai tanah (Fitri dkk., 2021).

2.2.2 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik cair (POC) adalah pupuk berbentuk cair yang dihasilkan dari bahan organik melalui proses fermentasi (Widowati dkk., 2021). POC berasal dari proses dekomposisi bahan organik seperti sisa tanaman dan kotoran hewan yang mengandung lebih dari satu unsur hara (Dwisvimiar & Kusumaningsih, 2023). POC memberikan manfaat bagi tanaman karena kandungan unsur haranya yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Miranti dkk., 2023). Tanaman memerlukan unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium serta unsur hara mikro seperti kalsium, magnesium, besi, tembaga, boron, dan seng (Sitanggang dkk., 2022). Menurut Hamawi dkk. (2024) bahan organik dengan kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium yang tinggi sangat ideal untuk pembuatan POC, karena mampu menyediakan unsur hara makro yang penting bagi tanaman

budidaya. Unsur nitrogen berfungsi mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, termasuk pemeentukan batang, daun, dan cabang. Unsur fosfor berfungsi dalam mendorong pertumbuhan akar dan unsur kalium berkontribusi dalam mempercepat proses pertumbuhan tanaman (Susana dkk., 2022). Sementara itu, unsur hara mikro berfungsi dalam proses biokimia, seperti pembentukan enzim dan vitamin (Ramaidani dkk., 2021).

Pupuk organik cair (POC) memiliki beberapa keunggulan, antara lain cepat mengatasi kekurangan hara, tidak terpengaruh oleh pencucian hara, dan mampu menyediakan nutrisi dengan cepat (Wijayanto & Kardiyono, 2020). Hamawi dkk. (2024) juga menyebutkan bahwa POC tidak menyebabkan pencemaran lingkungan, dan cepat menyediakan unsur hara untuk mengatasi kekurangan hara pada tanaman serta mudah diserap. POC lebih mudah diserap oleh tanaman, karena senyawa kompleks dalam pupuk cair telah terurai dalam bentuk cair, sehingga dapat dengan cepat diserap melalui akar dan daun (Rahmawati & Asriany, 2020). Selain itu, pupuk organik cair memiliki keunggulan tidak membahayakan tanah dan tanaman meskipun digunakan sesering mungkin (Agustin dkk., 2023).

Penelitian Pangestika (2017) mengenai perlakuan pupuk organik cair dan kompos pada tanaman kalia menunjukkan bahwa perlakuan 100% pupuk organik cair memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan 100% kompos dan tanpa pupuk organik cair maupun kompos. Parameter yang diukur meliputi luas daun, diameter batang, indeks klorofil, dan bobot konsumsi. Pemberian pupuk organik cair tersebut berpengaruh nyata terhadap semua parameter.

Proses pembuatan pupuk organik cair melibatkan fermentasi, yaitu penguraian bahan organik dalam kondisi tertentu oleh mikroorganisme fermentatif yang dikenal sebagai bioaktivator. Fermentasi terjadi akibat aktivitas mikroorganisme yang mengubah sifat senyawa organik. Dalam proses ini, mikroorganisme berperan untuk mempercepat jalannya fermentasi (Agustin dkk., 2023). Pembuatan pupuk organik cair juga perlu memperhatikan persyaratan teknis minimal pupuk organik cair yang telah ditetapkan oleh Keputusan Kementerian Pertanian (2019) dapat dilihat pada (Tabel 2.1).

No	Parameter	Satuan	Standart 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 atau MPN/ml	< 1 x 10 ²
	<i>Salmonella</i> sp	Cfu/ml atau MPN/ml	< 1 x 10 ²
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** Na	ppm	Maksimum 2.000
	Cl	ppm	Maksimum 2.000

Tabel 2.1. Persyaratan teknis minimal pupuk organik cair (Kementerian Pertanian, 2019)

2.2.3 Pupuk Organik Cair Berbahan Baku Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*)



Gambar 2.1 Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) (Dokumentasi pribadi, 2024)

Menurut Sidiq dkk. (2021) limbah memiliki potensi untuk diolah menjadi pupuk organik, salah satunya adalah limbah yang dihasilkan dari kotoran ulat Hongkong. Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) merupakan larva dari kumbang beras dan disebut sebagai *MealWorm* (Permatasari dkk., 2020). Kotoran dari ulat hongkong atau *frass* merupakan residu serangga berbentuk butiran halus, kering, ringan, dan tidak berbau (Fikriyah dkk., 2024).

Klasifikasi ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) menurut Hanif dkk. (2023) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Class	: Insecta
Order	: Coleoptera
Family	: Tenebrionidae
Genus	: <i>Tenebrio</i>
Species	: <i>Tenebrio molitor</i>

Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) merupakan serangga yang kotorannya dapat menjadi sumber nutrisi bagi tanaman jika dimanfaatkan sebagai pupuk

organik (Poveda *et al.*, 2019). Nogalska *et al.* (2023) menjelaskan bahwa *frass* atau kotoran dari *Tenebrio molitor* terkandung nitrogen, makronutrien dan mikronutrien yang tinggi. Selain itu, *frass* juga mudah terurai dan memiliki kemampuan untuk melepaskan nutrisi yang siap diserap oleh tanaman. Nyanzira *et al.* (2023) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pada kotoran *Tenebrio molitor* mengandung Nitrogen (N) 3,3%, Fosfor (P) 2,8%, dan Kalium (K) 2,3%. Kandungan ini menunjukkan bahwa kotoran ulat hongkong memiliki nutrisi yang cukup baik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk.

Fikriyah dkk. (2024) juga menyatakan bahwa kotoran ulat hongkong memiliki jumlah unsur N, P, dan K yang sebanding dengan pupuk kandang, sehingga dapat digunakan sebagai pupuk organik. Nitrogen (N) pada kotoran ulat Hongkong akan berpengaruh terhadap pertumbuhan, sebab Nitrogen (N) ini adalah unsur penyusun asam amino. Asam amino merupakan bahan penyusun protein. Protein menyusun komponen struktural yaitu sel, jaringan, dan organ serta enzim yang membantu berbagai reaksi biokimia di dalam tanaman (Taria *et al.*, 2022).

Selain mengandung unsur hara makro dan mikro, kotoran ulat Hongkong juga memiliki kandungan lain yang bermanfaat bagi tanaman, yaitu senyawa bioaktif seperti kitin. Senyawa ini berfungsi sebagai elicitor yang mampu mengaktifkan mekanisme pertahanan alami dan mendukung pertumbuhan tanaman melalui modulasi jalur hormon seperti asam salicylic acid dan jasmonic acid. Kotoran ulat Hongkong juga mengandung asam humik dan fulvik yang berperan dalam mendukung metabolisme serta keseimbangan hormon tanaman, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan terhadap stres (Konsiriphinyo, T., & Julsirikul, 2024). Selain senyawa tersebut, *frass* ulat Hongkong diketahui

mengandung bakteri Actinomycetes yang mampu menghasilkan hormon auksin berupa IAA (Indole Acetic Acid) hingga 309 µg/ml. IAA berperan penting sebagai pengatur pertumbuhan tanaman, khususnya dalam merangsang pembentukan akar, meluruhkan jaringan pelindung, dan mengatur arah pertumbuhan. Produksi IAA yang tinggi oleh Actinomycetes dalam frass ini menjadikannya sumber hayati potensial untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Verardi dkk., 2025).

Penelitian Efiyati dkk. (2015) menyebutkan bahwa pemberian pupuk organik cair dari kotoran ulat hongkong dengan konsentrasi 25%, 50%, 75% dan kontrol tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah helai daun, panjang akar, bobot basah, dan bobot kering kacang panjang. Sebaliknya, pemberian POC dengan konsentrasi 100% berbeda nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan. Konsentrasi yang paling optimal untuk pertumbuhan kacang panjang adalah 25%.

Penelitian yang dilakukan oleh Beesigamukama *et al.* (2022) membandingkan *frass* dari beberapa jenis serangga spesies yaitu *Hermetia illucens*, *Gryllus bimaculatus*, *Scapsidesus icipe*, *Bombyx mori*, *Gonimbrasia krucki*, *Tenebrio molitor*, *Schistocera gregaria*, *Pachnoda sinuate*, dan *Oryctes rhinoceros*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *frass* dari *Tenebrio molitor* memiliki kandungan magnesium (Mg) dan fosfor (P) tertinggi dibandingkan spesies lainnya. Kandungan nitrogen (N) pada *frass Tenebrio molitor* juga menduduki posisi kedua setelah *frass* dari *Hermetia illucens*. Komposisi hara dalam *frass Tenebrio molitor* meliputi total karbon organik 50%, nitrogen 2,5%, kalium 2%, fosfor 1,8%, magnesium 0,6% dan sulfur 0,3%. Kandungan nutrisi ini mampu melepaskan unsur hara dalam jumlah

yang cukup ketika diaplikasikan ke dalam tanah, sehingga berpotensi tinggi untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman. Poveda *et al.* (2019) dalam penelitiannya juga menyatakan bahwa tanaman yang diberi perlakuan pupuk kotoran *Tenebrio molitor* dapat meningkatkan kandungan klorofil, berat segar dan lebar bagian dasar batang tanaman lobak, dibandingkan dengan tanaman kontrol.

Nogalska *et al.* (2023) menjelaskan bahwa sifat pemupukan *frass* dipengaruhi oleh jenis makanan yang dikonsumsi serangga. *Frass* yang mengandung banyak nitrogen dalam bentuk amonium biasanya dihasilkan dari serangga yang diberi makan tanaman dengan kandungan nitrogen yang tinggi. Secara umum *frass* kaya akan nutrisi penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), dengan rasio karbon (C) terhadap nitrogen yang rendah. Kemampuan *frass* untuk menyediakan nitrogen menjadi salah satu alasan utama potensinya sebagai pupuk (Zunzunegui *et al.*, 2024). Selain menyediakan makronutrien, *frass* juga diketahui dapat meningkatkan biomassa mikroba di tanah sekaligus menambah biomolekul dan mikroba yang mendukung pertumbuhan tanaman (Watson *et al.*, 2021). Hal ini dapat berupa stimulasi pertumbuhan secara langsung atau membantu tanaman mengatasi stress biotik dan abiotik (Poveda, 2021). Salah satu contohnya adalah kandungan kitin dalam *frass* dari *Hermetia illucens* yang terbukti mampu mengaktifkan mekanisme pertahanan tanaman terhadap penyakit layu *Fusarium* (Quilliam *et al.*, 2020).

2.3 Effective Microorganisms 4 (EM4)

Pembuatan pupuk organik cair melibatkan proses fermentasi, yaitu penguraian bahan organik yang terjadi dalam kondisi tertentu dengan bantuan mikroorganisme fermentatif yang disebut bioaktivator. Proses ini terjadi berkat

aktivitas mikroorganisme yang memicu perubahan pada sifat senyawa organik. Mikroorganisme ini berperan penting dalam mempercepat fermentasi. Salah satu bioaktivator yang umum digunakan dalam pembuatan pupuk organik cair adalah *Effective Microorganisms 4* (EM4) (Agustin dkk., 2023). EM4 adalah campuran mikroorganisme bermanfaat yang terdiri dari sekitar 80 jenis mikroorganisme fermentasi. Mikroorganisme tersebut dipilih karena kemampuannya secara efektif memfermentasi bahan organik. Dari berbagai mikroorganisme yang ada dalam EM4, lima kelompok utama di antaranya adalah bakteri *fotosintetik*, *Lactobacillus* sp., *Streptomices* sp., ragi (*yeast*), dan *Actinomicetes* (Wiguna dkk., 2024).

EM4 merupakan larutan cair berwarna kecokelatan dengan aroma segar yang biasanya digunakan untuk membuat pupuk organik, kompos, dan bokashi (Jamaluddin, 2020). Penggunaan EM4 dapat meningkatkan kualitas pupuk organik dengan menyediakan nutrisi yang diperlukan bagi tanaman serta memperbaiki struktur tanah, sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman dengan optimal (Meriatna dkk., 2019). Selain itu, EM4 juga efektif dalam menghambat perkembangan hama dan penyakit, meningkatkan keragaman mikroorganisme tanah, serta mempercepat penguraian bahan organik untuk memaksimalkan penyerapan unsur hara oleh akar tanaman (Hadisuwito, 2012).

2.4 Pupuk Anorganik (AB Mix)

Pupuk anorganik, juga dikenal sebagai pupuk kimia merupakan pupuk yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dan umumnya mengandung mineral atau unsur hara tertentu (Nurmiyati dkk., 2021). Pupuk anorganik yang biasa digunakan dalam budidaya hidroponik yaitu pupuk AB Mix (Pohan & Oktoyournal, 2019). AB Mix merupakan larutan yang berisi unsur hara makro dan mikro yang dimasukkan ke

dalam media tanam untuk menyediakan nutrisi yang dibutuhkan tanaman agar tumbuh dengan baik (Gustaman, 2022). Siregar (2018) menyebutkan bahwa penggunaan AB mix dalam percobaan dapat meningkatkan produksi dan kualitas tanaman, karena AB Mix mengandung unsur hara yang lengkap. Larutan A terdiri dari unsur N, K, Ca, dan Fe, sedangkan larutan B terdiri dari unsur P, Mg, S, B, Mn, Cu, Na, dan Zn (Laksono & Sugiono, 2019).

Melfia (2023) menjelaskan bahwa cara penggunaan larutan AB Mix dilakukan dengan mencampurkan 5 ml larutan stok A dan 5 ml larutan stok B ke dalam 1 liter air, lalu diaduk hingga merata. Larutan yang telah diencerkan ini dapat digunakan sebagai nutrisi tanaman hidroponik. Suarsana dkk (2019) juga menyebutkan bahwa larutan stok A dan larutan stok B tidak boleh dicampur dalam kondisi pekat tanpa pengenceran. Hal ini disebabkan oleh reaksi antara kation kalsium (Ca) dari stok A dengan anion sulfat (SO_4^{2-}) dari stok B akan menghasilkan endapan kalsium sulfat (CaSO_4). Akibatnya unsur Ca dan S tidak dapat diserap oleh akar. Selain itu, jika kation kalsium (Ca) dari stok A bereaksi dengan anion fosfat (PO_4^{3-}) dari stok B, endapan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) dapat terbentuk. Akibatnya, unsur Ca dan P tidak dapat diserap oleh akar.

Menurut Ramaidani dkk. (2021), pertumbuhan tanaman dalam sistem hidroponik didukung oleh nutrisi AB Mix yang kaya akan unsur hara makro. Unsur hara makro umumnya berperan dalam aspek struktural, seperti mendorong pertumbuhan tanaman, membantu sintesis asam amino dan protein, merangsang pertumbuhan akar dan biji, memicu pembelahan sel, memperkuat batang, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit. Sementara itu, unsur

hara mikro berfungsi secara fungsional, terutama dalam proses biokimia seperti pembentukan enzim dan vitamin.

Namun, penggunaan pupuk anorganik berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif. Menurut Ullah (2023) pupuk anorganik dapat berdampak pada pencemaran lingkungan. Selain itu, pupuk anorganik juga berpotensi membahayakan kesehatan manusia apabila residu bahan kimia tertinggal dalam sayuran dan ikut dikonsumsi (Purbosari dkk., 2021). Sisa bahan kimia (residu) dapat menyebabkan gangguan pada fungsi sistem saraf pusat, sistem pernapasan, dan pencernaan. Selain itu, dapat menimbulkan, insomnia, depresi, dan peningkatan refleks yang berlebihan (hiperrefleksia). Konsumsi makanan yang ditanam dengan penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dapat menimbulkan efek negatif bagi kesehatan hewan maupun manusia. Dampaknya antara lain adalah gangguan pada sistem saraf pusat, potensi karsinogenik (pemicu kanker), penurunan kadar vitamin C dan karoten pada sayuran, serta peningkatan risiko kanker pada manusia (Baweja dkk., 2020).

Penelitian oleh Salsabila dkk (2023) menyebutkan bahwa pemberian AB Mix dengan konsentrasi 10 ml L^{-1} air dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman selada. Pertumbuhan tersebut meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun. Penelitian yang dilakukan oleh Hayati dkk. (2024) juga menyebutkan bahwa perlakuan konsentrasi AB Mix 7 ml L^{-1} air merupakan perlakuan terbaik bagi pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda yaitu meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, panjang akar dan bobot basah tanaman.

2.5 Deskripsi Botani Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.)

2.5.1 Klasifikasi Selada (*Lactuca sativa* L.)

Klasifikasi Selada (*Lactuca sativa* L.) menurut Cahyono (2019) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Asterales
Famili	: Asteraceae
Genus	: <i>Lactuca</i>
Spesies	: <i>Lactuca sativa</i> L.

2.5.2 Morfologi Selada (*Lactuca sativa* L.)

Selada merupakan jenis sayuran daun yang termasuk dalam kelompok tanaman semusim. Tanaman ini memiliki tinggi yang relatif rendah, yaitu sekitar 20 hingga 40 cm, tergantung pada tipe dan varietasnya. Daunnya berukuran besar dengan bentuk bulat memanjang, memiliki tepi yang bergerigi atau keriting, serta berwarna hijau tua atau hijau terang. Secara umum, ukuran daun selada berkisar antara 20 cm – 25 cm untuk panjangnya dan lebarnya dapat mencapai 15 cm atau lebih. Tekstur daunnya lembut dan renyah saat dikonsumsi. Daun selada memiliki tangkai yang lebar dan halus, dengan tulang daun menyirip (Cahyono, 2019).

Batang selada tergolong pendek dan berbuku-buku, menjadi tempat tumbuhnya daun-daun. Sistem perakarannya terdiri dari akar tunggang dengan cabang-cabang akar yang menyebar ke berbagai arah hingga kedalaman antara 25 hingga 50 cm. Selain itu, selada menghasilkan bunga berwarna kuning yang

tersusun rapat dalam rangkaian, dengan tangkai bunga yang dapat tumbuh hingga setinggi 90 cm (Sastradihardja, 2021).



Gambar 2.2 Selada (*Lactuca sativa* L.) (Ayu dkk., 2023)

2.5.3 Syarat Tumbuh Selada (*Lactuca sativa* L.)

Selada merupakan tanaman yang mampu tumbuh baik di wilayah dataran rendah maupun dataran tinggi atau pegunungan (Lian, 2023). Tanaman ini memerlukan lingkungan dengan suhu ideal antara 15–25 °C, tingkat kelembapan udara sekitar 81–90%, dan berada pada ketinggian 500 hingga 2000 meter di atas permukaan laut. Pertumbuhan optimal biasanya terjadi pada akhir musim hujan, meskipun tanaman masih bisa tumbuh saat musim kemarau asalkan kebutuhan air tetap tercukupi. Selada cenderung menyukai lingkungan yang sejuk dan memiliki pasokan air yang memadai. Pada daerah dataran rendah, tantangan yang sering dihadapi adalah paparan sinar matahari yang terlalu intens, yang dapat menghambat pertumbuhan jika suhu menjadi terlalu tinggi (Wijaya & Fajriani, 2022).

Tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan tanaman berumur pendek atau semusim yang umumnya tumbuh di iklim sub-tropis, namun mampu beradaptasi dengan lingkungan tropis (Priyanda dkk., 2022). Menurut Sastradihardja (2021) selada memerlukan lokasi tanam yang terbuka dan pencahayaan matahari yang cukup tanpa banyak terhalang awan. Faktor-faktor

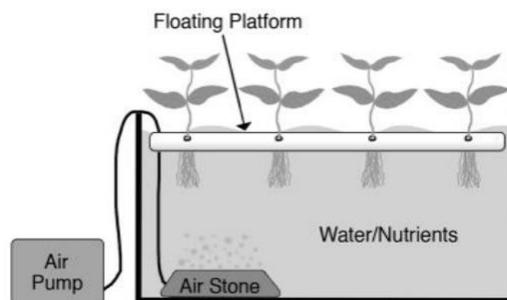
seperti tingkat naungan, jenis varietas, serta komposisi media tanam diketahui turut memengaruhi pertumbuhan dan hasil produksi tanaman ini.

2.5.4 Nilai Penting Selada (*Lactuca sativa* L.)

Selada termasuk dalam kelompok sayuran yang memiliki kandungan gizi cukup tinggi (Dewi dkk., 2023). Selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan sayuran yang termasuk dalam famili Asteraceae (Shi *et al.*, 2022). Tanaman ini memiliki kandungan gizi seperti serat dan vitamin C (Rio dkk., 2024). Direktorat Gizi Masyarakat (2017) melaporkan dalam 100 gram selada terkandung 18 kal energi, 94,8 g air, 2,9 g karbohidrat, 0,2 g lemak, 1,2 g protein, 1,8 g serat, 22 mg kalsium, 0,5 mg zat besi dan 8 mg vitamin C. Selain itu, selada memiliki berbagai manfaat yaitu mencegah panas dalam, memperlancar metabolisme tubuh, menjaga kesehatan rambut, mencegah kulit kering, dan membantu mengatasi gangguan tidur seperti insomnia (Rasjal dkk., 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Jo *et al.* (2021) menunjukkan bahwa ekstrak daun selada terbukti dapat memulihkan pola tidur yang terganggu. Hal ini diperkuat oleh Wesolowska dalam Ahn *et al.* (2023) yang menyebutkan bahwa selada mengandung quercetin-3-glukuronida (Q3G), yang bekerja pada reseptor asam aminobutirat gamma (GABA), untuk meningkatkan berbagai aktivitas fisiologis, termasuk obat penenang, meningkatkan kualitas tidur, dan efek anti kejang. Musa dkk (2022) juga menyebutkan bahwa selada dapat dimanfaatkan dalam pengobatan berbagai jenis penyakit seperti mengatasi sembelit, melancarkan sistem pencernaan, mencegah tekanan darah tinggi dan diabetes, serta membantu menurunkan kadar kolesterol dalam tubuh.

2.6 Hidroponik Sistem Rakit Apung



Gambar 2.3 Hidroponik Sistem Rakit Apung (Izzuddin, 2016)

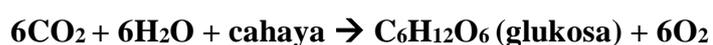
Hidroponik rakit apung adalah metode menanam tanaman secara hidroponik dengan cara membuat tanaman mengapung di media nutrisi menggunakan penyangga seperti *styrofoam* atau platform apung lainnya. Penyangga ini tidak harus terbuat dari *styrofoam*, yang terpenting adalah massa jenis penyangga harus lebih ringan daripada massa jenis media nutrisi agar tetap dapat mengapung meskipun tanaman tumbuh besar. Sistem rakit apung juga memerlukan pompa air dan batu aerator untuk menyediakan oksigen (Izzuddin, 2016). Prinsip dari hidroponik rakit apung adalah menanam tanaman dalam media air yang terapung di atas larutan hara (Pasaribu dkk., 2020).

Sistem hidroponik rakit apung memiliki kelebihan yaitu penggunaan pupuk dan air secara optimal, pemanfaatan ruang yang efisien, serta operasional yang mudah dan praktik (Rofiyana dkk., 2021). Keunggulan lainnya adalah tanaman selalu mendapatkan air dan nutrisi, sehingga memudahkan perawatan karena tidak perlu penyiraman (Rasyati dkk., 2018). Hal ini juga disebutkan dalam Tiljuir dkk., (2023) bahwa sistem rakit apung mempunyai keuntungan karena akar tanaman dapat menyerap nutrisi secara langsung dan konsisten dari larutan nutrisinya, tanpa memerlukan penyemprotan berkala. Hal ini membuat perawatan tanaman menjadi

lebih mudah. Dalam sistem rakit apung, nutrisi menggenang dalam bak tanam dan merendam akar tanaman. Agar kebutuhan oksigen pada akar terpenuhi, ditambahkan air stone yang menghasilkan gelembung udara. Menurut Dharmayanti dkk. (2021) oksigen dapat disalurkan ke dalam larutan dengan pompa gelembung seperti yang digunakan pada akuarium untuk menyuplai oksigen di sekitar perakaran tanaman.

2.7 Laju Fotosintesis

Fotosintesis berasal dari bahasa Yunani, yaitu dari kata *foto* yang berarti cahaya dan *synthesis* yang berarti penggabungan merupakan proses biokimia di mana tumbuhan yang mengandung klorofil membentuk zat makanan seperti karbohidrat (Wiraatmaja, 2017). Fotosintesis memperoleh energi utamanya dari cahaya matahari. Daun menyerap energi ini dalam jumlah kecil yakni sekitar 1-5% dan selebihnya dilepaskan melalui proses transpirasi atau dipantulkan keluar (Yustiningsih, 2019). Tumbuhan menghasilkan makanan melalui fotosintesis dengan menggunakan karbon dioksida dan air, yang kemudian diubah menjadi gula dan oksigen. Proses ini membutuhkan energi yang berasal dari cahaya matahari. Adapun reaksi kimia yang terjadi dalam fotosintesis dapat dilihat di bawah ini (Suyatman, 2021):



Reaksi fotosintesis di atas menunjukkan bahwa proses ini secara garis besar melibatkan pengambilan karbondioksida (CO_2) dari udara dan air (H_2O), yang dengan bantuan energi cahaya matahari dan klorofil, diubah menjadi glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dan oksigen (O_2). Proses fotosintesis sangat bergantung pada cahaya sebagai sumber energi utama, di mana energi matahari dikonversi menjadi energi

kimia melalui bantuan pigmen hijau daun yang disebut klorofil (Nasution dkk., 2025). Klorofil ini memiliki kemampuan untuk menangkap cahaya matahari yang merupakan radiasi elektromagnetik pada spektrum kasat mata (Handoko & Fajariyanti, 2013).

Klorofil adalah pigmen utama yang berada dalam kloroplas (Song & Banyo, 2011). Kadar klorofil dalam daun memiliki hubungan positif dengan laju fotosintesis, di mana semakin tinggi kandungan klorofil, maka semakin besar kemampuan tanaman untuk berfotosintesis (Khafid dkk., 2021). Dalam proses ini, klorofil a dan b memiliki peran masing-masing. Klorofil b bertindak sebagai antena fotosintetik yang menangkap cahaya dan menyalurkannya ke pusat reaksi yang tersusun atas klorofil a (Dharmadewi, 2020). Pada pusat reaksi inilah energi cahaya diubah menjadi energi kimia yang kemudian digunakan untuk reaksi reduksi dalam fotosintesis.

Menurut Taria *et al.* (2022) kadar klorofil pada tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan unsur nitrogen (N). Nitrogen merupakan komponen utama dalam pembentukan klorofil yang penting untuk proses fotosintesis pada tanaman dan secara tidak langsung memengaruhi pertumbuhan dan hasil panen. Pemberian nitrogen yang tepat dan dalam jumlah optimal dapat berdampak signifikan terhadap berbagai aspek pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman dan jumlah anakan. Kandungan nitrogen dalam tanaman memiliki hubungan yang erat dengan laju fotosintesis, karena sebagian besar nitrogen yang diserap oleh tanaman digunakan untuk membentuk kloroplas. Pramasari dkk. (2016) menambahkan bahwa semakin tinggi nitrogen yang diberikan (hingga batas optimal), maka semakin besar jumlah klorofil yang terbentuk. Peningkatan kadar klorofil ini akan mempercepat

laju fotosintesis, yang pada akhirnya dapat mendorong pertumbuhan tanaman menjadi lebih cepat dan optimal.

Selain itu, Handoko & Fajariyanti (2013) menyebutkan bahwa faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis antara lain:

1. Konsentrasi karbondioksida

Laju fotosintesis meningkat seiring naiknya konsentrasi CO₂ hingga mencapai titik optimum sekitar 1% dan di atas kadar tersebut, fotosintesis cenderung stabil. Namun, jika CO₂ melebihi 1000–1200 μmol^{-1} , dapat terjadi penurunan laju fotosintesis akibat efek toksik dan penutupan stomata.

2. Intensitas Cahaya

Pada intensitas cahaya rendah, fotosintesis berlangsung lebih lambat dibanding respirasi. Namun, ketika melewati titik kompensasi yaitu tingkat cahaya minimum di mana fotosintesis dan respirasi seimbang, laju fotosintesis mulai meningkat. Jika intensitas cahaya terus ditambah, laju fotosintesis akan terus naik hingga mencapai titik jenuh, yaitu kondisi saat cahaya tidak lagi menambah kecepatan fotosintesis.

3. Suhu

Laju fotosintesis akan meningkat seiring naiknya suhu, mulai dari suhu minimum 5°C hingga mencapai suhu optimal sekitar 35°C. Namun, jika suhu melebihi 35°C, laju fotosintesis justru menurun. Hal ini karena suhu tinggi dapat merusak bagian dalam sel tumbuhan (protoplasma), baik secara sementara maupun permanen. Semakin tinggi suhu di atas batas tersebut, penurunan laju fotosintesis akan terjadi lebih cepat.

Intensitas cahaya matahari berperan penting dalam proses fotosintesis secara langsung, dan juga dapat memengaruhi morfologi tanaman secara tidak langsung. Saat tanaman menerima cahaya dengan intensitas rendah, perubahan yang terjadi lebih tampak pada aspek morfologinya. Produksi tanaman dapat meningkat apabila ukuran permukaan daun membesar atau jumlah daun dan anak daun bertambah, karena kondisi tersebut mendukung proses fotosintesis berjalan secara maksimal (Zannah dkk., 2023). Tika & Sudarti (2021) dalam penelitiannya menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman kunyit sangat tergantung pada intensitas cahaya yang optimal. Jika cahaya yang diterima kurang, daun akan menguning dan pertumbuhannya terganggu karena fotosintesis tidak berlangsung secara optimal.

2.8 Pengaruh Unsur Hara Makro dan Mikro terhadap Pertumbuhan Tanaman

Unsur hara esensial adalah unsur kimia yang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Suatu unsur dikatakan esensial apabila tanaman tidak dapat menyelesaikan siklus hidupnya tanpanya, fungsinya tidak dapat digantikan oleh unsur lain, dan unsur tersebut berperan langsung dalam proses metabolisme tanaman (Armita dkk., 2022). Berdasarkan tingkat kebutuhannya, unsur hara esensial dibagi menjadi tiga kelompok: (1) Unsur dasar, yang menyusun sekitar 96% dari total bahan kering tanaman dan umumnya tidak mengalami defisiensi, yaitu karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O); (2) Makronutrien, yaitu unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah relatif besar (lebih dari 0,01% dari berat kering tanaman), meliputi nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S); serta (3) Mikronutrien, yaitu unsur hara yang diperlukan dalam jumlah kecil (kurang dari 0,01% berat kering

tanaman), seperti besi (Fe), seng (Zn), boron (B), tembaga (Cu), mangan (Mn), molibdenum (Mo), dan klorin (Cl) (Inaya dkk., 2021).

Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) merupakan unsur hara makro utama yang sangat diperlukan dalam menunjang proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Wang *et al.*, 2021). Ketersediaan ketiga unsur ini dalam sistem budidaya tanaman menjadi faktor penting dalam mendorong peningkatan hasil produksi. Umumnya, jaringan tanaman mengandung sekitar 1,5% nitrogen, 0,2% fosfor, dan 1,0% kalium (Marschner, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa tanaman membutuhkan unsur hara tersebut dalam jumlah besar. Kekurangan salah satu dari unsur tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi tidak optimal dan berdampak pada penurunan hasil panen (Batubara dkk., 2024).

Menurut Purba dkk. (2021) unsur hara nitrogen (N) memiliki peran penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman. Salah satu fungsinya adalah membentuk asam amino yang menjadi bahan dasar penyusun protein, bila bergabung secara biologis dengan unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan sulfur (S). Protein ini kemudian menjalankan berbagai fungsi penting dalam tubuh tanaman, seperti sebagai struktur pendukung, pengangkut zat, pengatur aktivitas sel, respon terhadap rangsangan, pergerakan, perlindungan dari hama dan penyakit, serta sebagai katalis dalam reaksi kimia tertentu. Asam amino juga terlibat dalam pembentukan protoplasma dan pembelahan sel, yang sangat menentukan proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain itu, nitrogen berperan dalam seluruh aktivitas enzimatik karena enzim berasal dari protein, serta menjadi bagian penting dari klorofil, pigmen utama dalam proses fotosintesis.

Selain nitrogen, unsur hara makro lain seperti Fosfor (P) berperan penting dalam transfer energi di dalam sel tanaman serta mendorong pertumbuhan akar dan pembentukan bunga lebih awal. Selain itu, fosfor juga membantu memperkuat batang agar tidak mudah rebah dan meningkatkan penyerapan unsur hara pada fase awal pertumbuhan. Kalium (K) berfungsi dalam proses translokasi karbohidrat dari daun ke organ tanaman, yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan hasil (Ardiyani & Supriyanto, 2023).

Sementara itu, unsur hara mikro berfungsi secara fungsional, terutama dalam proses biokimia seperti pembentukan enzim dan vitamin (Ramaidani dkk., 2021). Unsur Besi (Fe) diperlukan dalam sintesis klorofil dan berperan dalam transfer hidrogen melalui senyawa seperti sitokinin. Mangan (Mn) turut berperan dalam sintesis klorofil, bertindak sebagai koenzim dan aktivator enzim-enzim respirasi, serta terlibat dalam metabolisme nitrogen dan fotosintesis, termasuk mengaktifkan enzim nitrat reduktase sehingga tanaman yang kekurangan Mn memerlukan nitrogen dalam bentuk NH_4^+ . Seng (Zn) juga merupakan mikronutrien esensial bagi tanaman dalam aktivitas enzimatik (Lasoma & Jamin, 2022).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis kuantitatif eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 taraf perlakuan, yaitu:

P0 = AB Mix 100%

P1 = POC 25% + AB Mix 75%

P2 = POC 50% + AB Mix 50%

P3 = POC 75% + AB Mix 25%

P4 = POC 100%

Untuk menentukan jumlah ulangan digunakan rumus $t(r - 1) \geq 15$. Dari hasil perhitungan, setiap perlakuan diulang sebanyak 4 ulangan sehingga total unit percobaan berjumlah 20 dengan denah sebagai berikut:

P3U2	P0U1	P2U1	P1U4	P4U4
P1U1	P2U4	P0U2	P4U2	P3U1
P2U2	P0U3	P1U2	P3U3	P4U3
P0U4	P2U3	P1U3	P4U4	P3U4

Gambar 3.1 Denah Percobaan

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Desa Jambearjo Kecamatan Tajinan Kabupaten Malang dengan ketinggian tempat 458 mdpl. Penelitian dilakukan pada bulan April-Mei 2025.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah variabel bebas meliputi nutrisi yaitu POC kotoran ulat Hongkong dan kombinasi AB mix. Variabel terikat yaitu pertumbuhan dan hasil selada (*Lactuca sativa* L.) meliputi jumlah

daun, kadar klorofil total, laju fotosintesis dan berat basah. Variabel kontrol meliputi cahaya, pH, air, benih sawi selada, waktu dan tempat.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan meliputi ember 20 liter dan penutupnya, karung, tali rafia, pengaduk, gelas ukur, kain saring, nampan semai, bak plastik, impraboard hidroponik, netpot, aerator, air stone, timbangan, gunting, tusuk gigi, alat tulis, dan kertas label, *SPAD chlorophyll meter*, dan *Plant Photosynthesis Meter*.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan meliputi kotoran ulat Hongkong, EM4, molase, AB mix, air, *rockwool*, dan benih selada (*Lactuca sativa* L.).

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Nutrisi

3.5.1.1 Pembuatan Pupuk Organik Cair

Proses pembuatan pupuk organik cair dari kotoran ulat Hongkong dilakukan dengan cara: a) disiapkan larutan campuran yang terdiri dari 0,25 liter EM4 dan 0,25 liter molase kemudian didiamkan selama enam jam, b) dimasukkan 5 kg kotoran ulat Hongkong ke dalam karung dan diikat rapat kemudian karung dimasukkan ke dalam ember berukuran 20 liter, c) dimasukkan 12,5 liter air kemudian mengaduknya secara merata, d) larutan berisi EM4 dan molase yang sudah disiapkan sebelumnya ditambahkan ke dalam ember, e) larutan pupuk ini kemudian diaduk selama 15 menit, ditutup, dan diletakkan di tempat yang teduh, jauh dari sinar matahari langsung. Setiap hari, larutan ini diaduk selama 15 menit selama proses fermentasi yang berlangsung selama 21 hari. Setelah fermentasi

selesai, pupuk disaring untuk memisahkan ampas dari cairan. Pupuk yang sudah matang ditandai dengan warna kuning kecoklatan dan bau khas kotoran ulat Hongkong. Pupuk siap digunakan untuk tanaman (Efiyati dkk., 2015).

3.5.1.2 Pembuatan Larutan AB mix

Pembuatan larutan nutrisi AB mix yaitu dengan mengencerkan nutrisi A dan nutrisi B dengan perbandingan 1:1. Setiap 1 liter air ditambahkan 5 ml larutan nutrisi A dan 5 ml larutan B kemudian diaduk secara merata.

3.5.2 Prosedur Penelitian Eksperimental

3.5.2.1 Pembuatan Instalasi Hidroponik

Instalasi hidroponik dirancang menggunakan bak plastik yang berfungsi sebagai wadah genangan larutan nutrisi. Setiap instalasi dilengkapi dengan impraboard netpot yang berisi 6 lubang dengan jarak antar lubang 10 cm. Selain itu, setiap instalasi juga dilengkapi dengan satu selang aerator dan air stone yang dihubungkan ke aerator untuk suplai oksigen.

3.5.2.2 Penyemaian Benih

Penyemaian dilakukan dengan menggunakan media *rockwool* berukuran 2,5 cm x 2,5 cm. *Rockwool* tersebut diletakkan di atas nampan semai dan dibasahi dengan air. Setelah itu, lubang kecil dibuat di tengah *rockwool* menggunakan tusuk gigi untuk menempatkan benih, dengan setiap lubang diisi satu benih. Nampan semai kemudian ditutup dan disimpan di tempat yang terhindar dari sinar matahari. Setelah 24 jam, benih yang mulai berkecambah dapat dipindahkan ke area yang terkena sinar matahari. Selama tahap ini, kelembaban media semai dijaga dengan penyiraman manual.

3.5.2.3 Penanaman

Selada yang telah memiliki 3-4 helai daun dipindahkan ke dalam netpot yang telah disiapkan sebelumnya. Kemudian diletakkan pada instalasi hidroponik yang telah diisi air dan diberi nutrisi sesuai perlakuan. Konsentrasi nutrisi disesuaikan dengan tingkat kepekatan nutrisi yang dibutuhkan selada yaitu 700 ppm pada minggu pertama, 900 ppm minggu kedua, 1.000 minggu ketiga dan 1.200 ppm pada minggu keempat (Miranti dkk., 2023).

3.5.2.4 Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan dilakukan dengan cara pengecekan larutan nutrisi. Pergantian nutrisi dilakukan ketika larutan berkurang setengah dari volume awal atau ketika warna nutrisi menjadi keruh (Rahmayanti dkk., 2022).

3.5.2.5 Pengamatan

Pengamatan dapat dilakukan pada saat pemanenan yaitu tanaman berumur 28 HST (Hari Setelah Tanam), parameter yang diukur meliputi:

1. Jumlah Daun (helai)

Dihitung daun yang telah terbuka sempurna.

2. Laju Fotosintesis

Diukur menggunakan alat *Plant Photosynthesis Meter*.

3. Kandungan Klorofil Total

Diukur menggunakan alat *SPAD chlorophyll meter*.

4. Berat Basah Tanaman (g)

Diukur menggunakan timbangan digital pada bagian akar sampai tajuk tanaman.

3.6 Analisis Data

Data dari penelitian eksperimental dianalisis menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan nilai signifikansi 5%. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji (*post hoc test*) menggunakan DMRT.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio Molitor*) dan AB Mix terhadap Pertumbuhan Selada (*Lactuca sativa* L.)

Perlakuan kombinasi pupuk organik cair kotoran ulat Hongkong dan AB Mix berpengaruh nyata pada seluruh parameter yaitu jumlah daun, kadar klorofil total dan laju fotosintesis. Perlakuan terbaik diperoleh pada P1 (25% POC + 75% AB Mix) yang menghasilkan nilai tertinggi pada semua parameter yaitu jumlah daun sebesar 8,6667, kadar klorofil total sebesar 17.4250, dan laju fotosintesis sebesar 8.4500. Sebaliknya, perlakuan terendah diperoleh pada P4 (100% POC). Pada perlakuan P4, seluruh parameter menunjukkan hasil yang paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya yaitu jumlah daun sebesar 5.6667, kadar klorofil total 9.7000, dan laju fotosintesis sebesar 2.2775. Hasil uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dapat dilihat pada tabel 4.1:

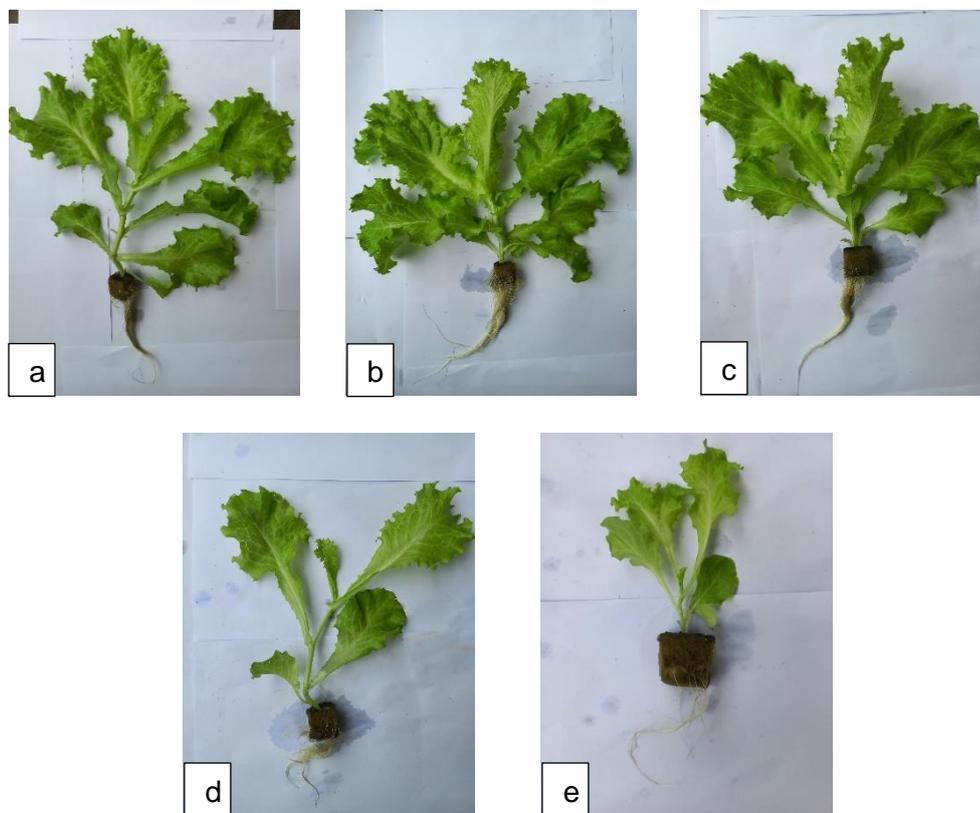
Tabel 4.1 Hasil uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) terhadap pertumbuhan

Perlakuan	Jumlah Daun	Kadar Klorofil Total	Laju Fotosintesis
P0(100% AB Mix)	8.333 ^c	12.9500 ^{bc}	6.4550
P1 (25% POC+75% AB Mix)	8.6667 ^c	17.4250 ^d	8.4500
P2 (50% POC+50% AB Mix)	6.6667 ^b	14.8500 ^{cd}	4.4000
P3 (75% POC+25% AB Mix)	6.1250 ^{ab}	11.4000 ^{ab}	4.5075
P4 (100% POC)	5.6667 ^a	9.7000 ^a	2.2775

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan nilai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata.

Berdasarkan data, perlakuan P1 (25% POC + 75% AB Mix) memberikan hasil terbaik pada seluruh parameter yang diamati, yaitu jumlah daun, kadar klorofil total, dan laju fotosintesis. Jumlah daun tertinggi diperoleh pada P1 (8.6667) dan tidak berbeda nyata dengan P0 (100% AB Mix) sebesar 8.333, namun keduanya berbeda nyata dengan perlakuan lain. Kadar klorofil total tertinggi juga ditunjukkan

oleh P1 sebesar 17.4250 dan berbeda nyata dengan semua perlakuan. Demikian pula, pada parameter laju fotosintesis dapat dilihat secara deskriptif bahwa terlihat adanya variasi nilai rata-rata antar perlakuan dan tertinggi terdapat pada P1 sebesar 8.4500. Sebaliknya, perlakuan P4 (100% POC) memberikan hasil terendah. Hasil pengamatan selada (*Lactuca sativa* L.) dapat dilihat sebagai berikut (Gambar 4.1):



Gambar 4.1 Hasil Pengamatan Selada (*Lactuca sativa* L.) (a). P0: 100% AB mix, (b). P1: 25% POC+75% AB Mix, (c). P2: 50% POC+50% AB Mix, (d). P3: 75% POC+25% AB Mix, (e). P4: 100% POC.

Perlakuan P1 dengan kombinasi 25% POC dan 75% AB Mix memberikan hasil terbaik pada parameter jumlah daun. Hal ini diduga karena kombinasi tersebut mampu memenuhi kebutuhan hara tanaman sehingga dapat mendukung pertumbuhan vegetatif secara optimal. Menurut Purnamasari dkk. (2023), pembentukan daun sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, terutama nitrogen, yang harus tersedia dalam jumlah cukup bagi tanaman. Faktor-faktor

seperti air, nutrisi, dan cahaya matahari juga berperan penting dalam meningkatkan jumlah daun, karena semuanya mendukung proses fotosintesis. Daun sendiri berfungsi sebagai organ utama untuk mensintesis makanan yang dibutuhkan oleh tanaman, baik untuk pertumbuhan langsung maupun sebagai cadangan energi. Selain itu, keberadaan unsur hara, khususnya nitrogen dalam jumlah tinggi pada fase vegetatif, mendorong peningkatan jumlah daun serta memperluas area permukaan daun yang aktif dalam fotosintesis (Urban *et al.*, 2021).

Sebaliknya perlakuan P4 (100% POC) menunjukkan hasil terendah pada jumlah daun. Hal ini diduga oleh kurangnya kandungan unsur nitrogen (N) dalam perlakuan tersebut. Menurut Sari dkk (2022) nitrogen berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Kekurangan nitrogen dapat menyebabkan tanaman tumbuh kerdil serta menghambat pembentukan klorofil dan kloroplas, yang merupakan komponen penting dalam proses fotosintesis.

Pada parameter kadar klorofil total, pemberian perlakuan P1 memberikan kadar tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman yang mendapatkan pasokan nitrogen dalam jumlah memadai cenderung memiliki kadar klorofil yang lebih tinggi (Pernadi, 2020). Kandungan klorofil sendiri menjadi indikator penting dalam menentukan laju pertumbuhan dan potensi hasil tanaman, karena klorofil berperan langsung dalam penyerapan energi cahaya untuk mendukung reaksi-reaksi fotosintesis (Fatmawaty dkk., 2024). Yama & Kartiko (2020) menambahkan bahwa unsur nitrogen, magnesium, dan besi merupakan komponen utama dalam pembentukan klorofil. Kekurangan salah satu dari unsur tersebut dapat mengakibatkan gangguan berupa klorosis, yaitu gejala menguning pada daun akibat rendahnya kandungan klorofil. Soepriyanto dkk (2021) juga menekankan bahwa

nitrogen memiliki peran penting dalam proses pembentukan klorofil, yang berfungsi sebagai alat tumbuh karena kemampuannya dalam mensintesis karbohidrat sebagai sumber energi untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Perlakuan P4 menghasilkan kadar klorofil total paling rendah. Diduga hal ini disebabkan oleh kandungan unsur hara dalam larutan POC yang belum mencukupi kebutuhan fisiologis tanaman. Salsabila & Surur (2023) menyatakan bahwa rendahnya konsentrasi unsur hara dapat menghambat proses fisiologis tanaman, yang berdampak pada lambatnya pertumbuhan dan perkembangan. Nitrogen sendiri merupakan elemen esensial dalam pembentukan molekul klorofil, yang berperan sebagai komponen utama dalam proses fotosintesis. Hasil dari fotosintesis tersebut kemudian digunakan untuk mendukung pertumbuhan berbagai organ tanaman (Prमितasari dkk., 2016). Selain itu, menurut Dharmadewi (2020) ketebalan daun juga dapat memengaruhi kadar klorofil daun dengan morfologi tipis cenderung lebih mudah layu ketika dipetik, sehingga kandungan klorofil di dalamnya lebih cepat mengalami degradasi.

Pada parameter laju fotosintesis, perlakuan P1 memberikan hasil tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Peningkatan laju fotosintesis ini diduga berkaitan dengan kadar klorofil total. Pernyataan ini sejalan dengan pernyataan Khafid dkk (2021) bahwa kadar klorofil dalam daun memiliki hubungan positif dengan laju fotosintesis, di mana semakin tinggi kandungan klorofil, maka semakin besar kemampuan tanaman untuk berfotosintesis. Selain itu, pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa perlakuan P1 memiliki jumlah daun tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Tampinongkol (2021) menyebutkan bahwa jumlah daun merupakan indikator penting dalam, karena daun berperan sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis.

Oleh karena itu, semakin banyak jumlah daun yang dimiliki tanaman, maka pertumbuhannya cenderung berlangsung lebih optimal diakibatkan oleh fotosintesis yang lebih optimal. Priyangi dkk (2019) menambahkan bahwa peningkatan kadar klorofil dapat mendorong meningkatnya proses fotosintesis sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman termasuk daunnya. Miranti dkk (2023) menegaskan bahwa tanaman akan mempercepat pertumbuhan daun untuk mengoptimalkan penyerapan cahaya.

Laju fotosintesis pada setiap perlakuan menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Menurut Raden dalam Fatmawaty dkk (2024) faktor-faktor yang memengaruhi laju fotosintesis meliputi perbedaan konsentrasi CO₂ yang masuk dan keluar dari daun, suhu daun, jumlah stomata yang terbuka, serta intensitas cahaya yang dapat digunakan untuk fotosintesis. Nasution dkk (2025) menambahkan bahwa durasi penyinaran juga memengaruhi pembentukan klorofil, di mana semakin lama tanaman terkena cahaya, maka fotosintesis akan semakin meningkat. Laju fotosintesis yang tinggi akan menghasilkan lebih banyak karbohidrat. Namun demikian, Haryanti (2008) menyebutkan bahwa jika intensitas cahaya terlalu tinggi, bisa terjadi kerusakan klorofil akibat fotooksidasi. Sebaliknya, jika cahaya terlalu rendah, fotosintesis terhambat dan tanaman akan menggunakan lebih banyak cadangan makanan daripada yang disimpan. Selain itu, pada intensitas cahaya tinggi, kelembaban udara biasanya menurun, sehingga proses penguapan air (transpirasi) berlangsung lebih cepat.

4.2 Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio Molitor*) dan AB Mix terhadap Hasil Selada (*Lactuca sativa* L.)

Hasil uji lanjut DMRT (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa Perlakuan P1 merupakan perlakuan dengan nilai berat basah tertinggi yaitu 39,7500 g, yang berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya dan diikuti perlakuan P0 sebagai kontrol dengan nilai 30,000 g. Sementara itu, perlakuan P3 dan P4 masing-masing menghasilkan berat basah sebesar 15,2500 g dan 13,5000 g, yang tidak berbeda nyata satu sama lain, namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Tabel 4.2 Hasil uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) terhadap hasil berat basah

Perlakuan	Berat Basah
	28 HST
P0 (100% AB Mix)	30.000 ^c
P1 (25% POC+75% AB Mix)	39.7500 ^e
P2 (50% POC+50% AB Mix)	22.2500 ^b
P3 (75% POC+25% AB Mix)	15.2500 ^a
P4 (100% POC)	13.5000 ^a

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan nilai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata.

Perlakuan P1 yaitu kombinasi 25% POC dan 75% AB Mix menghasilkan berat basah tertinggi. Hal Ini menunjukkan bahwa nutrisi yang diberikan mampu memenuhi kebutuhan tanaman secara optimal. Sebagaimana dijelaskan oleh Marginingsih dkk. (2018), pengurangan dosis AB Mix yang digantikan oleh POC mampu menyediakan nutrisi yang merangsang proses metabolisme tanaman. Penambahan POC dalam jumlah yang tepat dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara penting sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman, baik dari segi tinggi, jumlah, maupun lebar daun, yang semuanya berkontribusi terhadap peningkatan berat basah. Putri dkk (2023) menambahkan bahwa berat basah tanaman berkaitan erat dengan kandungan air, yang mencerminkan hasil fotosintat dan akumulasi biomassa berupa protein, karbohidrat, dan lipid. Tanaman dengan

biomassa tinggi umumnya memiliki aktivitas metabolisme yang optimal, sedangkan biomassa yang rendah dapat menjadi indikator terganggunya proses metabolisme.

Perlakuan P4 dengan pemberian 100% POC menghasilkan berat basah terendah dibandingkan perlakuan lainnya, yaitu sebesar 13,500 g. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan POC secara penuh belum mampu mencukupi kebutuhan nutrisi tanaman secara optimal. Menurut Murnita & Taher (2021), pupuk organik sebaiknya digunakan sebagai pelengkap, bukan pengganti pupuk anorganik, karena fungsinya lebih untuk mendukung kelengkapan unsur hara. Nadila dkk (2021) juga menyatakan bahwa hasil produksi tanaman yang maksimal tidak dapat dicapai dengan pupuk organik saja, karena meskipun mengandung unsur hara yang lengkap, kandungannya tidak setara dengan pupuk anorganik dalam hal konsentrasi dan ketersediaannya. Selain itu, Nurjanaty dkk (2019) menekankan bahwa ketersediaan air dan unsur hara sangat penting dalam proses fotosintesis, sehingga kekurangan nutrisi dapat berdampak langsung pada rendahnya biomassa tanaman. Jayantie dkk. (2017) menambahkan bahwa berat segar tanaman dipengaruhi oleh jumlah bahan organik yang masuk, karena bahan organik berperan dalam pembentukan fotosintat. Selain itu, kadar air yang diserap oleh tanaman juga memengaruhi berat segarnya semakin tinggi penyerapan air, maka berat segar tanaman pun akan meningkat.

4.3 Kajian Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Allah SWT menurunkan wahyu-Nya secara bertahap kepada Nabi Muhammad SAW sebagai petunjuk hidup bagi umat manusia dalam seluruh aspek kehidupannya, termasuk dalam hal pengelolaan alam dan pengembangan ilmu

pengetahuan. Dalam ajaran Islam, manusia diberi peran sebagai khalifah di muka bumi yaitu memikul tanggung jawab besar dalam menjalankan tugas berupa tiga kategori utama, yaitu hubungan dengan Allah (*Hablu Min Allah*), dengan sesama (*Hablu Min an-Nas*) dan dengan Alam (*Hablu min al-Alam*) (Hasibuan dkk., 2024). Ketiga hubungan ini menjadi prinsip dasar dalam mengkaji hasil penelitian dari sudut pandang islam.

Pertama, dari aspek *Hablu Min Allah*, penelitian ini mencerminkan peran manusia sebagai khalifah di bumi yang bertanggung jawab dalam mengelola sumber daya alam secara bijak dan produktif. Pemanfaatan limbah organik berupa kotoran ulat Hongkong menjadi pupuk organik cair (POC) merupakan bentuk ikhtiar dalam menggali potensi ciptaan Allah demi kemaslahatan. Hal ini sesuai dengan firman Allah dalam QS. Al-Mulk [67] : 15, sebagai berikut:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ ذُلُولًا فَامْشُوا فِي مَنَاكِبِهَا وَكُلُوا مِن رِّزْقِهِ وَإِلَيْهِ النُّشُورُ ﴿١٥﴾

Artinya: “Dialah yang menjadikan bumi untuk kamu dalam keadaan mudah dimanfaatkan. Maka, jelajahilah segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezeki-Nya. Hanya kepada-Nya kamu (kembali setelah) dibangkitkan.” (QS. Al-Mulk [67] : 15).

Menurut Shihab (2002) dalam tafsir Al-Mishbah, ayat di atas ditegaskan-Nya kuasa-Nya sekaligus *luthf* yakni *kemahalemahlembutan*-Nya dalam pengaturan makhluk termasuk manusia, agar mereka mensyukuri nikmat-Nya. Allah menyebutkan bahwa Dialah sendiri yang menjadikan buat kenyamanan hidup kamu bumi yang kamu huni sehingga ia menjadi mudah sekali untuk melakukan aktivitas baik berjalan, bertani, berniaga dan lain-lain, maka silahkan kapan saja kamu mau berjalan di atas penjuru-penjurnya bahkan pegunungan-pegunungannya dan makanlah sebagian rezeki-Nya karena tidak mungkin kamu dapat menghabiskan

karena rezeki-nya melimpah melebihi kebutuhan kamu, dan mengabdikan kepada-Nya sebagai tanda syukur atas limpahan karunia-Nya.

Selanjutnya, terkait dengan *Hablu Min an-Nas*, hasil penelitian ini memiliki dampak positif yang besar. Sistem hidroponik rakit apung yang digunakan dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi pangan, terutama di daerah perkotaan yang memiliki lahan terbatas. Dengan sistem ini, siapa saja bisa menanam selada sendiri di rumah secara mandiri dan berkelanjutan. Hal ini tentunya mendukung tersedianya makanan sehat bagi masyarakat dan dapat membuka peluang usaha baru. Manfaat ini sangat sejalan dengan ajaran Islam untuk saling membantu dalam kebaikan. Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Maidah [5] : 2, sebagai berikut:

.....وَتَعَاوَنُوا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَىٰ وَلَا تَعَاوَنُوا عَلَى الْإِثْمِ وَالْعُدْوَانِ وَاتَّقُوا اللَّهَ إِنَّ اللَّهَ

شَدِيدُ الْعِقَابِ ﴿٢﴾

Artinya:”Tolong-menolonglah kamu dalam (mengerjakan) kebajikan dan takwa, dan jangan tolong-menolong dalam berbuat dosa dan permusuhan. Bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah sangat berat siksaan-Nya.” (QS. Al-Maidah [5] : 2).

Al-Qurthubi (2009) menyebutkan bahwa maksud ayat *وَتَعَاوَنُوا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَىٰ* yaitu perintah untuk saling menolong dalam mengerjakan kebajikan dan takawa ini merupakan perintah bagi seluruh manusia. Yakni, hendaklah sebagian kalian menolong sebagian yang lain. Berusahalah untuk mengerjakan apa yang Allah perintahkan dan mengaplikasikannya. Jauhilah apa yang Allah larang dan hindarilah. Az-Zuhaili (2013) juga menjelaskan bawa ayat tersebut menunjukkan kewajiban bekerja sama, saling menolong, saling membahu, dan bersinergi dalam menjalankan kebaikan dan ketakwaan serta menjauhi apa yang dilarang oleh Allah SWT.

Selain itu, perlu ditinjau dari aspek *Hablu min al-Alam*. Islam mengajarkan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan. Penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan POC dari kotoran ulat Hongkong dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan membantu mengurangi pencemaran lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini mencerminkan pelaksanaan ajaran Islam dalam merawat dan menjaga bumi sebagai amanah dari Allah SWT dalam QS. Al-A'raf [7] : 56, sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya: “Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik.” (QS. Al-A'raf [7] : 56).

Asy-Syaukani (2012) menyebutkan bahwa makna firman-Nya *وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ* yaitu Allah SWT melarang mereka membuat kerusakan di muka bumi dengan cara apapun, baik sedikit maupun banyak. Bentuk kerusakan tersebut di antaranya adalah membunuh manusia, menghancurkan rumah-rumah mereka, menebangi pepohonan dan mencemari sungai-sungai mereka. Di antara bentuk kerusakan bumi adalah kuruf terhadap Allah dan melakukan kemaksiatan terhadap-Nya.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah terdapat pengaruh kombinasi POC kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap pertumbuhan dan hasil selada (*Latuca sativa* L.) dalam hidroponik sistem rakit apung. Kombinasi 25% POC dengan 75% AB Mix (P1) merupakan perlakuan terbaik pada semua parameter yang diukur berupa jumlah daun, kadar klorofil total, laju fotosintesis dan berat basah tanaman.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kombinasi 25% POC dan 75% AB Mix dapat diterapkan oleh petani hidroponik untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik.
2. Perlu penelitian lebih lanjut dengan konsentrasi kombinasi POC kotoran ulat Hongkong dan AB Mix yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, I. A., Pawestriningtyas, H. K., Lestari, L. W., Al Aziz, S., Rahmat, F., & Gafur, A. (2023). Penyuluhan pembuatan pupuk organik cair (poc) dari limbah sayur di dusun jatisari, desa ngajum, kabupaten malang. *JRCE (Journal of Research on Community Engagement)*, 4(2), 102–107.
- Ahn, Y., Lee, H. H., Kim, B.-H., Park, S. J., Kim, Y. S., Suh, H. J., & Jo, K. (2023). Heukharang lettuce (*Lactuca sativa* L.) leaf extract displays sleep-promoting effects through GABAA receptor. *Journal of Ethnopharmacology*, 314, 116602.
- Al-Qurthubi, I. (2009). *Tafsir Al-Qurthubi*. (Pustaka Azzam, Ed.). Jakarta.
- Alfin, A., & Rezi, M. (2019). Komersialisasi Pupuk Kandang Dalam Prespektif Hukum Islam. *Jurnal Mahkamah: Kajian Ilmu Hukum Dan Hukum Islam*, 4(2), 267–290.
- Ardiyani, K., & Supriyanto, E. A. (2023). Pengaruh macam nutrisi terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas kedelai yang dikembangkan secara wick system pada lahan terdampak rob: Kata kunci: hidroponik, nutrisi, kedelai, varietas, wick sistem. *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian*, 25(1).
- Armita, D., Wahdaniyah, W., Hafsan, H., & Al Amanah, H. (2022). Diagnosis visual masalah unsur hara esensial pada berbagai jenis tanaman. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 16(1), 139–150.
- Asy-Syaukani, I. (2012). *Tafsir Fathul Qadir*. Jakarta: Pusaka Azzam.
- Ayu, G., Ika, P., Rusmita, Y., Suada, K., Gede, I., & Wirawan, P. (2023). Pengaruh Beberapa Jenis Lampu terhadap Hasil Tanaman Selada Keriting Hijau (*Lactuca sativa* L.) pada Plant Factory. *Agrotrop : Journal on Agriculture Science*, 13(3), 2088–155.
- Az-Zuhaili, W. (2013). *Tafsir Munir*. Jakarta: Gema Insani.
- Batubara, S. F., Ulina, E. S., Chairuman, N., Tobing, J. M. L., Aryati, V., Manurung, E. D., Parhusip, D. (2024). Evaluasi Status Hara Makro Nitrogen, Fosfor dan Kalium di Lahan Sawah Irigasi Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Agrikultura*, 35(1), 59–70.
- Baweja, P., Kumar, S., & Kumar, G. (2020). Fertilizers and pesticides: Their impact on soil health and environment. *Soil health*, 265–285.
- Beesigamukama, D., Subramanian, S., & Tanga, C. M. (2022). Nutrient quality and maturity status of frass fertilizer from nine edible insects. *Scientific Reports*, 12(1), 1–13.
- Cahyani, W., & Purbajanti, E. D. (2019). Pertumbuhan dan produksi sawi (*brassica juncea* l.) Dengan dosis substitusi pupuk organik cair urin sapi pada hidroponik rakit apung.
- Cahyono, B. (2019). *Teknik Budi Daya Dan Analisis Usaha Tani Selada*. Semarang: Aneka Ilmu.
- Dewi, A., Lubis, N., & Sitepu, S. M. B. (2023). Budidaya Selada Organik Ramah Lingkungan. *Penerbit Tahta Media*.
- Dharmadewi, A. A. I. M. (2020). Analisis kandungan klorofil pada beberapa jenis sayuran hijau sebagai alternatif bahan dasar food suplement. *Emasains: Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 9(2), 171–176.
- Dharmayanti, N. K. S. A., Sumiyati, S., & Yulianti, N. L. (2021). Pengaruh pemberian aerasi terhadap pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik rakit apung (Floating Raft Hydroponic System).

- Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 10(1), 121.
- Dwisvimiari, I., & Kusumaningsih, R. (2023). Pembuatan pupuk organik cair (poc). *Jurnal Ilmiah Pengabdian dan Inovasi*, 1(4), 679–690.
- Efiyati, S. dkk. (2015). Pengaruh pupuk organik cair kotoran ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) terhadap pertumbuhan dan pembentukan bintil akar tanaman kacang panjang (*Vigna sesquipedalis* L. Fruiwth). *Jurnal Biologi dan Sains*.
- Fatmawaty, A. A., Nurmayulis, N. N., Susiyanti, S. S., & Sodiq, A. H. (2024). Pengaruh intensitas cahaya terhadap jumlah klorofil dan laju fotosintesis pada berbagai usia bibit kelapa sawit (*Elaeis Guinensis* Jacq). *Jurnal Agroekoteknologi*, 16(2), 88–98.
- Fau, Y. T. V. (2020). Perbedaan pertumbuhan tanaman sawi sendok (pokcoy) pada media tanam hidroponik dan media tanam tanah di desa hilinamozaua. *Jurnal Education and Development*, 8(3), 267–274.
- Fikriyah, K., Laili, S., Biologi, J., Malang, U. I., Hongkong, F. U., & Mentimun, T. (2024). Aplikasi variasi pupuk organik padat limbah frass ulat hongkong dan biochar tongkol jagung terhadap produktivitas mentimun cu 699 application of variations of solid organic fertilizer from mealworm frass waste and corn cob biochar on the productivity of c, 2, 137–147.
- Fitri, I., Rohma, I. N., & Maulidah, N. (2021). Optimasi pupuk organik padat dan cair berbahan dasar limbah rumah tangga. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, hal. 450–458).
- Gultom, F., & Harianto, S. (2022). Lunturnya sektor pertanian di perkotaan. *Jurnal Analisa Sosiologi*, 11(1), 49–72.
- Gustaman, D. (2022). Pengaruh nutrisi ab mix terhadap pertumbuhan tanaman sawi pakcoy (*Brassica Rapa* L) dalam sistem hidroponik. *Fakultas Pertanian*, 1(1), 30–35.
- Hadisuwito, S. (2012). *Membuat Pupuk Organik Cair*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Hamawi, M., Akhiriana, E., & Marwatun, S. (2024). Pengaruh pupuk organik cair (poc) bekatul terhadap pertumbuhan selada (*Lactuca sativa* L.) yang dibudidayakan secara hidroponik. *Agroteknika*, 7(2), 275–286.
- Hamzah, Amir & Siswanto, bambang. (2023). *Pupuk Organik (Tinjauan Teori dan Praktek)*. Malang: Forind.
- Handoko, P., & Fajariyanti, Y. (2013). Pengaruh spektrum cahaya tampak terhadap laju fotosintesis tanaman air *Hydrilla verticillata*. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* (Vol. 10, hal. 300–308).
- Hanif, I., Apriantini, A., & Endrawati, Y. C. (2023). Nutritional contents and bioactive compounds of mealworm (*Tenebrio molitor*) as edible insect. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 11(3), 153–162.
- Hartatik, W., Husnain, H., & Widowati, L. R. (2015). Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2), 140352.
- Haryanti, S. (2008). Respon pertumbuhan jumlah dan luas daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth) pada tingkat naungan yang berbeda. *Anatomi Fisiologi*, 16(2), 20–26.
- Hasibuan, U. S., Utami, P. I., Novia, S., Surahman, C., & Sumarna, E. (2024). Konsep khalifah dalam QS. Al-baqarah/2: 30 dan implikasinya terhadap

- tujuan pendidikan islam di era society 5.0. *Journal Of Qur'an And Hadith Studies*, 13(2), 272–285.
- Hayati, M., Muris, S. A., & Nurhayati, N. (2024). Efektifitas pupuk organik cair bio sugih dan nutrisi ab mix terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.) secara floating hydroponic system. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(1).
- Herlina, R., Putri, R., Purbajanti, E. D., Fuskhah, E., Diponegoro, U., Agroekoteknologi, D. J., Banyumanik, K. (2024). Pengaruh substitusi pupuk organik cair dan media tanam terhadap pertumbuhan dan produksi kangkung (*ipomoea reptans*) pendahuluan tanaman kangkung (*Ipomoea reptans* L .), 23(2), 195–202.
- Hermansyah, D., Patiung, M., & Wisnujati, N. S. (2021). Analisis trend dan prediksi produksi dan konsumsi komoditas sayuran sawi (*Brassica Juncea* L) di indonesia tahun 2020 s/d 2029. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis*, 21(2).
- Inaya, N., Armita, D., & Hafsan, H. (2021). Identifikasi masalah nutrisi berbagai jenis tanaman di desa palajau kabupaten jenepono. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 1(3), 94–102.
- Izzany, N. A., Radinka, S., Ramadhan, N. Z. T., Nauli, G., Vergina, C. M., & Ketaren, D. Y. B. (2023). Peran mahasiswa dalam menjaga dan membudidayakan tanaman hidroponik di Jurusan PKK. *Indonesian Journal of Conservation*, 12(1), 24–32.
- Izzuddin, A. (2016). Wirausaha santri berbasis budidaya tanaman hidroponik. *Jurnal Pengabdian Masyarakat/DIMAS*, 12(2), 351–366.
- Jamaluddin. (2020). *Pembuatan Pupuk Organik Guano Kelelawar*. Sukabumi: Jejak.
- Jo, K., Kim, S., Ahn, Y., & Suh, H. J. (2021). Effects of green lettuce leaf extract on sleep disturbance control in oxidative stress-induced invertebrate and vertebrate models. *Antioxidants*, 10(6), 970.
- Kementerian Pertanian. (2019). Persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah. *Pub. L. No. 261/ KPTS/ SR. 310//M/4/2019 (2019)*. Jakarta. Diambil dari <http://psp.pertanian.go.id/index.php/page/publikasi/418>
- Khafid, A., Nurchayati, Y., & Suedy, S. W. A. (2021). Kandungan klorofil dan karotenoid daun salam (*Syzigium polyanthum* (Wight) Walp.) pada umur yang berbeda. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 6(1), 74–80.
- Konsiriphinyo, T., & Julsirikul, D. (2024). Plant growth promoting activities of actinomycetes isolated from mealworm frass and superworm frass. *Life Sciences and Environment Journal*, 25(1), 41–56.
- Kurniati, N., Efrita, E., & Mutmainnah, E. (2024). Pengembalian investasi pada usahatani selada hidroponik dengan metode deep flow technique (dft) dan nutrient film technique (NFT), (105).
- Laili, M., & Munjin, F. (2022). Variasi konsentrasi pupuk organik cair (poc) urine kelinci dan frekuensi pemberiannya terhadap pertumbuhan dan produksi padi (*Oryza Sativa*). *Agrosasepa-Jurnal Fakultas Pertanian*, 1(1), 8–15.
- Laksono, R. A., & Sugiono, D. (2019). Optimasi pupuk npk majemuk, pupuk daun dan poc urin sapi pada hidroponik sistem wick terhadap produksi tanaman kubis bunga (*Brasicca oleracea* L. Var. *Botrytis* Sub. Var. *Cauliflora* DC) kultivar PM 126 F1. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 7(1), 24–33.

- Lasoma, P., & Jamin, F. S. (2022). Kajian kandungan unsur hara mikro Fe, Mn dan Zn pada berbagai kantong lumpur di bendungan lomaya dan alopohu. *Jurnal Lahan Pertanian Tropis (JLPT)*, 1(2), 1–4.
- Lian, A. (2023). Efektivitas pemberian air cucian beras terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Oryza-Jurnal Agribisnis dan Pertanian Berkelanjutan*, 8(2), 1–10.
- Mahendra, M., Mayly, S., & Mufriah, D. (2023). Respon pertumbuhan dan produksi terung ungu (*Solanum melongena* L.) varietas Reza pada beberapa jenis pupuk organik padat. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 11(1), 49–53.
- Manambantua, A. P., & Matana, L. T. D. A. N. Y. R. (2018). The Response of Dwarf Coconut Seedling Growth on the Different Dose of Organic Fertilizer. *Buletin Palma Volume*, 19(1), 47–56.
- Marginingsih, R. S., Nugroho, A. S., & Dzakiy, M. A. (2018). Pengaruh substitusi pupuk organik cair pada nutrisi AB mix terhadap pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.) pada hidroponik drip irrigation system. *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 5(1), 44–51.
- Marschner, H. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- Melfia, Y. (2023). *Hidroponik Skala Rumah Tangga*. Jakarta Timur: PT Bumi Aksara.
- Meriatna, M., Suryati, S., & Fahri, A. (2019). Pengaruh waktu fermentasi dan volume bio aktivator EM4 (effective microorganism) pada pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah buah-buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(1), 13–29.
- Miranti, P. A., Budi, S., & Nurjani, N. (2023). Pengaruh Kombinasi Ab Mix Dan Poc Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Selada Secara Hidroponik Wick System. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(3), 337.
- Murnita, M., & Taher, Y. A. (2021). Dampak pupuk organik dan anorganik terhadap perubahan sifat kimia tanah dan produksi tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *Menara Ilmu: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah*, 15(2).
- Musa, N., Pembengo, W., Nurdin, N., & Adri Akis, N. O. (2022). Pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) dengan interval pemberian air dan pupuk majemuk di tilote, kabupaten gorontalo. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 5(1), 1–8.
- Nadila, A., Shamdas, G. B. N., Alibasyah, L. M. P., & Masrianih, M. (2021). Pengaruh dosis pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) dan pemanfaatannya sebagai media pembelajaran. *Journal of Biology Science and Education*, 9(2), 814–819.
- Nasution, M. A., Susanty, R. R., Limbong, F., Harahap, F., Silitonga, M., & Edi, S. (2025). Pengaruh Cahaya dan NaHCO₃ terhadap Laju Reaksi Fotosintesis pada *Hydrilla verticillata*. *JURNAL BIOSHELL*, 14(1), 17–24.
- Nazara, R. V., Hanum, C., Hasanah, Y., Telaumbanua, P. H., Telaumbanua, B. V., & Laoli, D. (2023). Analisis karakteristik fisiologis terhadap konsentrasi ab mix pada tanaman tomat cherry. *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 21(1), 12–21.
- Nogalska, A., Przemieniecki, S. W., Krzebietke, S. J., Załuski, D., Kosewska, A., Skwierawska, M., & Sienkiewicz, S. (2023). The effect of mealworm frass on

- the chemical and microbiological properties of horticultural peat in an incubation experiment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1).
- Novia, Y., Ezward, C., & Seprido, S. (2023). Pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L) pada berbagai konsentrasi nutrisi ab mix dengan sistem hidroponik nutrient film technique (nft). *Green swarnadwipa: Jurnal Pengembangan Ilmu Pertanian*, 12(2), 342–349.
- Nurjanaty, N., Linda, R., & Mukarlina, M. (2019). Pengaruh cekaman air dan pemberian pupuk daun terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Protobiont*, 8(3).
- Nurjasmu, R. (2021). Potensi pengembangan pertanian perkotaan oleh lanjut usia untuk mendukung ketahanan pangan. *Jurnal Ilmiah Respati*, 12(1), 11–28.
- Nurmiyati, N., Yolanda, H. C., Harissa, M., Herlita, F., Handayanti, V., & Khalima, I. (2021). Penyuluhan pertanian dan pembuatan kompos menggunakan sisa limbah sayuran di desa kalibening, kecamatan dukun, kabupaten magelang. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* (Vol. 18, hal. 115–122).
- Nyanzira, A., Machona, O., Matongorere, M., Chidzwondo, F., & Mangoyi, R. (2023). Analysis of frass excreted by tenebrio molitor for use as fertilizer. *Entomology and Applied Science Letters*, 10(1–2023), 29–37.
- Palaniveloo, K., Amran, M. A., Norhashim, N. A., Mohamad-Fauzi, N., Peng-Hui, F., Hui-Wen, L., Jing-Yi, L. (2020). Food waste composting and microbial community structure profiling. *Processes*, 8(6), 723.
- Pangestika, P. (2017). Pengaruh pupuk organik cair dan kompos pada tanaman kailan (*Brassica oleraceae* var. *Alboglabra*). Universitas Brawijaya.
- Pasaribu, P. O., Indrayanti, R., Asharo, R. K., Priambodo, R., Rizkawati, V., & Irnidayanti, Y. (2020). Pelatihan budidaya pakcoy dengan sistem hidroponik rakit apung sebagai upaya memanfaatkan pekarangan sempit di rawamangun, jakarta timur. In *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 1, hal. SNPPM2020ST-108).
- Permatasari, D. K., Syamsuhaidi, S., Erwan, E., Wiryawan, W., Sumiati, S., & Rozy, T. (2020). Pembimbingan usaha beternak unggas dan pengolahan limbah peternakan unggas pada masyarakat di desa wakan kecamatan jerowaru lombok timur. *Jurnal Gema Ngabdi*, 2(2), 178–185.
- Pernadi, D. (2020). Deteksi kadar nitrogen dan klorofil citra daun menggunakan ruang warna hsi. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 25(1), 41–49.
- Pohan, S. A., & Oktojournal, O. (2019). Pengaruh konsentrasi nutrisi ab mix terhadap pertumbuhan caisim secara hidroponik (drip system). *Lumbung*, 18(1), 20–32.
- Poveda, J., Jiménez-Gómez, A., Saati-Santamaría, Z., Usategui-Martín, R., Rivas, R., & García-Fraile, P. (2019). Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. *Applied Soil Ecology*, 142(March), 110–122.
- Poveda, Jorge. (2021). Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(1), 5.
- Pramitasari, H. E., Wardiyati, T., & Nawawi, M. (2016). Pengaruh dosis pupuk nitrogen dan tingkat kepadatan tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan (*Brassica oleraceae* L.). Brawijaya University.

- Priambodo, S. R., Susila, K. D., & Soniari, N. N. (2019). Pengaruh pupuk hayati dan pupuk anorganik terhadap beberapa sifat kimia tanah serta hasil tanaman bayam cabut (*Amaranthus Tricolor*) di tanah inceptisol Desa Pedungan. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika (Journal of Tropical Agroecotechnology)*, 8(1), 149–160.
- Priyanda, G., Rita, H., & Eva, O. (2022). Respon pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) terhadap jenis media tanam dan jenis nutrisi dengan sistem hidroponik. *Jurnal Riset Dan Inovasi Pendidikan Sains (Jrips)*, 1(2), 135–154.
- Priyangi, R. W., Nugroho, R. A., & Sari, Y. P. (2019). Pengaruh rasio pupuk organik cair limbah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan pupuk inorganik komersial terhadap pertumbuhan sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) Secara hidroponik rakit apung. *Bioprosppek*, 14(1), 11–22.
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, P., Junaedi, A. S., Gunawan, B., Junairiah, J., Arsi, A. (2021). *Tanah dan nutrisi tanaman*. Yayasan Kita Menulis.
- Purbosari, P. P., Sasongko, H., Salamah, Z., & Utami, N. P. (2021). Peningkatan kesadaran lingkungan dan kesehatan masyarakat desa somongari melalui edukasi dampak pupuk dan pestisida anorganik. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 7(2), 131–137.
- Putri, F. S., Fevria, R., M. D., & Putri, I. L. E. (2023). The effect of nano technology liquid organic fertilizer on the growth of red spinach (*Amaranthus tricolor* L.) Cultivated hydroponic. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 491–497.
- Quilliam, R. S., Nuku-Adeku, C., Maquart, P., Little, D., Newton, R., & Murray, F. (2020). Integrating insect frass biofertilisers into sustainable peri-urban agro-food systems. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(3), 315–322.
- Rahmawati, T. I., & Asriany, A. (2020). Kandungan kalium dan rasio c/n pupuk organik cair (poc) berbahan daun-daunan dan urine kambing dengan penambahan bioaktivator ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*). *Buletin Nutrisi dan Makanan Ternak*, 14(2).
- Rahmayanti, F. D., Susilastuti, D., & Tardiyanto. (2022). Respon pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) Terhadap kombinasi takaran nutrisi ab mix sistem hidroponik rakit apung. *Prosiding Seminar Nasional Universitas Borobudur*, 1(1), 180–188.
- Ramaidani, R., Mardina, V., & Al Faraby, M. (2021). Pengaruh nutrisi ab mix terhadap pertumbuhan sawi pakcoy dan selada hijau dengan sistem hidroponik. *BIO-EDU: Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(3), 300–310.
- Rasjal, R., Haris, A., & Boceng, A. (2022). Respon tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) terhadap berbagai macam pupuk organik yang ditanam pada dua periode tanam. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*, 3(3), 102–113.
- Rasyati, D., Daningsih, E., & Marlina, R. (2018). Pengembangan media praktikum hidroponik rakit apung dan rasio nutrisi yang berbeda untuk pertumbuhan selada. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK)*, 7(12), 1–13.
- Rehatta, H., Lawalata, I. J., & Hiwy, A. (2023). Pengaruh pemberian konsentrasi nutrisi ab mix dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau (*brassica rapa*) dengan sistem hidroponik substrat the effect of concentration of ab mix nutrition and plant media on plant growth and results. *Agrologia*.

- Rio Siahaan, F., Tindaon, F., Yudianto Pasaribu, A., Sri Pujiastuti, E., & Tabah Trina Sumihar Program Studi Agroekoteknologi, S. (2024). Pengaruh kombinasi pupuk organik cair dan ab mix terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) pada sumbu. *Journal of Agricultural Sciences (AJAS)*, 1(1), 17–29.
- Rofiyana, A., Laksono, R. A., & Syah, B. (2021). Pertumbuhan dan hasil baby kailan (*Brassica oleraceae* var. *Acephala*) kultivar new veg gin dengan waktu aktivasi aerator dan perbedaan nilai ec pada sistem hidroponik rakit apung (floating raft). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7(8), 289–299.
- Safe'i, R., Banuwa, I. S., Yuwono, S. B., Winarno, G. D., Dewi, B. S., Riniarti, M., Qohar, I. A. (2022). Pelatihan produksi pupuk organik menggunakan gulma untuk masyarakat desa penyangga rawa bunder. *Repong Damar: Jurnal Pengabdian Kehutanan dan Lingkungan*, 1(2), 104–114.
- Salsabila, M. F., & Surur, A. (2023). Determination of chlorophyll levels of water kale plants (*Ipomoea aquatica* forssk) experiencing nutrient deficiencies. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 186–191.
- Salsabila, S., Hayati, M., & Rahmawati, M. (2023). Pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa* L.) Akibat konsentrasi nutrisi ab mix dan pupuk organik cair pada sistem hidroponik. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 26(2).
- Sari, R., Abdullah, A., & Suriyanti, S. (2022). Pengaruh jenis media tanam dan formulasi hara terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica rapa* L.) Yang ditanam secara hidroponik wick system. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*, 3(3), 52–61.
- Sastradihardja, S. (2021). *Praktis Bertanam Selada Dan Andewi Secara Organik*. Bandung: Angkasa CV.
- Shi, M., Gu, J., Wu, H., Rauf, A., Emran, T. Bin, Khan, Z., Al-Awthan, Y. S. (2022). Phytochemicals, nutrition, metabolism, bioavailability, and health benefits in lettuce—A comprehensive review. *Antioxidants*, 11(6), 1158.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta.
- Siahaan, A. M., Memah, M. Y., & Maweikere, A. J. M. (2022). Analisis Pendapatan Usahatani Sayuran Hidroponik S2r Farming Di Desa Warukapas Kecamatan Tatelu Kabupaten Minahasa Utara. *Agri-Sosioekonomi*, 18(3), 683–690.
- Sianturi, P. L. L., Saragih, M. K., & Sihotang, E. (2022). Pertumbuhan dan produksi tanaman terong (*Solanum melongena* L.) Pada pemberian pupuk organik cair dan pupuk organik padat. *Jurnal Methodagro*, 8(1), 85–89.
- Sidiq, W. A. B. N., Nugraha, S. B., & Hartanto, D. (2021). Peningkatan produktivitas budidaya dan diversifikasi limbah ternak ulat hongkong di semarang. *Panrita Abdi-Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 5(2), 168–175.
- Siregar, M. (2018). Respon Pemberian Nutrisi Abmix pada Sistem Tanam Hidroponik Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*). *Jasa Padi*, 2(02), 18–24.
- Sitanggang, Y., Sitinjak, E. M., Mey, V., Marbun, D., Gideon, S., Sitorus, F., & Hikmawan, O. (2022). Pembuatan pupuk organik cair (poc) berbahan baku limbah sayuran/ buah di lingkungan kelurahan namo gajah kecamatan medan tuntungan, medan. *Jurnal Pengabdian Ilmiah dan Teknologi*, 1, 17–33.
- Soepriyanto, S., Sulistyawati, S., & Purnamasari, R. T. (2021). Pengaruh pemberian berbagai jenis pupuk nitrogen terhadap jumlah klorofil daun kacang tanah

- (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*, 5(1), 23–31.
- Song, A. N., & Banyo, Y. (2011). Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Jurnal ilmiah sains*, 166–173.
- Suarsana, M., Parmila, I. P., & Gunawan, K. A. (2019). Pengaruh konsentrasi nutrisi ab Mix terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan hidroponik sistem sumbu (wick system). *Agro Bali: Agricultural Journal*, 2(2), 98–105.
- Susana, Jumini, & Hayati, M. (2022). Pengaruh dosis pupuk npk dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman wortel (*Daucus carota* L.). *Jurnal Floratek*, 17(1), 9–18.
- Sutanto, T. (2015). *Rahasia Sukses Budidaya Tanaman dengan Metode Hidroponik*. Depok: Bibit Publisher.
- Suwitra, I. K., Amalia, A. F., Firdaus, J., Dalapati, A., & Fadhilah, N. (2021). Study of ABMix nutrition concentration and water concentration in hydroponics with Deep Film Technique (DFT) system in Central Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(4).
- Suyatman, S. (2021). Menyelidiki Energi Pada Fotosintesis Tumbuhan. *Inkuiri: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 125–131.
- Suyatno, S., Misdi, M., Hanum, U. L., & Taba, H. T. (2023). Pembuatan pupuk organik padat dan cair dari limbah pasar youtefa serta strategi pemasarannya di kelurahan wai mhorock abepura. *Jurnal abdimas dinamis: jurnal pengabdian kepada masyarakat*, 4(1), 30–35.
- Tampinongkol, C. L. (2021). Ketersediaan unsur hara sebagai indikator pertumbuhan tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Agri-sosioekonomi*, 17(2 MDK), 711–718.
- Taria, S., Arora, A., Alam, B., Kumar, S., Yadav, A., Kumar, S., Meena, S. (2022). Introduction to plant nitrogen metabolism: an overview. *Advances in Plant Nitrogen Metabolism*, 1–18.
- Tika, Y. Y., & Sudarti, S. (2021). Pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan tanaman kunyit. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 2(2), 52–57.
- Tiljuir, J. N. D., Gafur, M. A. A., & Rosalina, F. (2023). Pengaruh perbedaan dosis nutrisi ab mix sistem hidroponik rakit apung terhadap pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca Sativa* L.). *Agriva Journal (Journal of Agriculture and Sylva)*, 1(1), 26–33.
- Ullah, H. (2023). Natural and processed organic fertilizer. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 49(4), 40852–40857.
- Verardi, A., Sangiorgio, P., Della Mura, B., Moliterni, S., Spagnoletta, A., Dimatteo, S., Palazzo, S. (2025). *Tenebrio molitor* frass: a cutting-edge biofertilizer for sustainable agriculture and advanced adsorbent precursor for environmental remediation. *Agronomy*, 15(3), 758.
- Wang, Y., Chen, Y., & Wu, W. (2021). Potassium and phosphorus transport and signaling in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 63(1), 34–52.
- Warintan, S. E., Purwaningsih, P., & Tethool, A. (2021). Pupuk organik cair berbahan dasar limbah ternak untuk tanaman sayuran. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(6), 1465–1471.
- Watson, C., Schlösser, C., Vögerl, J., & Wichern, F. (2021). Excellent excrement? Frass impacts on a soil's microbial community, processes and metal

- bioavailability. *Applied Soil Ecology*, 168, 104110.
- Wibowo, S. (2021). Aplikasi sistem aquaponik dengan hidroponik dft pada budidaya tanaman selada (*Lactuca Sativa L.*). *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 8(2), 125–133.
- Widowati, L. R., Hartatik, W., Setyorini, D., & Yani Trisnawati. (2021). Pupuk organik dibuatnya mudah, hasil tanam melimpah. *Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian*, 56.
- Wiguna, I. A., Patty, C. W., & Fredriksz, S. (2024). Kualitas fisik silase jerami padi dengan penambahan dosis em4 yang berbeda sebagai pakan ternak ruminansia. *Jurnal Agrosilvopasture-Tech*, 3(1), 127–133.
- Wijaya, A., & Fajriani, S. (2022). Pertumbuhan dan hasil selada (*lactuca sativa l.*) Pada metode hidroponik sistem sumbu dengan kerapatan naungan dan konsentrasi nutrisi yang berbeda. *Jurnal Produksi Tanaman*, 10(10), 541–549.
- Wijayanto, N., & Kardiyono, K. K. (2020). Pengaruh dosis pupuk organik cair tanaman kacang hijau (*Vigna radiata L.*) dan komposisi media tanam terhadap pertumbuhan bibit mindi (*Melia azedarach L.*). *Journal of Tropical Silviculture*, 11(3), 132–140.
- Wiratmaja, I. W. (2017). Bahan ajar fotosintesis. *Bali: Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Udayana*.
- Yama, D. I., & Kartiko, H. (2020). Pertumbuhan dan kandungan klorofil pakcoy (*Brassica rappa L*) pada beberapa konsentrasi AB Mix dengan sistem wick. *Jurnal Teknologi*, 12(1), 21–30.
- Yustiningsih, M. (2019). Intensitas cahaya dan efisiensi fotosintesis pada tanaman naungan dan tanaman terpapar cahaya langsung. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*, 4(2), 44–49.
- Zannah, H., Evie, R., Sudarti, S., & Trapsilo, P. (2023). Peran cahaya matahari dalam proses fotosintesis tumbuhan. *CERMIN: Jurnal Penelitian*, 7(1), 204–214.
- Zunzunegui, I., Martín-García, J., Santamaría, Ó., & Poveda, J. (2024). Analysis of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) frass as a resource for a sustainable agriculture in the current context of insect farming industry growth. *Journal of Cleaner Production*, 142608.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji POC Kotoran Ulat Hongkong



LABORAN HASIL ANALISA ORGANIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR UPT PENGEMBANGAN AGRIBISNIS TAWAMAN PANGAN DAN HORTIKULTURA
 Jl. Raya Dr.Cipde 17 Tegalrejo, 0341 428855, PO. BOX. 103 Benda, Kec. Lawang 65301 Westale, <http://poh.pertanian.jalimpov.go.id>

Penilik Sampel: Inesari/uhvhenstas
 Titipan Analisa: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

NO	Asal Combi	pH Lant		Bahan Organik		BO %	P205 (H2SO4+H2O2) %	K2O (H2SO4 + H2O2) %	KA
		H2O	KCL	% C	% N				
1	POC Kotoran Ulut Hongkong			15.69	2.16	7.26	26.99	2.13	2.02

KASI PRODUKSI
 SLAMET, SP
 Penata TK-I
 NIP. 19730917 200003 1 014



Sisaar/p, 28 Maret 2025
 ANALIS TANAH
 AMIRUDDIN, S.P.
 Penata Muda
 NIP. 19940925 202012 2 018

Lampiran 2. Rata-rata Pertumbuhan dan Hasil Selada

1. Jumlah Daun

Perlakuan	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
P0	4.6	6.4	7.7	8.3
P1	4.8	6.7	7.5	8.6
P2	4.5	6.3	6.5	6.6
P3	4.5	5.7	6	6.1
P4	4.3	4.3	5.5	5.6

2. Kadar Klorofil Total

Perlakuan	14 HST	21 HST	28 HST
P0	16.1	21.1	12.9
P1	15.6	14.4	17.4
P2	16.5	14.8	14.8
P3	10.7	13.1	11.4
P4	5.2	6.3	9.7

3. Laju Fotosintesis

Perlakuan	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
P0	1.87	2.67	5.04	6.45
P1	2.02	2.95	14.93	8.45
P2	1.22	2.82	4.32	4.4
P3	1.02	3.4	8.3	4.50
P4	0.97	3.38	5.81	2.27

4. Berat Basah Tanaman

Perlakuan	28 HST
P0	30
P1	39.7
P2	22.2
P3	15.2
P4	13.5

Lampiran 3. Hasil Uji ANOVA dan DMRT

Jumlah Daun

ANOVA

Jumlah_Daun

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28.672	4	7.168	27.897	.000
Within Groups	3.854	15	.257		
Total	32.526	19			

Jumlah_Daun

Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
100% POC	4	5.6667		
75% POC	4	6.1250	6.1250	
50% POC	4		6.6667	
100% AB Mix	4			8.3333
25% POC	4			8.6667
Sig.		.220	.152	.367

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Kadar Klorofil Total

ANOVA

Kadar Klorofil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	144.418	4	36.105	10.714	.000
Within Groups	50.548	15	3.370		
Total	194.966	19			

Kadar_Klorofil

Duncan^a

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
100% poc	4	9.7000			
75% poc	4	11.4000	11.4000		
100% ab mix	4		12.9500	12.9500	
50% poc	4			14.8500	14.8500
25% poc	4				17.4250
Sig.		.210	.251	.164	.066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Laju Fotosintesis**ANOVA**

Laj_Fotosintesis

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	87.186	4	21.796	2.076	.135
Within Groups	157.524	15	10.502		
Total	244.710	19			

Berat Basah**ANOVA**

Berat_Basah

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1895.300	4	473.825	31.003	.000
Within Groups	229.250	15	15.283		
Total	2124.550	19			

Berat_BasahDuncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
100% POC	4	13.5000			
75% POC	4	15.2500			
50% POC	4		22.2500		
100% AB Mix	4			30.0000	
25% POC	4				39.7500
Sig.		.536	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Lampiran 4. Dokumentasi Alat dan Bahan

			
Kotoran ulat Hongkong	EM4	Molase	Ember fermentasi pupuk
			
Pengaduk pupuk	Karung bekas	Air	Rockwool
			
Benih selada	Pupuk AB Mix	Gelas Ukur	Suntikan
			
Bak plastik	Impraboard hidroponik	Netpot	Aerator dan air stone
			
<i>SPAD chlorophyll meter</i>	<i>Plant Photosynthesis Meter</i>	TDS Meter	Timbangan digital

Lampiran 5. Dokumentasi Prosedur Penelitian

Kegiatan	Gambar
Penyemaian	
Hasil semaian	
Pemberian nutrisi	
Pengukuran larutan nutrisi	
Pindah tanam	

Pengukuran kadar klorofil total	
Pengukuran laju fotosintesis	
Pengamatan berat basah	

Lampiran 6. Dokumentasi Pengamatan Hasil Selada

Perlakuan	Gambar
P0 (100% AB Mix)	
P1 (25% POC + 75% AB Mix)	
P2 (50% POC + 50% AB Mix)	
P3 (75% POC + 25% AB Mix)	
P4 (100% POC)	

KEMENTERIAN AGAMA
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
 Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
 Website: http://www.uin-malang.ac.id Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

Pembimbing 1
 Pembimbing 2
 Skripsi/Tesis/Disertasi

: 210602110040
 : IFTINAN ANINDIA
 : SAINS DAN TEKNOLOGI
 : BIOLOGI
 : Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd
 : MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si
 : Estimasi Cadangan Karbon pada Pohon di Kawasan Kebun Raya Purwodadi

IDENTITAS BIMBINGAN

Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
02 Oktober 2024	Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd	Konsultasi Judul dan BAB I	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
12 November 2024	Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd	Konsultasi BAB I dan BAB III	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
03 Desember 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Konsultasi BAB I, II dan III	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
09 Desember 2024	Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd	Konsultasi BAB I, II dan III	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
11 Desember 2024	Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd	Proposal skripsi disetujui	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
11 Desember 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Proposal skripsi disetujui	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
23 Mei 2025	Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd	KONSULTASI DATA	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
28 Mei 2025	Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd	KONSULTASI BAB 4 DAN 5	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
28 Mei 2025	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	KONSULTASI INTEGRASI BAB 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
31 Mei 2025	Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd	REVISI BAB 4 DAN BAB 5	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
02 Juni 2025	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	REVISI INTEGRASI BAB 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
03 Juni 2025	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	INTEGRASI BAB 4 DISETUJUI	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
03 Juni 2025	Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd	BAB 4 DAN BAB 5 DISETUJUI	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
 Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si



Malang, _____
 Dosen Pembimbing 1

Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Iftinan Anindia
NIM : 210602110040
Judul : Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair (POC) Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam Hidroponik Sistem Rakit Apung

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	248	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19640118 200312 2 002

