

**PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR (POC) KOMBINASI KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN ABmix TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SAWI HIJAU (*Brassica juncea* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM SUBSTRAT**

SKRIPSI

**Oleh :
MEGA SEPTYANA PUTRI PRATAMA
NIM. 210602110133**



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

**PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR (POC) KOMBINASI KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN ABmix TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SAWI HIJAU (*Brassica juncea* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM SUBSTRAT**

SKRIPSI

**Oleh:
MEGA SEPTYANA PUTRI PRARAMA
NIM. 210602110133**

**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)**

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

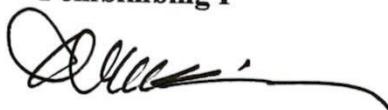
**PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR (POC) KOMBINASI KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN ABmix TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SAWI HIJAU (*Brassica juncea* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM SUBSTRAT**

SKRIPSI

**Oleh:
MEGA SEPTYANA PUTRI PRATAMA
NIM. 210602110133**

**telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal: 18 Juni 2025**

Pembimbing I



**Dr. H. Eko Budi Minarno, M.Pd
NIP. 19630114 199903 1 001**

Pembimbing II



**Didik Wahyudi, S.Si., M.Si
NIP. 198601022018011001**



**Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi,**



**Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002**

**PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR (POC) KOMBINASI KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN ABmix TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SAWI HIJAU (*Brassica juncea* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM SUBSTRAT**

SKRIPSI

**Oleh:
MEGA SEPTYANA PUTRI PRATAMA
NIM. 210602110133**

**Telah dipertahankan
Di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Ketua Penguji : Suyono, M. P.
NIP. 19710622 200312 1 002**


(.....)

**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 199903 1 001**


(.....)

**Anggota Penguji III : Didik Wahyudi, S.Si., M.Si
NIP. 198601022018011001**


(.....)



**Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi,**


**Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga perjalanan menimba ilmu di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dapat saya lalui dengan penuh kemudahan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada teladan umat, Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing kita menuju jalan kebenaran yang diridhoi oleh Allah SWT. Dengan segala kerendahan hati, karya sederhana yang masih jauh dari kesempurnaan ini saya persembahkan kepada insan-insan luar biasa yang Allah hadirkan dalam kehidupan saya:

1. Kepada kedua orang tua Ayahanda Kurnianto dan Ibunda tercinta ibu Ngatmiatin, Tiada kata yang dapat menggambarkan betapa besar pengorbanan kalian untuk pendidikan penulis. Tiada harta yang dapat membalas setiap tetes keringat dan air mata yang kalian curahkan demi kesuksesan penulis. Karya ini kupersembahkan sebagai wujud bakti penulis, meski tak akan pernah sebanding dengan segala yang telah kalian berikan. Terima kasih telah menjadi orang tua terbaik yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan percaya pada kemampuan penulis. Terima kasih atas cinta yang tulus, pengorbanan yang tak terhingga, dan kesabaran dalam membimbing penulis hingga saat ini. Keberhasilan penulis adalah keberhasilan kalian juga. Semoga karya ini menjadi salah satu pengobat lelah dan bukti bahwa perjuangan kalian tidak sia-sia. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat, kesehatan, keberkahan, dan kebahagiaan untuk Ayahanda dan Ibunda tercinta. Semoga umur panjang yang berkah selalu menyertai langkah kalian, dan semoga Allah membalas setiap kebaikan kalian dengan kebaikan yang berlipat ganda di dunia dan akhirat.
2. Kepada kakek terbaik kakek Bakri, penulis persembahkan karya ini dengan penuh kasih kepada kakek, sosok bijaksana yang telah menanamkan nilai-nilai kehidupan yang tak ternilai. Doamu yang tulus selalu menjadi kekuatan tak terlihat yang mendorong penulis untuk terus melangkah maju. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan kasih sayang-Nya kepadamu, Kek. Terima kasih telah menjadi inspirasi dan teladan dalam hidup penulis.
3. Kepada Bapak Dr. H. Eko Budi Minarno M.Pd., selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan dedikasi. Terima kasih atas segala ilmu, arahan, kritik membangun, dan motivasi yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Bimbingan bapak telah memperkaya pengetahuan saya dalam bidang keilmuan ini. Ketulusan Bapak dalam membagi ilmu dan pengalaman akan selalu saya kenang dan terapkan dalam perjalanan akademik maupun profesional ke depan. Semoga Allah SWT membalas kebaikan Bapak dengan kebaikan yang berlipat ganda dan menjadikan ilmu yang Bapak ajarkan sebagai amal jariyah yang pahalanya tidak pernah terputus.
4. Kepada Bapak Didik Wahyudi S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing Agama yang telah membimbing tidak hanya dalam aspek akademis, tetapi juga dalam penguatan nilai-nilai keislaman. Terima kasih atas bimbingan spiritual yang mengingatkan bahwa ilmu pengetahuan dan keimanan

adalah dua hal yang tidak terpisahkan. Nasihat dan kajian keagamaan yang Bapak sampaikan telah memperkuat fondasi keimanan saya dan mengingatkan bahwa setiap ilmu yang diperoleh merupakan amanah yang harus dipertanggungjawabkan kepada Allah SWT. Pandangan-pandangan Bapak telah membantu penulis memahami integrasi ilmu dan agama dengan lebih mendalam. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan dalam hidup Bapak dan menjadikan segala ilmu yang diajarkan sebagai pemberat timbangan kebaikan di akhirat kelak.

5. Kepada teman-teman terbaik penulis yaitu Septi, Mila, Marizcha, Nawal. Terima kasih telah memberi bantuan saat penulis membutuhkannya, yang senantiasa memberikan arahan, dukungan, serta motivasi.
6. Kepada teman-teman sesama penelitian POC yaitu Afida dan Anin. Terima kasih penulis ucapkan kepada kalian yang selalu memberikan semangat. Kebersamaan kita dalam menghadapi berbagai tantangan dan rintangan selama penelitian ini telah menjadi pengalaman yang tak ternilai. Semoga karya ini dapat menjadi inspirasi dan bermanfaat bagi kita semua, serta menjadi langkah awal untuk terus berkarya dan berkontribusi di bidang penelitian.
7. Kepada teman-teman seperjuangan Biologi 2021 khususnya Beta class yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
8. Dengan penuh rasa syukur, penulis persembahkan skripsi ini kepada seseorang yang bernama Deny Vianto Chahyo Mahendra, yang telah menjadi sumber inspirasi dan motivasi dalam setiap langkah perjalanan penulis. Terima kasih atas dukungan dan pengertiannya yang tiada henti. Kehadiranmu telah memberikan warna dan semangat yang luar biasa, terutama di saat-saat sulit. Penulis berharap karya ini dapat menjadi wujud rasa terima kasih atas segala hal yang telah kau lakukan. Semoga kita terus melangkah bersama menuju masa depan yang lebih cerah.

MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Mega Septyana Putri Pratama
NIM : 210602110133
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Kombinasi Kotoran
Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) Dan ABmix
Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Hijau (*Brassica
juncea L.*) Dalam Hidroponik Sistem Substrat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan 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 di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 4 Mei 2025
Yang Membuat Pernyataan



Mega Septyana Putri Pratama
NIM. 210602110133

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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

**PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR (POC) KOMBINASI KOTORAN
ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN ABmix TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL SAWI HIJAU (*Brassica juncea* L.)
DALAM HIDROPONIK SISTEM SUBSTRAT**

Mega Septyana Putri Pratama, Eko Budi Minarno, Didik Wahyudi

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

ABSTRAK

Sawi hijau (*Brassica juncea* L.) merupakan jenis sayuran yang penting untuk memenuhi kebutuhan pangan, gizi, dan produk lain bagi masyarakat. Namun, produktivitasnya masih rendah dan belum dapat memenuhi permintaan yang terus meningkat, ditambah dengan konversi lahan menjadi lahan nonpertanian. Oleh karena itu, metode budidaya konvensional tidak bisa diterapkan secara optimal. Untuk itu, diperlukan pendekatan non-konvensional dalam meningkatkan produksi tanaman, dengan sistem hidroponik. Pada sistem ini nutrisi yang digunakan Pupuk Organik Cair (POC) dari kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*). Kadar NPK yang ditemukan dalam kotoran ulat Hongkong adalah 2,01% nitrogen (N), 2,11% fosfor (P), dan 2,08% kalium (K), yang menunjukkan bahwa mineral yang terkandung dalam ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) diduga dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui pengaruh kombinasi POC kotoran ulat Hongkong dan AB mix terhadap pertumbuhan sawi hijau (*Brassica juncea* L.) dalam hidroponik sistem substrat. Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal, jenis nutrisi terdiri dari P0: AB Mix 100%, P1: AB mix 75 % + POC 25%, P2: AB mix 50 % + POC 50%, P3: AB mix 25 % + POC 75%, P4: POC 100%. Pada penelitian ini difokuskan pada pengaruh kombinasi POC ulat Hongkong dan AB mix terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau (*Brassica juncea* L.). Parameter pertumbuhan tanaman yang diamati antara lain: luas daun, jumlah daun, kadar klorofil, dan laju fotosintesis. Parameter hasil tanaman yang diamati yakni berat basah. Data pengamatan yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA) dengan bantuan SPSS. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi kedua jenis pupuk berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun, kadar klorofil, dan laju fotosintesis tanaman sawi hijau. Perlakuan terbaik ditemukan pada konsentrasi AB Mix 100% (P0) dan AB Mix 25% + POC 75% (P3), dengan keunggulan P0 pada parameter kadar klorofil dan P3 pada laju fotosintesis.

Kata kunci: Sawi hijau (*Brassica juncea* L.), Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*), Hidroponik Sistem Substrat

**EFFECT OF LIQUID ORGANIC FERTILIZER (POC) COMBINATION
OF MANURE HONGKONG CATERPILLAR (*Tenebrio molitor*) AND
ABmix AGAINST GROWTH AND YIELD OF MUSTARD GREENS
(*Brassica juncea* L.) IN HYDROPONIC SUBSTRATE SYSTEMS**

Mega Septyana Putri Pratama, Eko Budi Minarno, Didik Wahyudi

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

ABSTRACT

Mustard greens (*Brassica juncea* L.) are a type of vegetable that is important to meet the needs of food, nutrition, and other products for the community. However, productivity is still low and has not been able to meet the increasing demand, coupled with the conversion of land to non-agricultural land. Therefore, conventional cultivation methods cannot be applied optimally. For this reason, a non-conventional approach is needed to increase crop production, with a hydroponic system. In this system, the nutrients used are Liquid Organic Fertilizer (POC) from the excrement of the Hongkong Caterpillar (*Tenebrio molitor*). The NPK levels found in Hong Kong caterpillar feces were 2.01% nitrogen (N), 2.11% phosphorus (P), and 2.08% potassium (K), which suggests that the minerals contained in Hong Kong caterpillars (*Tenebrio molitor*) are thought to support plant growth. This study was focused on determining the effect of the combination of POC of Hong Kong caterpillar manure and AB mix on the growth of mustard greens (*Brassica juncea* L.) in hydroponic substrate systems. The study used the Complete Random Design (RAL) method with a single factor, the type of nutrition consisted of P0: AB Mix 100%, P1: AB mix 75% + POC 25%, P2: AB mix 50% + POC 50%, P3: AB mix 25% + POC 75%, P4: POC 100%. This study focused on the effect of the combination of POC of Hong Kong caterpillar and AB mix on the growth and yield of mustard greens (*Brassica juncea* L.). The observed plant growth parameters include: leaf area, number of leaves, chlorophyll content, and rate of photosynthesis. The parameters of the observed crop yield are wet weight. The observation data that has been obtained is then analyzed using variance analysis (ANAVA) with the help of SPSS. The results showed that the combination of the two types of fertilizers had a significant effect on the number of leaves, chlorophyll levels, and the rate of photosynthesis of mustard green plants. The best treatment was found at the concentration of AB Mix 100% (P0) and AB Mix 25% + POC 75% (P3), with the advantage of P0 in the chlorophyll level parameters and P3 in the rate of photosynthesis.

Keywords: Mustard greens (*Brassica juncea* L.), Liquid Organic Fertilizer Hongkong Caterpillar Manure (*Tenebrio molitor*), Hydroponic Substrate System

تأثير مزيج السماد العضوي السائل (POC) من السماد
تقرير هونغ كونغ (*Tenebrio molitor*) ومزيج AB ضد
(*Brassica juncea* L.) نمو وعائد الخردل الأخضر
في أنظمة الريزية المائية

ميغا سيدتيانا بوتري براتاما ، إيكو بودي مينارنو ، ديديك واهيودي

قسم علم الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

مختص البحث

الخردل الأخضر (*Brassica juncea* L.) هو نوع من الخضروات المهمة لتلبية احتياجات الغذاء والتغذية والمنتجات الأخرى للمجتمع. ومع ذلك، لا تزال الإنتاجية منخفضة ولم تتمكن من تلبية الطلب المتزايد، إلى جانب تحويل الأراضي إلى أرض غير زراعية. لذلك، لا يمكن تطبيق طرق الزراعة التقليدية على النحو الأمثل. لهذا السبب، هناك حاجة إلى نهج غير تقليدي لزيادة إنتاج المحاصيل، مع نظام الزراعة المائية. في هذا النظام، العناصر الغذائية المستخدمة هي الأسمدة العضوية السائلة (POC) من براز كاتربيلر هونغ كونغ (*Tenebrio molitor*). كانت مستويات NPK الموجودة في براز كاتربيلر هونغ كونغ 2.01% نيتروجين (N) و 2.11% فوسفور (P) و 2.08% بوتاسيوم (K)، مما يشير إلى أن المعادن الموجودة في يرقات هونغ كونغ (*Tenebrio molitor*) يعتقد أنها تدعم نمو النبات. ركزت هذه الدراسة على تحديد تأثير مزيج POC من روث كاتربيلر هونغ كونغ ومزيج AB على نمو خضار الخردل (*Brassica juncea* L.) في أنظمة الريزية المائية. استخدمت الدراسة طريقة التصميم العشوائي الكامل (RAL) بعامل واحد، تتكون نوع التغذية من P1، P2: مزيج 50% AB + 50% POC، P3: مزيج 25% AB + 75% POC، P4: مزيج 100% POC، P0: مزيج 75% AB + 25% POC. ركزت هذه الدراسة على تأثير مزيج POC من كاتربيلر هونغ كونغ ومزيج AB على نمو ومحصول خضار الخردل (*Brassica juncea* L.). تشمل معلمات نمو النبات المرصودة: مساحة الأوراق، وعدد الأوراق، ومحتوى الكلوروفيل، ومعدل التمثيل الضوئي. معلمات غلة المحاصيل المرصودة هي الوزن الرطب. ثم يتم تحليل بيانات الملاحظة التي تم الحصول عليها باستخدام تحليل التباين (ANOVA) بمساعدة SPSS. وأظهرت نتائج الدراسة أن الجمع بين نوعي السماد كان له تأثير معنوي على عدد الأوراق ومحتوى الكلوروفيل ومعدل البناء الضوئي لنباتات الخردل الأخضر. تم العثور على أفضل علاج عند تركيزات AB Mix بنسبة 100% (P0) و 25% AB Mix (P3) 75% POC، حيث كان P0 متفوقاً في معايير محتوى الكلوروفيل و P3 في معدل التمثيل الضوئي.

الكلمات الدالة: خضار الخردل (*Brassica juncea* L.)، الأسمدة العضوية السائلة، روث كاتربيلر هونغ كونغ (*Tenebrio molitor*)، نظام الريزية المائية

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr, Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) Dalam Hidroponik Sistem Substrat”. Sholawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW. yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatri hingga akhirul zaman.

Dengan segala hormat, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, 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 dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran.
5. Didik Wahyudi, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing agama yang telah banyak memberikan bimbingan terkait integrasi sains dan islam dengan penuh kesabaran.
6. Fitriyah, S.Si., M.Si selaku dosen wali yang telah membimbing studi dari awal semester hingga akhir semester.
7. Ayahanda Kurnianto dan Ibunda Ngatmiatin penulis telah memberikan semangat, doa, dan dukungan dalam penyusunan proposal skripsi ini dengan lancar dan baik.
8. Teman-teman seperjuangan Biologi 2021 khususnya Beta Class yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam penyusunan proposal skripsi ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | iv |
| PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN | vii |
| PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI | viii |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT | x |
| مختص البحث | xi |
| KATA PENGANTAR..... | xii |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 11 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 11 |
| 1.4 Hipotesis Penelitian..... | 11 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 12 |
| 1.6 Batasan Masalah..... | 13 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 14 |
| 2.1 Pupuk Organik | 14 |
| 2.1.1 Pupuk Organik Padat..... | 15 |
| 2.1.2 Pupuk Organik Cair..... | 16 |
| 2.1.3 Pupuk Organik Cair Berbahan Baku Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>)..... | 18 |
| 2.2 EM4..... | 24 |
| 2.3 Pupuk Anorganik (AB Mix)..... | 26 |
| 2.4 Deskripsi Botani Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.) | 27 |
| 2.4.1 Klasifikasi Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.)..... | 27 |
| 2.4.2 Morfologi Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.)..... | 27 |
| 2.4.3 Syarat Tumbuh Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.) | 31 |
| 2.4.4 Nilai Penting Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.)..... | 32 |
| 2.5 Hidroponik Sistem Substrat | 34 |
| BAB III. METODE PENELITIAN | 44 |
| 3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian | 44 |
| 3.2 Waktu dan Tempat | 44 |
| 3.3 Alat dan Bahan..... | 44 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.1 Alat..... | 44 |
| 3.3.2 Bahan..... | 45 |
| 3.4 Variabel Penelitian..... | 45 |
| 3.5 Prosedur Penelitian..... | 46 |
| 3.5.1 Pembuatan Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio</i> | 46 |
| 3.5.2. Kandungan Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>)..... | 47 |
| 3.5.3 Pembuatan Larutan Nutrisi AB mix..... | 48 |
| 3.5.4 Pembuatan Larutan Kombinasi POC dan ABmix..... | 48 |
| 3.5.5 Penyiapan Media Tanam..... | 48 |
| 3.5.6 Persiapan Benih..... | 49 |
| 3.5.7 Persemaian..... | 49 |
| 3.5.8 Penanaman..... | 49 |
| 3.5.9 Pemeliharaan..... | 49 |
| 3.5.10 Pemupukan..... | 50 |
| 3.5.11 Panen..... | 50 |
| 3.6 Variabel Pengamatan..... | 50 |
| 3.6.1 Jumlah Daun..... | 50 |
| 3.6.2 Luas Daun..... | 50 |
| 3.6.3 Berat Basah Tanaman..... | 51 |
| 3.6.4 Kadar Klorofil..... | 51 |
| 3.6.5 Laju Fotosintesis..... | 51 |
| 3.7 Analisis data..... | 51 |
| 3.8 Desain Penelitian..... | 52 |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 53 |
| 4.1 Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>) dan ABmix Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.) dalam Hidroponik Sistem Substrat..... | 53 |
| 4.2 Pengaruh POC Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>) Dan ABmix Terhadap Kadar Klorofil dan Laju Fotosintesis Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.)..... | 64 |
| BAB V. PENUTUP..... | 72 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 72 |
| 5.2 Saran..... | 72 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 74 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Kandungan Gizi Sawi Hijau Setiap 100 gr | 33 |
| Tabel 3.1 Hasil Analisis POC Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>)..... | 47 |
| Tabel 4.1 Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>) dan ABmix Terhadap Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.) | 54 |
| Tabel 4.2 Pengaruh POC Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>) Dan ABmix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.) | 61 |
| Tabel 4.3 Pengaruh POC Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>) Dan ABmix Terhadap Kadar Klorofil dan Laju Fotosintesis Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.)..... | 65 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>)..... | 19 |
| Gambar 2.2 Siklus Hidup <i>Tenebrio molitor</i> | 22 |
| Gambar 2.3 Morfologi <i>Brassica juncea</i> L..... | 28 |
| Gambar 2.4 Media Arang Sekam | 35 |
| Gambar 2.5 Reaksi Terang | 38 |
| Gambar 2.6 Siklus Calvin | 39 |
| Gambar 2.7 Struktur Klorofil | 42 |
| Gambar 4.1 Pertumbuhan Jumlah Daun Selama 40 HST | 59 |
| Gambar 4.2 Jumlah Daun Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.) | 60 |
| Gambar 4.3 Luas Daun Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.) | 63 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1. Data Hasil Penelitian | 89 |
| Lampiran 2. Hasil Uji Normalitas | 91 |
| Lampiran 3. Hasil Homogenitas..... | 93 |
| Lampiran 4. Hasil Uji Anova | 94 |
| Lampiran 5. Data Uji Duncan | 96 |
| Lampiran 6. Gambar Alat dan Bahan Penelitian..... | 100 |
| Lampiran 7. Penanaman dan Pengambilan Data..... | 102 |
| Lampiran 8. Hasil Sampel Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica juncea</i> L.) | 103 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT menciptakan beragam jenis tumbuhan yang memiliki peran penting dalam ekosistem antara lain sebagai pangan (Rahmi dkk., 2020), obat-obatan (Yassir & Asnah, 2018), perawatan tubuh (Supit, dkk., 2023), dan upacara adat (Al Liina dkk., 2017) serta berbagai keperluan hidup lainnya. Allah SWT berfirman di dalam Surah Asy Syu'ara/26:7, sebagai berikut:

﴿أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ﴾

Artinya : “Dan apakah mereka tidak melihat ke bumi, berapa banyak Kami telah tumbuhkan di sana dari setiap pasang yang tumbuh subur lagi bermanfaat?”

Menurut Shihab, (2002) dalam tafsir Al-Misbah kata “إلى” *ila/ “ke”* pada firman-Nya di awal ayat ini: “أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ” *awalam yarau ila al-ardh/*

“apakah mereka tidak melihat ke bumi”, merupakan kata yang mengandung makna *batas akhir*. Ia berfungsi memperluas arah pandangan hingga batas akhir, dengan demikian ayat ini mengundang 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.

Kata “زَوْجٍ” *zauj* berarti *pasangan*. Pasangan yang dimaksud ayat ini adalah pasangan tumbuh-tumbuhan, karena tumbuhan muncul di celah celah tanah yang

terhampar di bumi, dengan demikian ayat ini mengisyaratkan bahwa tumbuh-tumbuhan pun memiliki pasangan-pasangan guna pertumbuhan dan perkembangannya. Ada tumbuhan yang memiliki benang sari dan putik sehingga menyatu dalam diri pasangannya dan dalam penyerbukannya ia tidak membutuhkan pejantan dari bunga lain, dan ada juga yang hanya memiliki salah satunya saja sehingga membutuhkan pasangannya. Yang jelas, setiap tumbuhan memiliki pasangannya dan itu dapat terlihat kapan saja, bagi siapa yang ingin menggunakan matanya. Karena itu ayat di atas memulai dengan pertanyaan *apakah mereka tidak melihat*, pertanyaan yang mengandung unsur keheranan terhadap mereka yang tidak memfungsikan matanya untuk melihat bukti yang sangat jelas itu. Kata “كَرِيمٍ” *karim* antara lain digunakan untuk menggambarkan segala sesuatu yang baik bagi setiap objek yang disifatinya. Tumbuhan yang baik, paling tidak adalah yang subur dan bermanfaat.

Menurut Al-Qurthubi, (1232) dalam tafsir Al-Qurthubi yang dita'liq oleh Al Hifnawi (2008) menjelaskan bahwa Allah memperingatkan akan keagungan dan kekuasaan-Nya, bahwa jika mereka melihat dengan hati dan mata mereka niscaya mereka mengetahui bahwa Allah adalah yang berhak untuk disembah, karena Maha Kuasa atas segala sesuatu. “كَرِيمٍ” artinya baik dan mulia. Adapun asal kata *al karam* dalam bahasa Arab adalah *al fadhil* (keutamaan). *Nakhlah kariimah* artinya kurma yang unggul dan banyak buahnya. *Rajulun kariimun* artinya mulia, unggul, dan suka memaafkan. *Nabatat al ardhu* dan *anbatat* artinya sama yaitu menumbuhkan, dan ini telah dijelaskan dalam surah Al Baqarah.

Menurut Asy-Syaukani, I., (1964) dalam tafsir Fathul Qadir yang di ta'liq oleh Ibrahim (2008) menjelaskan bahwa Allah SWT berfirman “أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَىٰ

”الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ” artinya “apakah merelm lidak

mempirhatikan bumi, berapakah banyalnya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?). Hamzah (partikel tanya) untuk maksud menghinakan, dan huruf *wawu*-nya untuk merangkaikannya kepada kalimat yang diperkirakan, sebagaimana redaksi-redaksi lainnya yang serupa ini. Di sini Allah SWT mengingatkan tentang keagungan dan kekuasaan-Nya, dan bahwa orang-orang yang mendustakan dan mengolok-olok itu, seandainya mereka memperhatikan, tentulah akan mengetahui bahwa Allah yang berhak untuk disembah. Maksud “زَوْجٍ” disini adalah macam atau ragam, maknanya adalah berbagai macam tumbuhan yang bermanfaat yang tidak ada yang mampu menumbuhkannya kecuali Tuhan Semesta alam. mengingatkan tentang keagungan dan kekuasaan-Nya.

Asal makna “كَرِيمٍ” adalah baik dan mulia. Dikatakan “نَخْلَةٌ كَرِيمَةٌ” artinya pohon kurma yang banyak buahnya. “رَجُلٌ كَرِيمٌ” artinya lelaki yang mulia dan terhormat. “كِتَابٌ كَرِيمٌ” adalah kitab yang diridhai makna-maknanya. “النَّبَاتُ الْكَرِيمُ” adalah tumbuhan yang diridhai manfaatnya.

Satu di antara tumbuhan ciptaan Allah SWT adalah Sawi hijau (*Brassica juncea* L.). Menurut Salehi *et al.*, (2021) sawi hijau (*Brassica juncea* L.) memiliki manfaat sebagai bahan makanan sayuran untuk kesehatan, antara lain menurunkan tekanan darah dan mengobati radang sendi. Data Kemenkes RI (2013) menyebutkan bahwa sawi hijau dapat meningkatkan laktasi pada ibu menyusui karena kaya akan mineral seperti zat besi, kalsium, dan folat. Sawi hijau efektif

mengobati gangguan kulit dan bisul karena mengandung vitamin A, vitamin C dan flavonoid sebagai antioksidan (Cahya dkk., 2019). Sementara daunnya meredakan sakit kepala dan peradangan (Verma dkk., 2024). Sawi hijau juga dapat menurunkan risiko terkena kanker prostat karena kandungan fitokimia terutama glukosinolat yang tinggi (Alifah dkk., 2019).

Sawi hijau merupakan komoditi yang selalu dibutuhkan dan permintaannya meningkat (Usboko dan Yosefina, 2016). Produksi sawi hijau di Indonesia belum sebanding dengan tingkat konsumsi dan permintaan pasar. Rata-rata konsumsi per-kapita seminggu menurut kelompok sayur-sayuran perkabupaten/kota (satuan komoditas), 2021-2023 yakni 0,038 hingga 0,039. (Badan Pusat Statistik, 2024) dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan konsumsi pada tahun 2021-2023. Sedangkan menurut Badan Pusat Statistik Pertanian (2023) produksi sawi di tahun 2022 sebesar 760.608 ton sedangkan pada tahun 2023 sebesar 686.876 ton. Hal ini dapat diketahui bahwa produksi sawi mengalami penurunan. Disisi lain, lahan pertanian yang subur semakin terbatas, terutama di Pulau Jawa. Akibatnya, sistem pertanian konvensional belum dapat memenuhi permintaan konsumen (Siregar, 2017).

Upaya peningkatan produksi tanaman secara berkelanjutan perlu dilakukan baik secara konvensional dengan sistem pertanian penanaman reguler di lahan dan juga dengan sistem penanaman non reguler, dalam hal ini adalah tidak menggunakan lahan atau tanah yaitu dengan menggunakan hidroponik. Perlunya dilakukan penanaman secara hidroponik dikarenakan keterbatasan lahan yang ada, mengingat bahwa semakin menurunnya luas lahan saat ini. Berdasarkan data mengenai perkembangan lahan pertanian di Jawa Timur, luas lahan

Tegal/Kebun pada tahun 2018 mencapai 1.121.448 Ha, sedangkan pada tahun 2019 berkurang menjadi 1.112.963 Ha (Badan Pusat Statistik, 2020). Ketersediaan lahan ini berkurang dikarenakan alih lahan menjadi pemukiman akibat peningkatan jumlah penduduk. Untuk menunjang ketahanan pangan yaitu dengan menggunakan teknik hidroponik (Zulgani dkk., 2023).

Hydroponic secara harfiah berarti “*Hydro*” berarti air dan “*phonic*” berarti pengerjaan. Dengan demikian, hidroponik berarti sistem budidaya pertanian tanpa menggunakan tanah tetapi menggunakan air yang mengandung larutan nutrisi. Sistem hidroponik biasanya dilakukan di ruang terbuka (*greenhouse*) untuk menjaga agar pertumbuhan tanaman optimal dan benar-benar terlindungi dari unsur pengaruh luar seperti hujan, hama, iklim, dan lainnya. Hidroponik tidak tergantung pada waktu tanam, panen, dan musim, untuk dapat disesuaikan dengan perluasan pasar (Roidah, 2014). Menurut Waluyo dkk., (2021), keuntungan bercocok tanam dengan menggunakan sistem hidroponik antara lain adalah tingkat keberhasilan pertumbuhan dan produksi tanaman lebih terkontrol, hasil produksi lebih berkelanjutan serta lebih tinggi dibandingkan dengan penanaman di tanah. Asy Syidiq dkk., (2022) menambahkan bahwa sistem hidroponik memiliki banyak keunggulan, termasuk kualitas tanaman yang lebih baik, penggunaan pupuk yang lebih hemat, dan kemungkinan menanam tanaman di luar musim.

Penelitian ini menggunakan hidroponik sistem substrat, karena memiliki keunggulan diantaranya sebagai pengembangan teknik baru yang dapat disesuaikan dengan situasi finansial dan ruang yang ada (Lilis dkk., 2021), kemudian karena sistem substrat memiliki harga yang relatif terjangkau (Oktarina

dkk., 2017). Menurut Abror & Harjo, (2018) hidroponik sistem substrat menggunakan bahan selain tanah untuk mengalirkan nutrisi, sehingga tanaman memperoleh udara (oksigen) dan nutrisi yang cukup. Kecukupan oksigen pada sistem hidroponik penting berkaitan dengan respirasi sel akar. Respirasi sel akar menghasilkan ATP yang dibutuhkan untuk proses metabolisme pertumbuhan dan perkembangan.

Pemilihan media dalam hidroponik substrat perlu diperhatikan dengan baik, salah satu media yang digunakan adalah arang sekam (Nasution & Fitria 2023). Manullang dkk., (2019) menyebutkan bahwa arang sekam mengandung 52% silika dan 31% karbon, serta sedikit kandungan lain seperti peroksida, kalium, magnesium, kalsium, mangan dioksida, dan tembaga. Unsur hara yang terkandung dalam arang sekam meliputi nitrogen, fosfat, kalium, dan kalsium, yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan daun, memperkuat batang, dan tangkai tanaman.

Riski dkk., (2023) menyatakan bahwa komposisi arang sekam padi sangat penting dalam meningkatkan porositas media tanam. Menurut pendapat Christy (2020) substrat arang sekam mampu menyerap dan menyimpan air, sehingga mencegah pembusukan pada akar dan batang tanaman. Karena bersifat porous, arang sekam mempermudah tanaman mendapatkan oksigen yang diperlukan dalam proses respirasi. Zhang *et al.*, (2018) juga menyatakan bahwa oksigen sangat penting dalam respirasi tanaman karena membantu menghasilkan ATP, yang merupakan sumber energi untuk pertumbuhan akar, pembelahan sel, dan penyerapan nutrisi.

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman terdiri dari faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal merupakan faktor yang terdapat pada tanaman itu sendiri. Faktor eksternal merupakan faktor yang terdapat di luar tanaman, salah satu yang mempengaruhi pertumbuhan dari segi faktor eksternal yaitu dapat dikendalikan oleh manusia, salah satunya adalah pemupukan. (Darmawan dkk., 2015). Pemupukan penting dilakukan antara lain adalah untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman, karena tanaman itu membutuhkan unsur baik makro maupun mikro (Murtafaqoh & Winarsih, 2022).

Menurut Hartatik dkk., (2015) pupuk yang dianjurkan digunakan adalah pupuk organik, hal ini disebabkan karena untuk mencegah penurunan kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas hasil yang berkelanjutan, penting untuk menggunakan pupuk organik secara memadai, baik dari segi jumlah, kualitas, maupun keberlanjutannya. Pupuk organik adalah bahan yang mengandung karbon dan satu atau lebih unsur hara selain H dan O yang esensial untuk pertumbuhan tanaman. Penelitian oleh Martínez *et al.*, (2016) menunjukkan bahwa pemupukan organik dapat memperbaiki status nutrisi tanaman dibandingkan dengan pupuk anorganik, terlihat dari peningkatan kadar fosfor dan kalium. Pupuk organik dapat dibuat dari limbah melalui proses fermentasi atau pengomposan, yang menghasilkan pupuk organik dalam bentuk cair maupun padat (Prasetyo & Evizal, 2021). Menurut Natsi dkk., (2016) pupuk organik terdiri dari dua bentuk, yaitu padat dan cair. Pupuk organik padat (POP) berasal dari kotoran hewan dan sisa tanaman, sedangkan menurut Tanti dkk (2019), pupuk organik cair (POC)

terbentuk dari dekomposisi bahan organik seperti limbah tumbuhan dan kotoran yang mengandung lebih dari satu unsur hara.

Keunggulan pupuk organik cair (POC) terdapat pada kemampuannya menyediakan unsur hara yang lebih cepat diserap oleh akar tanaman (Asmuliani, 2022). Hal ini terjadi karena unsur hara di dalam POC sudah terurai, sehingga dapat secara langsung dimanfaatkan oleh akar tanaman. Menurut (Fauziah *et al.*, 2023) pupuk organik cair mengandung berbagai unsur hara penting yakni unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan magnesium (Mg), serta unsur hara mikro seperti seng (Zn), mangan (Mn), tembaga (Cu), molibdenum (Mo), boron (B), dan besi (Fe). Ramadhani dkk., (2022) berpendapat apabila unsur hara telah terserap, selanjutnya akan ditranslokasikan ke daun untuk mendukung proses fotosintesis. Peningkatan laju fotosintesis ini akan menghasilkan lebih banyak produk fotosintesis, sehingga mempercepat pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Elmi, (2022) juga menyatakan bahwa keunggulan pupuk organik cair adalah mengandung nitrogen, nitrogen diperlukan untuk sintesis protein yang digunakan untuk pembentukan enzim dan sel yang diperlukan dalam pertumbuhan yang berperan sebagai bahan dasar pembentuk protein dan klorofil pada tanaman. Oleh karena itu Muhadiansyah dkk, (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik cair efektif terhadap pertumbuhan tanaman dalam sistem hidroponik.

Tenebrio molitor merupakan salah satu komoditas ulat yang digunakan sebagai pakan untuk burung, ikan, dan reptil, serta sebagai bahan baku dalam produk kosmetik. Kotoran pada ulat Hongkong memiliki tekstur yang kering, gembur, dan tidak berbau. Perlu diketahui kotoran ulat Hongkong memiliki

potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik, karena mengandung 5% N, 1,7% K, dan 2% P (Amorim *et al.*, 2024). Menurut (Nogalska *et al.*, 2022) kotoran ulat Hongkong kaya akan nitrogen, makronutrien, dan mikronutrien. Nyanzira *et al.*, (2023) juga menyatakan bahwa nutrisi yang terkandung dalam kotoran ulat Hongkong menunjukkan kadar makronutrien dan beberapa mikronutrien yang baik, hal ini dapat mengindikasikan hasil pemupukan yang berpotensi baik. Kadar NPK yang ditemukan dalam kotoran ulat Hongkong adalah 3,3% nitrogen (N), 2,3% fosfor (P), dan 2,8% kalium (K), yang menunjukkan bahwa mineral yang diidentifikasi dalam penelitian ini memiliki kualitas yang baik dan cepat terurai, oleh karena itu kotoran ulat Hongkong dapat berfungsi sebagai pengganti sebagian atau seluruh pupuk kimia yang berguna untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Nogalska *et al.*, 2022).

Poveda (2021) menyatakan bahwa hingga saat ini, penelitian mengenai penggunaan kotoran ulat Hongkong sebagai pupuk organik cair untuk tanaman masih terbatas. Efiyati (2015) telah melakukan penelitian mengenai pupuk organik cair kotoran ulat Hongkong namun terhadap tanaman kacang panjang yang menunjukkan signifikan pada tingkat konsentrasi tertentu. Menurut Blakstad *et al.*, (2023) penggunaan pupuk organik cair dari kotoran ulat Hongkong telah terbukti memberikan nutrisi bagi tanaman, tetapi dalam penelitian Efiyati (2015) menyatakan bahwa pupuk organik cair dari kotoran ulat Hongkong dalam konsentrasi tertentu belum signifikan jika digunakan secara mandiri. Kotoran ulat Hongkong tidak dapat sepenuhnya mencukupi kebutuhan unsur hara makro dan mikro yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan optimal. Oleh karena itu, diperlukan kombinasi dengan pupuk AB mix.

Pemupukan pada hidroponik secara umum menggunakan pupuk anorganik yaitu AB mix (Pohan & Oktojournal, 2019). Dikarenakan menurut Dewanto dkk. (2019), nutrisi AB mix terdiri dari 16 unsur hara, yang dibagi menjadi dua kelompok. Unsur hara makro, yang dibutuhkan mencakup nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Sedangkan unsur hara mikro, yang diperlukan dalam jumlah lebih kecil, mencakup besi (Fe), mangan (Mn), boron (B), tembaga (Cu), seng (Zn), molibdenum (Mo), klorin (Cl), silikon (Si), natrium (Na), dan kobalt (CO). Miranti, dkk., (2023) juga menyatakan bahwa POC dapat digunakan sebagai larutan nutrisi untuk hidroponik, tetapi perlu dikombinasikan dengan nutrisi AB mix yang mengandung unsur hara lengkap. Hal ini diperlukan karena unsur hara yang ada dalam POC saja belum cukup untuk mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman secara optimal.

Penggunaan pupuk AB mix memiliki keunggulan dalam mempercepat pertumbuhan tanaman (Sarimah dkk., 2022). Fitri (2021) berpendapat bahwa konsentrasi AB mix yang terlalu tinggi dapat menyebabkan nutrisi mengendap di dasar bak hidroponik. Hal ini membuat nutrisi sulit diserap oleh akar tanaman, sehingga tanaman hanya mendapatkan air dengan sedikit kandungan nutrisi, yang dapat menghambat pertumbuhan optimalnya. Salah satu cara untuk mengurangi penggunaan nutrisi AB mix adalah dengan menambah pupuk organik cair, atau POC. Hal ini diharapkan akan menghasilkan tingkat pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimal (Salsabila, 2023).

Berdasarkan penelitian di atas, kombinasi pupuk organik cair kotoran ulat Hongkong dan AB mix terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau dalam teknik

budidaya hidroponik dengan sistem substrat merupakan salah satu upaya untuk memanfaatkan limbah kotoran ulat hongkong, yang merupakan sumber pupuk organik yang kaya nutrisi, menggunakan POC dari limbah ini dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang dapat merusak lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang ada dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah terdapat pengaruh kombinasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau (*Brassica juncea* L.)?
2. Apakah terdapat pengaruh kombinasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix terhadap kadar klorofil dan laju fotosintesis tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh kombinasi konsentrasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada hidroponik sistem substrat
2. Untuk mengetahui pengaruh kombinasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix terhadap kadar klorofil dan laju fotosintesis tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.)

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah:

1. H0: Pemberian kombinasi konsentrasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada hidroponik sistem substrat
H1: Pemberian kombinasi konsentrasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada hidroponik sistem substrat
2. H0: Pemberian kombinasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix tidak berpengaruh terhadap kadar klorofil dan laju fotosintesis tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.)
H1: Pemberian kombinasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix berpengaruh terhadap kadar klorofil dan laju fotosintesis tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.)

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diperolehnya informasi ilmiah tentang penggunaan kombinasi pupuk organik cair (POC) dari kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix yang dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia.
2. Diperolehnya informasi ilmiah tentang pemupukan dengan kombinasi pupuk organik cair (POC) dari kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix.
3. Diperolehnya informasi ilmiah tentang manfaat dalam pengembangan teknik budidaya hidroponik dan juga dapat menjadi salah satu pengembangan pengetahuan khususnya dalam kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) sebagai pupuk organik cair (POC).

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pupuk organik cair yang digunakan adalah pupuk organik cair limbah kotoran ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) yang diambil dari kandang budidaya ulat hongkong
2. Parameter tanaman yang diamati meliputi jumlah daun mekar pada 10HST, 20HST, 30 HST, dan 40HST. Luas daun, kadar klorofil, laju fotosintesis, dan berat basah sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada umur 40HST.
3. Pengukuran kadar klorofil menggunakan metode reflektansi dengan menggunakan alat SPAD klorofil meter.
4. Pengukuran laju fotosintesis menggunakan alat *Plant Photosynthesis Meter*
5. Pengukuran luas daun menggunakan metode citra digital dengan penggunaan software aplikasi image-J
6. Usia tanam 40 hari

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang dibuat dari tumbuhan mati, kotoran hewan, bagian tubuh hewan, atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses pengolahan. Pupuk organik banyak mengandung mineral atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kadar hara serta bahan organik dalam tanah. Selain itu, pupuk organik juga berfungsi memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011).

Salah satu cara untuk menjaga dan meningkatkan kesuburan tanah adalah dengan menggunakan pupuk organik. Menurut (Ameeta & Ronak, 2017) pupuk organik adalah hasil dari aktivitas mikroba dalam menguraikan bahan organik dan memiliki sifat pelepasan lambat (*slow release*), yang memungkinkan unsur hara tersedia lebih lama di tanah dibandingkan dengan pupuk anorganik. Penggunaan pupuk organik juga mendukung peningkatan aktivitas mikroba tanah, membantu mengurangi serangan penyakit tanaman (Tonfack *et al.*, 2009), serta meningkatkan efisiensi penyerapan hara (Ameeta & Ronak, 2017), yang pada akhirnya dapat menjaga atau meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman. Pupuk organik yang mengandung unsur hara dan mikroba dapat meningkatkan efisiensi dalam penyerapan unsur hara. Selain itu, pupuk organik tidak mencemari lingkungan karena tidak meninggalkan residu (Antonius dkk., 2018).

Menurut Pratiwi dkk., (2019) menyatakan bahwa selain berfungsi untuk memperbaiki struktur tanah, pupuk organik yang berasal dari limbah ternak juga memiliki manfaat dalam mempercepat pertumbuhan tanaman. Pupuk ini berperan

sebagai bio-pestisida yang dapat mengendalikan hama dan penyakit, serta mengusir hama seperti tikus, walang sangit, dan trip yang ada pada tanaman. Penggunaan pupuk organik dapat mengurangi masalah yang ditimbulkan oleh penggunaan bahan kimia yang telah terbukti merusak tanah dan lingkungan (Juan, 2020).

Penggunaan pupuk organik diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sekaligus memperbaiki kondisi lingkungan pertanian (Ashari & Purwaningsih, 2023). Terdapat dua jenis pupuk organik, yaitu pupuk organik padat (POP) dan pupuk organik cair (POC) Pupuk organik dapat dihasilkan dari limbah pertanian melalui proses fermentasi atau pengomposan untuk menghasilkan pupuk dalam bentuk cair atau padat. Selain itu limbah peternakan, baik yang padat maupun cair, juga dapat diolah menjadi pupuk organik.

2.1.1 Pupuk Organik Padat

Pada pupuk organik padat, jika dilihat dari ciri-ciri yang terbentuk, sudah sesuai dengan SNI Kompos 2004, yaitu berwarna hitam, memiliki tekstur, dan beraroma seperti tanah (Fitri dkk, 2021). Pupuk kandang padat adalah kotoran ternak dalam bentuk padatan, baik yang belum dikomposkan maupun yang telah dikomposkan. Pupuk ini berfungsi sebagai sumber unsur hara, terutama nitrogen (N), untuk tanaman, dan dapat meningkatkan sifat kimia, biologi, serta fisik tanah. Penanganan pupuk kandang padat berbeda secara signifikan dibandingkan dengan pupuk kandang cair (Fadhli *et al.*, 2021)

Pupuk organik padat umumnya dibuat melalui proses pengomposan, yaitu proses penguraian senyawa-senyawa yang terdapat pada sisa-sisa sampah organik

(seperti sampah rumah tangga) dengan perlakuan khusus (Palaniveloo *et al.*, 2020). Menurut Ashari & Purwaningsih, (2024) pupuk organik padat adalah bahan alami yang kaya akan unsur hara dan memberikan efek positif bagi tanaman serta tanah. Pupuk ini berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah, mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis, dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Beberapa jenis pupuk organik padat yang dapat digunakan untuk bercocok tanam antara lain kompos, kompos cacing tanah, guano, dan pupuk kandang.

2.1.2 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik cair (POC) adalah jenis pupuk organik dalam bentuk cair yang mengandung unsur hara, sehingga mudah diserap oleh tanaman.. Kelebihan dari pupuk organik ini adalah kemampuannya untuk mengatasi kekurangan unsur hara dibandingkan dengan pupuk anorganik (Pratiwi dkk., 2019). Larutan pupuk organik cair dihasilkan dari proses pembusukan bahan organik, seperti sisa tanaman, kotoran hewan, dan limbah dari aktivitas manusia, yang mengandung unsur hara lebih dari satu (Marjenah dkk., 2017).

POC memiliki kandungan bahan kimia maksimum 5% dan mengandung mikroorganisme yang biasanya tidak terdapat dalam pupuk organik padat. Selain itu, pupuk ini juga mengandung asam amino serta hormon seperti giberelin, sitokinin, dan IAA (Lasmini, 2017). Salah satu jenis pupuk organik cair adalah pupuk kandang (Nur dkk, 2016). Pupuk organik cair memiliki ciri fisik berwarna kuning kecoklatan dan tidak berbau. Kelebihan pupuk organik cair adalah unsur hara yang terkandung di dalamnya lebih cepat tersedia dan mudah diserap oleh akar tanaman. Pupuk organik cair dapat diaplikasikan dengan cara disiramkan

atau langsung digunakan dengan cara disemprotkan pada daun atau batang tanaman (Sugiarto dkk., 2024)

Menurut Makmur (2018), pupuk organik cair memberikan manfaat dengan merangsang pertumbuhan tunas baru dan sel-sel tanaman, memperbaiki sistem jaringan sel serta sel-sel yang rusak, meningkatkan klorofil pada daun, mendorong pertumbuhan kuncup bunga, memperkuat tangkai serbuk sari, dan meningkatkan daya tahan tanaman. Menurut Febriana dkk., (2018), pupuk organik cair memiliki banyak manfaat, di antaranya meningkatkan pembentukan klorofil pada daun yang mendukung proses fotosintesis tumbuhan. Selain itu, pupuk ini membantu tanaman dalam menyerap nitrogen dari udara dan meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan, serta meningkatkan vigor tanaman agar menjadi lebih kuat dan kokoh.

Pemberian pupuk organik cair juga dapat mengurangi kerontokan daun, bunga, dan buah, serta merangsang pertumbuhan cabang. Di samping itu, pupuk ini juga dapat meningkatkan pembentukan bunga dan perkembangan buah pada tanaman. Dengan demikian, pupuk organik cair memberikan berbagai manfaat penting bagi pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Febriana dkk, 2018). Menurut Pane (2020), pupuk organik cair menawarkan alternatif yang tidak mencemari lingkungan dibandingkan pupuk anorganik cair karena tidak merusak tanah, meskipun sering digunakan.

Kandungan bahan pengikat dalam pupuk organik cair memungkinkannya untuk langsung dimanfaatkan oleh tanaman saat diaplikasikan. Selain itu, karena berbentuk cair, pupuk ini lebih mudah diserap oleh tanaman. Dibandingkan dengan pupuk organik padat, pupuk organik cair lebih efektif dalam mengatasi

kekurangan unsur hara pada tanaman dengan cepat (Roidah, 2013). Hal ini membuat pemanfaatan nutrisi oleh tanaman berlangsung lebih cepat dibandingkan pupuk dalam bentuk padat (Sihotang *et al.*, 2013).

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

Pupuk organik cair yang berasal dari kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) merupakan salah satu alternatif pupuk ramah lingkungan yang kaya akan nutrisi. Ulat Hongkong, juga dikenal sebagai mealworm, menghasilkan kotoran (*frass*) yang dapat diolah menjadi pupuk organik berkualitas tinggi. Pupuk ini mengandung berbagai unsur hara penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang dibutuhkan tanaman, serta berbagai mikronutrien dan mikroorganisme menguntungkan (Poveda *et al.*, 2019). Proses pengolahan melibatkan fermentasi dan ekstraksi nutrisi dari kotoran ulat untuk menghasilkan pupuk cair yang efektif untuk pertumbuhan tanaman (Houben *et al.*, 2020). Pada gambar berikut ditampilkan (a) ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan (b) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) tersebut.



Gambar 2.1 a. Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*), b. Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) (Sumber: dokumen pribadi)

Satu di antara bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair yaitu kotoran hewan. Meskipun terlihat tidak bernilai, tetapi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair. Allah berfirman dalam Q.S. Al-Imran (191):

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ
وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بٰطِلًا 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.”

Imam Al-Qurthubi (1232) dalam tafsir Al-Qurthubi yang dita’liq oleh Al Hifnawi (2008) menjelaskan bahwa ayat ini mendorong manusia untuk merenungkan segala ciptaan Allah, dari yang besar hingga yang kecil, karena semua memiliki manfaat dan hikmah. Beliau menegaskan bahwa frasa " مَا خَلَقْتَ " هٰذَا بٰطِلًا " (tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia) mengandung isyarat

bahwa segala sesuatu yang diciptakan Allah memiliki fungsi dan manfaat, termasuk hal-hal yang tampak remeh atau tidak berharga dalam pandangan manusia.

Menurut Asy-Syaukani, I., (1964) dalam tafsir Fathul Qadir yang di ta'liq oleh Ibrahim (2008) menjeaskan bahwa رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا (Ya Tuhan kami, tuadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia) ini diperkirakan sebagai perkataan, yakni: Mereka mengatakan: Tidaklah Engksu menciptakan ini dengan sia-sia dan main-main, bahkan Engkau menciptakannya sebagai bukti atas kebijaksanaan-Mu dan kekuasaan-Mu. *Al Baathil* adalah yang luluh lagi sirna, dan kata penunjuk: هَذَا (*ini*) menunjukkan kepada langit dan bumi, atau kepada *al khaliq* (penciptaan) yang bermakna *makhluk* (ciptaan).

Menurut Az-Zuhaili (1963) dalam tafsir Al-Munir yang di ta'liq oleh al Kattani (2005) menjelaskan bahwa pada kata “رَبَّنَا” mereka berkata, “Ya Tuhan kami.” “بَاطِلًا” secara sia-sia tanpa ada faedah dan maksudnya, akan tetapi sebaliknya, menjadi dalil atau bukti kekuasaan-Mu. Ayat tersebut menunjukkan dialog para hamba yang memuji Allah dan mengakui bahwa segala sesuatu yang Allah ciptakan memiliki tujuan, dan bukanlah hal yang sia-sia.

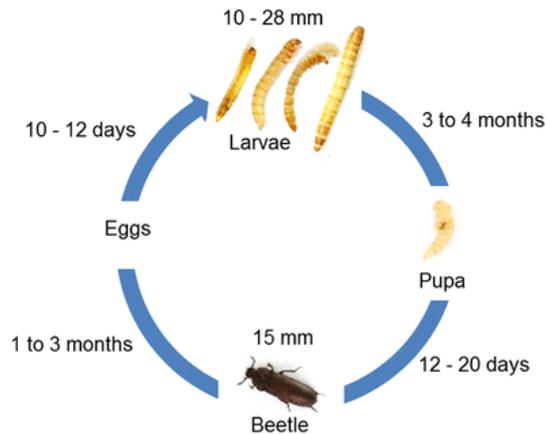
Menurut Ash-Shiddieqy (1952) dalam tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur (2000) menjelaskan bahwa “mereka juga menyebut nama Allah dan memikirkan keadaan alam, seraya lisannya mengucapkan: “Wahai Tuhan, Engkau tidak menjadikan sesuatu yang kami saksikan dengan sia-sia, baik alam bumi ataupun

alam ata. Maha Suci Engkau dari membuat sesuatu dengan sia-sia. Segala apa yang Engkau jadikan pasti punya tujuan, mengandung hikmah dan kemaslahatan. Masing-masing orang akan memperoleh pembalasan atas amalannya kelak, baik amalan buruk ataupun baik.”

Allah SWT tidak menciptakan alam semesta ini dan segala isinya bukan tanpa tujuan yang benar. Apa yang kita alami, lihat, atau dengar bukanlah sesuatu yang buruk atau kurang (Yunita *et al.*, 2024). Segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah pasti memiliki manfaat dan nilai fungsi, termasuk limbah. Limbah yang dimaksud antara lain adalah *feses* atau *frass* ulat Hongkong atau kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*).

Klasifikasi ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) menurut Stull *et al.*, (2019) adalah sebagai berikut:

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



Gambar 2.2 Siklus Hidup *Tenebrio molitor* (Sumber: Ong, et al., 2018)

Ulat hongkong (*Tenebrio molitor*), atau yang dikenal dengan nama *yellow mealworm* di Indonesia, umumnya digunakan sebagai pakan untuk burung dan ayam. Ulat hongkong adalah salah satu tahap dalam siklus hidup *Tenebrio molitor*, yang terdiri dari empat fase: telur, larva, kepompong, dan dewasa (Ait-Kaki A., et al., 2021). Fase larva ini dapat berlangsung antara 3 hingga 4 bulan dalam kondisi optimal, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, serta ketersediaan makanan dan air di lingkungan. Larva *T. molitor* memiliki panjang sekitar 10-28 mm dan berwarna putih, yang akan berubah menjadi coklat seiring waktu (Ghaly & Alkoaik, 2009). Larva *T. molitor* segar mengandung protein antara 19-26% (Ait-Kaki, et al., 2021) dan kadar lemak 23-43g/100g berat kering (Finke, 2002). Selain itu, *Tenebrio molitor* juga kaya akan asam amino esensial dan berbagai mikronutrien, termasuk mineral dan vitamin. Menurut Rohani dkk., (2017) limbah ternak termasuk dari kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dapat dikembangkan menjadi pupuk organik.

Frass atau kotoran serangga, mengandung nutrisi dan mikroba bermanfaat ketika ditambahkan ke tanah atau media tanam, dapat meningkatkan kesehatan tanaman. Dalam hal ini, *frass* tidak hanya berfungsi sebagai pupuk organik yang

membantu pertumbuhan tanaman, tetapi juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kondisi stres lingkungan. Hal ini berarti bahwa tanaman yang tumbuh dengan *frass* cenderung lebih kuat dan mampu beradaptasi lebih baik di bawah kondisi lingkungan yang tidak ideal (Nyanzira *et al.*, 2023).

Berdasarkan penelitian Poveda *et al.*, (2019) pola makan atau makanan yang dikonsumsi ulat yaitu mengandung 66% karbohidrat, 6% lemak, dan 28% protein menghasilkan *frass* yang paling efektif sebagai pupuk. *Frass* ini memiliki kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) sekitar 3%, 2%, dan 2%, yang merupakan nutrisi penting untuk tanaman. *Frass Tenebrio molitor* memiliki kandungan nutrisi yang cukup baik, termasuk makronutrien dan mikronutrien, yang berpotensi menjadi sebagai pupuk yang efektif (Nyanzira *et al.*, 2023). Menurut Beesigamukama *et al.* (2022) *frass* atau kotoran dari *Tenebrio molitor* mengandung banyak unsur mikro yang bermanfaat, seperti 50% karbon organik, 2,5% nitrogen, 2% kalium, 1,8% fosfor, 0,6% magnesium, dan 0,3% sulfur, serta mengandung sedikit air (10%).

Kotoran ulat Hongkong mengandung berbagai unsur hara penting yang diperlukan tanaman, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Unsur-unsur ini membantu meningkatkan kesuburan tanah dan mempercepat pertumbuhan tanaman (Amorim *et al.*, 2024). Komposisi nutrisi kotoran serangga atau *frass* sangat bergantung pada makanan yang dikonsumsi oleh serangga tersebut. Secara umum, *frass* kaya akan materi organik dan mengandung banyak nutrisi penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), dengan rasio karbon (C) terhadap nitrogen yang rendah (Watson *et al.*, 2021). Salah satu manfaat utama *frass* sebagai pupuk adalah kandungan nitrogennya yang tinggi (Poveda, 2021).

Selain menyediakan nutrisi utama bagi tanaman, *frass* juga bisa meningkatkan jumlah mikroba di tanah dan menambahkan biomolekul serta mikroba yang membantu pertumbuhan tanaman (Watson *et al.*, 2022). Hal ini bisa terjadi melalui stimulasi langsung pertumbuhan atau membantu tanaman menghadapi stres biotik dan abiotik (Poveda, 2021). Contoh yang jelas adalah kandungan kitin dalam *frass*, yang pada spesies *H. illucens* terbukti mampu meningkatkan pertahanan tanaman terhadap penyakit layu Fusarium (Quilliam *et al.*, 2020). Dengan demikian, kotoran ulat Hongkong tidak hanya bermanfaat sebagai produk sampingan dari ulat yang digunakan untuk pakan, tetapi juga memiliki potensi besar sebagai pupuk alami yang tidak mencemari lingkungan, dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Efiyati (2015) telah melakukan penelitian mengenai pupuk organik cair kotoran ulat Hongkong namun terhadap tanaman kacang panjang yang menunjukkan signifikan pada tingkat konsentrasi tertentu.

2.2 EM4

Kualitas pupuk cair yang dihasilkan pada dasarnya ditentukan oleh bahan baku, mikroorganisme pengurai, proses pembuatan, produk akhir, dan pengemasan. Bahan baku yang segar dan beragam jenis mikroorganisme akan meningkatkan kualitas kandungan pupuk cair organik yang dihasilkan (Fahrudin & Sulfahri, 2019). Pembuatan pupuk organik cair melibatkan penambahan larutan EM4 yang digunakan untuk mengoptimalkan pemanfaatan nutrisi, karena bakteri yang terkandung di dalamnya mampu mencerna selulosa, pati, gula, protein, dan lemak (Ali dkk., 2018).

EM4 dalam bentuk cair memiliki aroma segar dan berwarna kecokelatan. (Jamaluddin, 2020). EM4 adalah media cair yang mengandung mikroorganisme yang mampu memecah senyawa polimer menjadi monomernya. Mikroorganisme yang terdapat dalam EM4 sekitar 80 genus. Dari banyaknya mikroorganisme tersebut, terdapat lima kelompok utama yang menjadi komponen inti, antara lain bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas* sp.), bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.), ragi (*Saccharomyces* sp.), *Actinomycetes*, serta jamur fermentasi (*Aspergillus* dan *Penicillium*) (Sari dkk., 2018). EM4 berfungsi sebagai aktivator untuk mempercepat proses dekomposisi serta meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Khotimah dkk., 2020). Penelitian oleh Nur (2016) menyatakan bahwa pembuatan pupuk cair dari sampah organik dengan penambahan EM4 efektif dalam meningkatkan kandungan N, P, dan K.

EM4 dapat digunakan sebagai pestisida hayati dengan sangat baik, meningkatkan kesehatan tanaman dengan mempercepat fermentasi bahan organik sehingga unsur hara yang terkandung dapat diserap dan diakses oleh tanaman. Selain itu, dapat membantu memperbaiki struktur dan tekstur tanah serta menyediakan unsur hara yang diperlukan tanaman. Penggunaan EM4 akan membuat tanaman lebih subur, sehat, dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit. EM4 membantu tanaman dengan cara berikut: 1. Menghentikan pertumbuhan penyakit tanaman; 2. Meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman; 3. Meningkatkan kualitas bahan organik sebagai pupuk; dan 4. Meningkatkan kualitas pertumbuhan generatif dan vegetatif tanaman (Meriatna *et al.*, 2019).

2.3 Pupuk Anorganik (AB Mix)

AB mix adalah nutrisi yang digunakan dalam sistem hidroponik untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Nutrisi ini terbagi menjadi dua, yaitu stok A dan stok B. Stok A mengandung kalsium, sedangkan stok B mengandung sulfat dan fosfat. Ketika kation kalsium (Ca) dari stok A dicampur dengan anion sulfat (SO_4^{2-}) dari stok B, akan terbentuk endapan kalsium sulfat (CaSO_4), yang membuat unsur kalsium dan sulfur tidak dapat diserap oleh akar tanaman. Karena itu, ketiga unsur tersebut dalam kondisi pekat tidak boleh dicampurkan langsung. Tanaman hidroponik membutuhkan larutan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan hara secara teratur dan rutin untuk memastikan pertumbuhan yang optimal (Suarsana, 2019).

ABmix adalah larutan nutrisi kimia yang berfungsi untuk mendukung perkembangan dan pertumbuhan tanaman. Campuran AB ini mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan oleh tanaman, dan diformulasikan sebagai nutrisi esensial. Secara umum, ABmix mengandung 12 dari 16 nutrisi penting yang diperlukan tanaman (Rusmayadi & Zulhidiani, 2020). Unsur C, H, dan O diperoleh dari udara dan air, sementara unsur Cl tidak ditambahkan karena tanaman dapat mengalami keracunan jika kelebihan Cl. Nutrisi hidroponik dalam ABmix dibagi menjadi dua kelompok, yaitu stok A dan stok B. Stok A mengandung unsur N, P, K, Ca, Mg, CO_2 , H, H_2O , dan S, sedangkan stok B terdiri dari unsur Fe, Mn, B, Cu, Na, Mo, Cl, Si, dan Zn. (Singgih *et al.* 2019)

Stok A, yang mengandung kalsium (Ca) dalam kondisi pekat, tidak boleh dicampur langsung dengan stok B, yang mengandung sulfat dan fosfat dalam keadaan pekat. Pemisahan ini bertujuan untuk mencegah terbentuknya endapan

kalsium sulfat atau kalsium fosfat yang terjadi ketika kalsium bertemu dengan sulfat atau fosfat dalam kondisi pekat (Siregar *et al.*, 2021). Endapan tersebut dapat menghalangi penyerapan nutrisi yang dibutuhkan oleh akar tanaman. Nutrisi AB mix dirancang khusus berdasarkan jenis tanaman (seperti buah dan sayuran), spesies dan varietas tanaman, fase pertumbuhan, bagian tanaman yang akan dipanen (akar, batang, daun, atau buah), serta faktor cuaca (Tjendepati, 2017). Secara umum, dosis yang digunakan untuk larutan AB mix adalah 5 ml per liter air.

2.4 Deskripsi Botani Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

2.4.1 Klasifikasi Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

Klasifikasi sawi hijau sebagai berikut (Pary, 2018):

| | |
|-----------|------------------------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Divisi | : Spermatophyta. |
| Subdivisi | : Angiospermae. |
| Kelas | : Dicotyledonae. |
| Ordo | : Rhoadales (Brassicales). |
| Famili | : Cruciferae (Brassicaceae). |
| Genus | : <i>Brassica</i> . |
| Spesies | : <i>B. juncea</i> L. |

2.4.2 Morfologi Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

Sawi hijau (*Brassica juncea* L.) adalah tanaman dari keluarga Crucifera yang termasuk dalam jenis sayuran daun (Hermansyah dkk., 2021). *Brassica juncea* L. adalah tanaman herba tahunan yang tumbuh tinggi (90-200 cm), tegak,

dan memiliki banyak cabang (Montolalu, 2011), seperti yang terdapat pada (Gambar 2.3)



Gambar 2.3 Morfologi *Brassica juncea L.* (Desmianto, 2011)

Daun tanaman ini lebar di bagian pangkal, bertangkai, berbentuk menyirip, dan lebar. Buahnya berupa *siliquae*, ramping dengan panjang sekitar 2 hingga 6,5 cm, tumbuh tegak atau hampir tegak, dan memiliki paruh yang pendek dan tebal (Montolalu, 2011). Daun tanaman sawi hijau memiliki bentuk bulat atau lonjong, dengan variasi lebar atau sempit, serta ada yang berkerut atau keriting. Daunnya halus tanpa bulu, dan warnanya berkisar dari hijau muda, hijau keputihan, hingga hijau tua. Tangkai daunnya bisa panjang atau pendek, sempit atau lebar, dengan warna putih hingga hijau, kuat, dan halus. Pelepah daunnya tersusun saling membungkus satu sama lain, terutama pada pelepah yang lebih muda, namun tetap terbuka. Selain itu, daun ini memiliki tulang daun menyirip yang bercabang (Sharma *et al.*, 2020).

Sawi disebutkan dua kali dalam Al-Qur'an. Kedua penyebutan tersebut merujuk pada biji sawi, yang dihubungkan dengan konsep perhatian dan balasan Allah terhadap setiap perbuatan manusia, sekecil apapun, adalah nyata. Allah berfirman dalam Surah Al-Anbiya' ayat 47 yang berbunyi:

وَنَضَعُ الْمَوَازِينَ الْقِسْطَ لِيَوْمِ الْقِيَامَةِ فَلَا تُظْلَمُ نَفْسٌ شَيْئًا وَإِنْ كَانَ مِثْقَالَ حَبَّةٍ مِّنْ
خَرْدَلٍ أَتَيْنَا بِهَا وَكَفَىٰ بِنَا حَسِيبِينَ ﴿٤٧﴾

Artinya: “Kami akan meletakkan timbangan (amal) yang tepat pada hari Kiamat, sehingga tidak seorang pun dirugikan walaupun sedikit. Sekalipun (amal itu) hanya seberat biji sawi, pasti Kami mendatangkannya. Cukuplah Kami sebagai pembuat perhitungan”.

Menurut Shihab, (2002) dalam tafsir Al-Misbah menegaskan bahwa Allah akan menempatkan timbangan yang adil pada Hari Kiamat. Setiap amal, baik atau buruk, akan ditimbang dengan akurat. Tidak ada jiwa yang akan dirugikan, bahkan jika amalnya seberat biji sawi. Diibaratkan seperti pada potongan ayat “خَرْدَلٍ” yang artinya “biji sawi”, hal ini menunjukkan betapa pentingnya

keadilan dalam penilaian amal manusia, di mana setiap tindakan, sekecil apapun, akan diperhitungkan.

Menurut Abdullah (2003) dalam Tafsir Ibnu Katsir, pada potongan ayat “خَرْدَلٍ” yang artinya “biji sawi” yang diibaratkan sebagai amal perbuatan kita,

Ibnu Katsir menjelaskan bahwa Allah mengabarkan tentang keadilan-Nya dalam menghitung amal perbuatan hamba-Nya. Pada hari itu, tidak ada seorang pun yang akan dizalimi, baik orang beriman maupun kafir. Setiap amal, sekecil biji sawi, akan diperhitungkan dan dibawa ke hadapan Allah. Ini menegaskan bahwa Allah cukup sebagai penghisab yang mengetahui semua amal perbuatan hamba-Nya, tanpa ada yang terlewatkan, meskipun hanya seberat biji sawi.

Menurut tafsir Kemenag (2019), Dalam ayat ini Allah menegaskan bahwa pada Hari Kiamat, Dia akan menegakkan neraca keadilan yang benar-benar adil, sehingga tidak ada seorang pun yang dirugikan dalam penilaian amal mereka. Setiap amal kebaikan, sekecil biji sawi, tidak akan dikurangi sedikit pun, dan tidak ada kejahatan yang akan dilebih-lebihkan. Pemberian pahala yang berlipat ganda atau pengurangan azab adalah sepenuhnya terserah kepada kehendak Allah, yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Dengan demikian, semua kebajikan, betapapun kecilnya, akan dibalas dengan pahala, dan semua kejahatan, betapapun kecilnya, akan mendapatkan balasan sesuai dengan keadilan Allah.

Sebagaimana biji sawi yang kecil namun memiliki makna yang besar, hal ini menggambarkan betapa kecil dan tampaknya sepele, namun dalam konteks keadilan Allah, setiap amal perbuatan manusia akan diperhitungkan dengan teliti di akhirat. Seperti biji sawi yang kecil, biji-bijinya berwarna coklat atau coklat tua. Selain itu, biji tanaman sawi memiliki permukaan yang halus, keras, mengkilap, dan sedikit berlendir. Ukuran bijinya kecil dengan warna yang cenderung hitam kecoklatan. Biji-biji tersebut terletak di kedua sisi dinding sekat polong yang berisi banyak biji (Ahmad, 2010). Daun *Brassica juncea* tersusun secara berseling (tidak berhadapan) dan bisa menjadi keras (*Coriaceous*). Daunnya sering kali memiliki bentuk menyirip dan tidak berbintik. Bunga tersusun dalam bentuk ras corymbose, dengan pola pembungaan yang tak tentu, dimulai dari bagian bawah ujung pucuk utama dan terus ke atas. Bunganya bersifat *ebracteate*, bertangkai (*pedicillate*), lengkap, hipogin, dan simetri radial (*actinomorphic*). Kelopak bunga terdiri dari empat sepal dalam dua lapisan, di mana sepal bagian depan dan belakang membentuk lingkaran luar, sedangkan

sepal lateral membentuk lingkaran dalam, berwarna hijau pucat (Singh *et al.*, 2020).

2.4.3 Syarat Tumbuh Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

Tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) adalah jenis tumbuhan dari keluarga *Brassica* yang dapat tumbuh baik di iklim subtropis maupun tropis. Menurut Nasution, dkk (2014), sawi hijau termasuk dalam kategori sayuran musiman dan banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia untuk kebutuhan pangan, obat-obatan, dan keperluan lainnya. Sawi merupakan salah satu jenis sayuran yang memiliki nilai ekonomi tinggi, setelah kubis dan brokoli (Wijayanto dkk, 2016)

Tanaman sawi hijau mampu tumbuh baik di daerah beriklim panas maupun dingin, sehingga dapat dibudidayakan di dataran rendah maupun dataran tinggi. Namun, hasil yang diperoleh cenderung lebih optimal di dataran tinggi. Lokasi penanaman yang ideal berkisar dari 5 hingga 1.200 meter di atas permukaan laut, meskipun umumnya sawi dibudidayakan pada ketinggian antara 100 hingga 500 mdpl. Hasil panen biasanya lebih optimal di dataran tinggi dengan suhu ideal antara 16°C hingga 18°C. Pertumbuhan tanaman akan terhambat jika suhu maksimum mencapai 27-29°C atau suhu minimum turun hingga 6-8°C (Trisnawati & Suparti, 2023).

Tanaman sawi hijau tahan terhadap hujan, sehingga dapat dibudidayakan sepanjang tahun. Selama musim kemarau, hal yang perlu diperhatikan adalah penyiraman secara rutin. Karena sawi memerlukan iklim yang sejuk, tanaman ini tumbuh lebih cepat di lingkungan yang lembab. Meski demikian, sawi hijau tidak menyukai kondisi tanah yang tergenang air, sehingga penanaman idealnya

dilakukan di akhir musim hujan. Jenis tanah yang sesuai untuk sawi adalah tanah yang gembur, kaya humus, subur, dan memiliki drainase yang baik. Tingkat keasaman tanah yang optimal untuk pertumbuhannya berkisar antara pH 6 hingga pH 7 (Mandasari dkk., 2018)

Tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) adalah jenis tumbuhan dari keluarga *Brassica* yang dapat tumbuh baik di iklim subtropis maupun tropis. Menurut Nasution, dkk (2014), sawi hijau termasuk dalam kategori sayuran musiman dan banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia untuk kebutuhan pangan, obat-obatan, dan keperluan lainnya. Sawi merupakan salah satu jenis sayuran yang memiliki nilai ekonomi tinggi, setelah kubis dan brokoli (Wijayanto dkk, 2016). Sawi hijau (*Brassica juncea* L.) memiliki beberapa varietas, di antaranya Shinta, Tosakan, dan Dakota. Menurut Pratiwi *et al.*, (2023) varietas Tosakan memiliki rata-rata parameter tertinggi untuk lebar daun, bobot segar, dan bobot kering. Hal ini disebabkan oleh kemampuan varietas Tosakan dalam memanfaatkan nutrisi yang tersedia dengan optimal.

2.4.4 Nilai Penting Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

Bagian tanaman sawi hijau yang banyak dikonsumsi adalah daunnya, sehingga upaya peningkatan produksi difokuskan pada peningkatan hasil vegetatif. Oleh karena itu, perlunya dilakukan pemupukan yang memadai. Tanaman sawi hijau membutuhkan ketersediaan unsur hara yang cukup untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangannya, guna mencapai hasil produksi yang optimal. Salah satu unsur hara penting bagi pertumbuhan daun adalah nitrogen. Nitrogen berperan dalam mendorong pertumbuhan vegetatif, sehingga daun menjadi lebih lebar, lebih hijau, dan berkualitas tinggi (Sarif dkk., 2015).

Permintaan terhadap sawi terus meningkat seiring dengan kesadaran yang semakin tinggi akan pentingnya mengonsumsi sayuran, yang kaya akan kandungan gizi. Tanaman sawi mengandung protein, lemak, karbohidrat, serat, serta vitamin.

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Sawi Hijau Setiap 100 Gr

| No | Komposisi | Jumlah |
|----|-----------------|---------|
| 1 | Protein (g) | 2,3 |
| 2 | Lemak (g) | 0,4 |
| 3 | Karbohidrat (g) | 4,0 |
| 4 | Kalsium (mg) | 220 |
| 5 | Fosfor (mg) | 38,0 |
| 6 | Besi (mg) | 2,9 |
| 7 | Vitamin A (mg) | 1.940,0 |
| 8 | Vitamin B (mg) | 0,09 |
| 9 | Vitamin C (mg) | 102 |
| 10 | Energi (kal) | 22,0 |
| 11 | Serat (g) | 0,7 |
| 12 | Air (g) | 92,2 |
| 13 | Natrium (mg) | 20,0 |

(Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (2012)).

Sawi hijau (*Brassica juncea* L.) adalah jenis sayuran daun yang populer di kalangan masyarakat berbagai usia. Tanaman ini kaya akan berbagai nutrisi seperti mineral, vitamin, protein, lemak, karbohidrat, serta kalsium (Ca), fosfor (P), zat besi (Fe), Vitamin A, B, dan C. Pertumbuhan sawi dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dalam tanah, baik makro maupun mikro. Unsur hara makro yang paling penting bagi pertumbuhan sawi adalah nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan sulfur (S), sedangkan unsur mikro yang dibutuhkan adalah seng (Zn) (Yasari *et al.*, 2009).

Sawi dikenal mudah tumbuh dan sensitif terhadap perubahan lingkungan, sehingga sering digunakan dalam penelitian terkait pemupukan, kesuburan tanah, dampak kekurangan hara, serta bioremediasi (Riska & Anhar, 2022). Sawi hijau

merupakan salah satu dari dua jenis utama sawi selain sawi putih. Memiliki potensi yang besar sebagai sumber mineral karena kandungan gizinya yang tinggi. Sawi hijau memiliki manfaat bagi kesehatan, seperti mencegah kanker, hipertensi, penyakit jantung, stroke serta mencegah pengerasan pembuluh darah (Oviyanti & Hidayah, 2016), mendukung kesehatan sistem pencernaan (Sarawa, 2011), mengatasi pellagra, serta mencegah anemia pada ibu hamil (Sukarminiasih dkk., 2024).

2.5 Hidroponik Sistem Substrat

Sistem hidroponik dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan medianya, yaitu hidroponik kultur air dan kultur agregat atau sistem substrat. Hidroponik yang menggunakan media tanam untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman dikenal sebagai sistem hidroponik substrat (Purbajanti *et al.*, 2017). Metode ini memungkinkan akar tanaman tumbuh pada media padat (selain tanah) yang dialiri larutan nutrisi, sehingga tanaman mendapatkan pasokan oksigen, nutrisi, dan air yang mencukupi (Abror & Harjo, 2018).

Jenis media tanam dalam sistem hidroponik dapat berasal dari bahan anorganik maupun organik. Sistem ini menggunakan berbagai jenis media yang mampu menyerap air namun tetap aman bagi tanaman (Maitimu & Agus, 2018). Media tanam hidroponik adalah material selain tanah yang digunakan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Fungsinya adalah untuk menopang tanaman agar tidak mudah tumbang. Pemilihan media tanam dalam sistem hidroponik harus memenuhi kriteria tertentu agar dapat menyediakan air dan udara yang cukup bagi tanaman. Media tanam yang tepat akan memengaruhi kualitas hasil tanaman (Susilawati, 2019).

Kriteria yang harus dipenuhi oleh media dalam sistem substrat antara lain adalah kemampuannya untuk menyerap dan menyimpan air, sehingga tanaman bisa mendapatkan nutrisi dari air yang tersimpan dalam media. Media ini juga harus memiliki kadar garam yang rendah, tidak mudah berubah bentuk, dan tidak cepat kering meskipun suhu ruangan berubah. Selain itu, media harus bebas dari hama dan penyakit yang bisa mengganggu pertumbuhan tanaman serta mengandung kalsium (Susilawati, 2019). Karakteristik media yang ideal meliputi ukuran partikel antara 2-7 mm, mampu mempertahankan kelembapan dan mengeluarkan kelebihan air, serta bebas dari mikroorganisme berbahaya bagi manusia dan tumbuhan. Media tanam juga harus bebas dari kontaminasi limbah industri (Swastika *et al.*, 2018).



Gambar 2.4 Media Arang Sekam (Sumber: Susilawati, 2019)

Sistem hidroponik substrat dapat menggunakan berbagai media sebagai pengganti fungsi tanah, salah satunya adalah arang sekam. Arang sekam dipilih karena sifatnya yang berpori, mampu menahan air dengan baik, dan ringan (Ginanjari *dkk.*, 2021). Menurut Christy (2020), substrat arang sekam dapat menyerap dan melepaskan air, sehingga mencegah pembusukan pada akar dan

batang tanaman. Sifat porositas arang sekam juga mempermudah tanaman dalam mendapatkan oksigen untuk proses respirasi. Paramita (2010) menjelaskan bahwa respirasi adalah proses penyerapan oksigen yang digunakan dalam oksidasi untuk menghasilkan energi berupa ATP, dengan hasil sampingan berupa karbon dioksida dan air.

Media dalam sistem hidroponik substrat beragam jenisnya, termasuk yang berbahan dasar organik dan anorganik. Salah satu media organik yang sering digunakan adalah arang sekam. Arang sekam dianggap sebagai media tanam yang sangat baik dalam hidroponik karena memiliki porositas yang memungkinkan penyimpanan air yang optimal. Media ini juga kaya akan kandungan kalium dan karbon yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Mahdalena dkk., 2018). Mahdalena dkk., (2018) menambahkan bahwa arang sekam merupakan media tanam yang ideal dalam sistem hidroponik karena sifatnya yang berpori dan kemampuannya dalam menyimpan air dengan baik. Selain itu, media tanam organik ini kaya akan kalium dan karbon yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

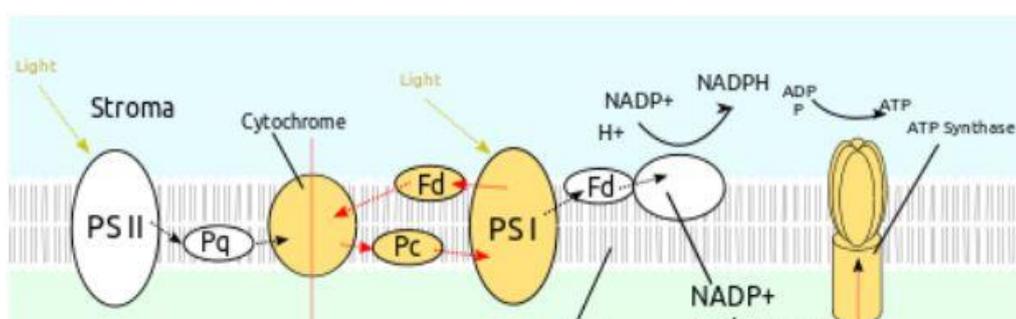
2.6 Fotosintesis

Salah satu proses penting dalam kehidupan tanaman adalah fotosintesis, yang merupakan proses biokimia untuk menghasilkan energi yang dapat digunakan (nutrisi). Dalam proses ini, karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) diubah menjadi senyawa organik yang mengandung karbon dan kaya energi dengan bantuan cahaya. Fotosintesis juga berfungsi sebagai salah satu metode asimilasi karbon, di mana karbon bebas dari CO_2 diikat (difiksasi) menjadi gula yang berfungsi sebagai molekul penyimpan energi (Rizaludin & Melina, 2020). Fotosintesis

merupakan proses pembentukan karbohidrat dari bahan-bahan anorganik, yaitu CO_2 dan H_2O , yang terjadi pada tumbuhan berpigmen dengan bantuan energi dari sinar matahari (Azizah, dkk., 2022).

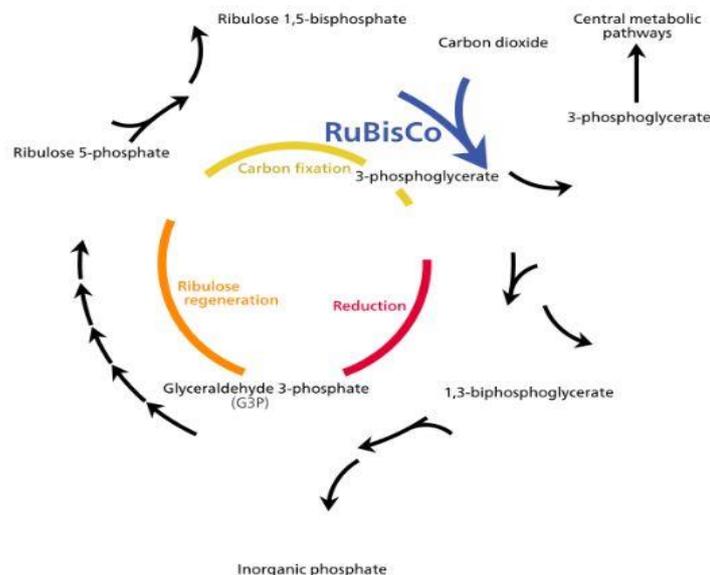
Fotosintesis terdiri dari dua tahap utama, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap (Johnson, 2016). Reaksi terang dan reaksi gelap merupakan dua tahap berurutan dalam proses fotosintesis pada tumbuhan. Reaksi terang berlangsung di membran tilakoid dalam kloroplas, sementara reaksi gelap terjadi di bagian stroma kloroplas. Pada reaksi terang, energi cahaya matahari diserap oleh klorofil. Sebaliknya, reaksi gelap dikatalisis oleh berbagai enzim. Perbedaan utama antara keduanya terletak pada perannya: reaksi terang merupakan tahap awal fotosintesis yang menangkap energi cahaya untuk menghasilkan ATP dan NADPH, sedangkan reaksi gelap merupakan tahap lanjutan yang menggunakan ATP dan NADPH dari reaksi terang untuk membentuk glukosa.

Reaksi terang adalah tahap awal fotosintesis yang terjadi di membran tilakoid kloroplas saat ada cahaya matahari. Energi cahaya ditangkap oleh klorofil A sebagai pigmen utama dan klorofil B sebagai pigmen pembantu, lalu diteruskan ke fotosistem II (PS II) dan fotosistem I (PS I) dalam bentuk elektron berenergi tinggi. PS II memecah air (fotolisis) menjadi oksigen, ion hidrogen (H^+), dan elektron, yang kemudian mengalir ke PS I melalui rantai pembawa elektron. PS I juga menghasilkan elektron berenergi tinggi yang digunakan bersama ion H^+ oleh enzim NADP reduktase untuk membentuk NADPH, sementara enzim ATP sintase memanfaatkan ion H^+ untuk menghasilkan ATP (Panawala, 2017). Reaksi terang ditunjukkan pada (**Gambar 2.5**)



Gambar 2.5 Reaksi Terang (Johnson, 2016)

Reaksi gelap merupakan tahap kedua dalam proses fotosintesis, yang bertujuan membentuk glukosa dengan memanfaatkan energi dari ATP dan NADPH yang dihasilkan pada reaksi terang. Proses ini berlangsung di stroma kloroplas dan terjadi melalui dua jalur utama, yaitu siklus C₃ (siklus Calvin) dan siklus C₄ (siklus Hatch-Slack). Pada siklus Calvin, proses dimulai dengan fiksasi karbon dioksida ke ribulosa 1,5-bifosfat oleh enzim rubisco, membentuk senyawa enam karbon yang tidak stabil, lalu terurai menjadi dua molekul 3-fosfoglisarat. Sebagian 3-fosfoglisarat direduksi menjadi heksosa fosfat (gula), sementara sisanya digunakan untuk meregenerasi ribulosa 1,5-bifosfat. Namun, ketika kadar CO₂ rendah, rubisco bisa mengikat oksigen, menyebabkan fotorespirasi yang mengurangi efisiensi fotosintesis. Dalam siklus C₄, karbon dioksida difiksasi terlebih dahulu menjadi fosfoenol piruvat membentuk oksaloasetat (senyawa empat karbon), yang kemudian diubah menjadi malat. Malat dipindahkan ke sel selubung pembuluh, di mana CO₂ dilepaskan untuk masuk ke siklus Calvin, sehingga meningkatkan efisiensi fiksasi karbon (Panawala, 2017). Reaksi gelap ditunjukkan pada (**Gambar 2.6**)



Gambar 2.6 Siklus Calvin (Johnson, 2016)

2.6.1 Laju Fotosintesis

Laju fotosintesis berperan sebagai faktor pembatas utama dalam pertumbuhan tanaman, karena menentukan jumlah asimilat yang tersedia untuk membangun biomassa tanaman (Lambers *et al.*, 2008). Laju fotosintesis adalah tingkat atau kecepatan di mana tanaman mengkonversi energi cahaya menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis, biasanya diukur dalam satuan $\mu\text{mol CO}_2$ yang difiksasi per meter persegi luas daun per detik ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Sukmawati, dkk., 2025). Laju fotosintesis merupakan indikator penting dari produktivitas tanaman yang menunjukkan seberapa efisien tanaman dapat mengasimilasi karbon dioksida dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbohidrat dengan bantuan energi cahaya (Ainsworth & Long, 2021)

Intensitas cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap laju fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Menurut Li *et al.* (2018), peningkatan intensitas cahaya hingga titik jenuh akan meningkatkan laju fotosintesis yang berdampak langsung pada akumulasi biomassa. Namun,

ketika intensitas cahaya melampaui titik jenuh cahaya, laju fotosintesis tidak lagi meningkat dan dapat menyebabkan fotoinhibisi yang justru menurunkan produktivitas tanaman (Powles & Björkman, 2004). Penelitian yang dilakukan oleh Hikosaka *et al.* (2016) menunjukkan bahwa tanaman memiliki kemampuan adaptasi terhadap kondisi cahaya melalui perubahan anatomi daun, komposisi pigmen, dan aktivitas enzim fotosintesis, yang pada akhirnya mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan.

Pertumbuhan tanaman merupakan proses kompleks yang sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dalam media tanam. Pemupukan sebagai upaya penambahan nutrisi menjadi faktor penting untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman (Marschner, 2012). Dalam konteks pertanian berkelanjutan, Pupuk Organik Cair (POC) telah menjadi alternatif yang semakin diminati karena kemampuannya menyediakan nutrisi sekaligus memperbaiki kondisi tanah dengan dampak lingkungan yang lebih minimal dibandingkan pupuk kimia konvensional (Arancon *et al.*, 2019).

Pupuk Organik Cair (POC) didefinisikan sebagai pupuk yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan, dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk cair, dan dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba yang bermanfaat (Permentan No. 01/2019). Komposisi hara dalam POC sangat bervariasi tergantung pada bahan baku dan proses pembuatannya. Menurut Burnett *et al.*, (2016), POC umumnya mengandung makronutrien esensial seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta berbagai mikronutrien seperti besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn),

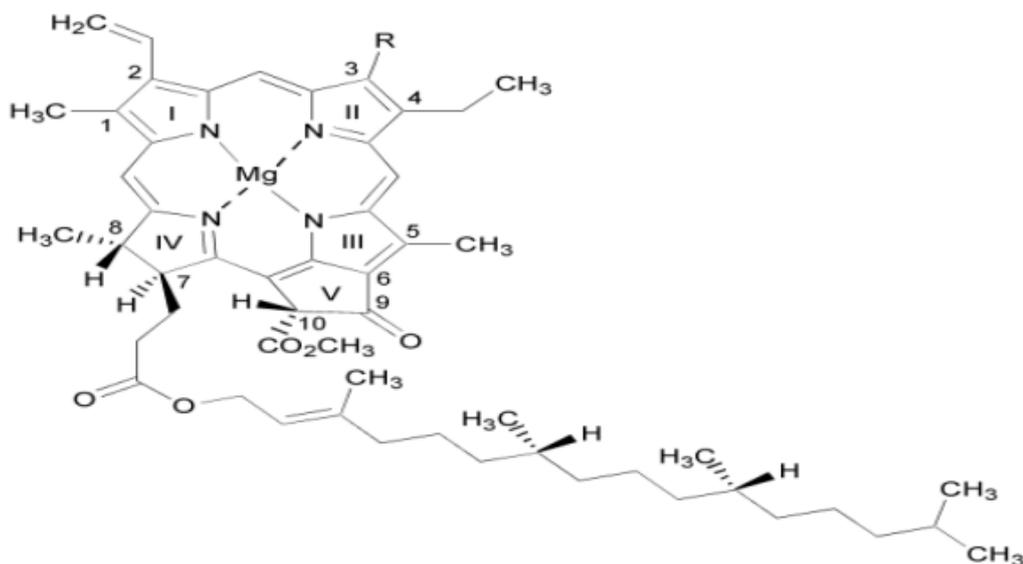
tembaga (Cu), boron (B), dan molibdenum (Mo) dalam bentuk yang mudah tersedia bagi tanaman.

Nutrisi mineral juga memainkan peran penting dalam menghubungkan laju fotosintesis dengan pertumbuhan tanaman. Defisiensi nitrogen, fosfor, dan magnesium dapat menurunkan laju fotosintesis melalui penurunan sintesis klorofil, protein, dan enzim fotosintesis (Marschner, 2012). Hawkesford *et al.* (2012) menunjukkan bahwa pemupukan nitrogen yang optimal dapat meningkatkan laju fotosintesis hingga 30% yang berkontribusi langsung terhadap peningkatan biomassa tanaman. Penelitian oleh Reich *et al.* (2009) mengkonfirmasi adanya korelasi positif antara kandungan nitrogen daun, kapasitas fotosintesis, dan tingkat pertumbuhan relatif pada berbagai spesies tanaman.

Nitrogen dalam POC berperan penting dalam sintesis asam amino, protein, dan klorofil, yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman. Penelitian Supartha *et al.* (2012) menunjukkan bahwa aplikasi POC dengan kandungan nitrogen yang memadai secara signifikan meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun pada tanaman bayam. Hal ini diperkuat oleh studi Suhastyo *et al.*, (2018) yang melaporkan peningkatan jumlah daun hingga 38% pada tanaman sawi yang diberi POC dibandingkan dengan kontrol.

Nitrogen merupakan komponen struktural utama molekul klorofil. Secara kimia, molekul klorofil tersusun dari struktur cincin porfirin dengan atom magnesium (Mg) di tengahnya, dan nitrogen sebagai komponen penting dalam empat cincin pirol penyusun struktur porfirin tersebut (Ibrahim *et al.*, 2024). Berdasarkan strukturnya, klorofil merupakan porfirin yang mengandung cincin

dasar tetrapirel yang saling berikatan melalui jembatan metin (-C=) (Yilmaz & Gokmen 2016). Klorofil mengikat ion Mg di tengah dan memiliki cincin isosiklik kelima yang berada dekat dengan cincin pirol ketiga (Gambar 2.7). Setiap molekul klorofil mengandung empat atom nitrogen yang membentuk ikatan dengan atom karbon dalam struktur cincin. Pada cincin keempat, substituen asam propionat diesterifikasi oleh gugus fitol yang bersifat hidrofobik. Klorofil pada tanaman terdiri atas dua jenis, yaitu klorofil a dan klorofil b. Klorofil a mempunyai gugus metil (CH₃), bersifat kurang polar dan berwarna biru hijau. Sementara itu, klorofil b mengikat gugus formil (CHO), bersifat polar, dan berwarna kuning hijau (Rahayuningsih *et al.* 2018).



Gambar 2.7 Struktur Klorofil (Indrasti, dkk., 2019)

Kadar klorofil dalam daun merupakan faktor penting yang mempengaruhi laju fotosintesis. Klorofil adalah pigmen hijau yang terdapat dalam kloroplas sel tumbuhan, yang berfungsi untuk menyerap cahaya matahari, terutama dalam spektrum biru dan merah. Proses fotosintesis terjadi ketika energi cahaya yang diserap oleh klorofil digunakan untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi

glukosa dan oksigen. Semakin tinggi kadar klorofil dalam daun, semakin banyak cahaya yang dapat diserap, yang pada gilirannya meningkatkan laju fotosintesis (Kumar & Singh, 2018). Penelitian Zhang *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa tumbuhan yang tumbuh pada intensitas cahaya rendah cenderung memiliki kadar klorofil lebih tinggi per unit area daun untuk mengoptimalkan penangkapan cahaya. Penelitian ini menunjukkan korelasi positif antara peningkatan kadar klorofil dengan peningkatan efisiensi fotosintesis pada kondisi cahaya terbatas.

Laju fotosintesis berperan penting dalam menentukan biomassa tanaman, karena proses ini mengubah CO₂ menjadi karbohidrat yang disimpan dalam bentuk biomassa. Tumbuhan menyerap karbon dioksida (CO₂) dari udara kemudian diubah menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis, hal ini yang menjadikan biomassa tumbuhan mengalami pertumbuhan dan perkembangan karena tumbuhan mampu membuat makanan sendiri yang disebut dengan produktivitas primer (Gunawan *et al.*, 2022)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan sebagai berikut :

P0: AB Mix 100% (10 ml/L AB Mix)

P1: AB mix 75 % + POC 25% (7,5 ml/L AB Mix + POC 5 ml/L)

P2: AB mix 50 % + POC 50% (5 ml/L AB Mix + POC 10 ml/L)

P3: AB mix 25 % + POC 75% (2,5 ml/L AB Mix +POC 15 ml/L)

P4: POC 100% (POC 20 ml/L)

Berdasarkan perhitungan $t(r-1) \geq 15$ dengan 5 perlakuan, maka dilakukan pengulangan sebanyak 4 ulangan, sehingga terdapat 20 satuan percobaan.

3.2 Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian dan pengamatan hasil sawi hijau ini dilakukan pada bulan Februari-April 2025 di Desa Sukoanyar, Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang tinggi tempat 525 mdpl. Analisis kandungan unsur hara mikro pada POC kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) di uji di laboratorium UPT PATPH Bedali Lawang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah wadah fermentasi POC, alat pengaduk pupuk, alat ukur (pH meter, penggaris, timbangan digital, gelas

ukur 50ml, 100ml, 1000ml masing-masing 1 buah), alat penyaring pupuk, kaleng cat 5 kg 20 buah sebagai wadah tanaman. Kertas label 1 lembar, sekop kecil satu buah, sarung tangan lateks, jerigen 2L 2 buah, pisau 1 buah, gunting 1 buah, botol aqua isi 1,5 liter 1 buah, karung 1 buah, 1 set alat tulis, kamera 1 buah

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah 7 kg kotoran ulat hongkong (*Tenebrio molitor*), 350 ml Efektif Mikroorganisme (EM4), 350 ml molase (tetes tebu), 25 ml nutrisi AB mix, air, benih sawi hijau (*Brassica juncea* L.) merk Tosakan, dan arang sekam sebagai media tanam.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel-variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas meliputi:

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi kombinasi pupuk organik cair kotoran ulat hongkong dan AB mix dengan 5 perlakuan antara lain: AB mix 100% (P0), AB mix 75 % + POC 25% (P1), AB mix 50 % + POC 50% (P2), AB mix 25 % + POC 75% (P3), POC 100% (P4),

2. Variabel terikat meliputi:

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah luas daun, jumlah daun, berat basah tanaman, kadar klorofil daun, dan laju fotosintesis.

3. Variabel kontrol meliputi:

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah benih tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.), lokasi, waktu penelitian, metode penanaman hidroponik sistem substrat, dan pemberian nutrisi.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*)

Pembuatan pupuk organik cair (POC) yang berasal dari kotoran ulat Hongkong menurut Efiyati, (2015) adalah sebagai berikut:

1. Mencampurkan 0,35 liter Effektif Mikroorganisme 4 (EM4) dengan 0,35 liter molase (tetes tebu) bertujuan untuk mengaktifkan mikroorganisme dalam larutan EM4 yang sebelumnya dalam keadaan dorman. Molase berfungsi sebagai nutrisi untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme di dalam EM4, yang akan memecah substrat menjadi pupuk. Sebagai sumber karbon dan nitrogen, molase dibiarkan selama 6 jam untuk proses aktivasi.
2. Memasukkan 7 kg kotoran ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) ke dalam karung bertujuan agar air dapat meresap ke dalam pori-pori karung, sementara bahan di dalam karung tetap aman dan tidak terlepas. Setelah itu, karung diikat dengan rapi.
3. Memasukkan karung berisi kotoran ulat hongkong ke dalam wadah besar (\pm 30 liter).
4. Memasukkan 17,5 liter air, kemudian mengaduknya secara berkala.
5. Melarutkan campuran EM4 dan molase pada larutan kotoran ulat hongkong (*Tenebrio molitor*).
6. Mengaduk larutan pupuk tersebut selama 15 menit.

7. Menutup dan meletakkan di tempat teduh dan tidak terkena sinar matahari langsung.
8. Mengaduk 15 menit setiap hari selama 21 hari (fermentasi selama 21 hari). Fermentasi berfungsi untuk menguraikan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan mikroorganisme. Dalam larutan EM4, mikroorganisme berperan dalam memecah material organik yang terdapat dalam kotoran ulat Hongkong.
9. Menyaring ampas dari cairan pupuk organik cair yang telah matang, yang ditandai dengan warna kuning kecoklatan dan aroma khas kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*).
10. Pupuk siap digunakan untuk nutrisi tanaman.

3.5.2. Kandungan Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*)

Analisis kandungan unsur hara mikro pada POC kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) di uji di laboratorium UPT PATPH Bedali Lawang. Berikut tabel hasil analisis kandungan pupuk organik cair kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) (Tabel 3.1):

Tabel 3.1 Hasil Analisis POC Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*)

| No | Parameter Uji | POC Kotoran ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i>) | SNI |
|----|--------------------------------------|--|-------|
| 1. | C-organik | 16,47% | >10% |
| 2. | N-total | 2,01% | >0,5% |
| 3. | P ₂ O ₅ -total | 2,11% | 2-6% |
| 4. | K ₂ O total | 2,08% | 2-6% |
| 5. | C/N Rasio | 8,19 | >20 |

| | | | |
|----|----|------|-----|
| 6. | pH | 5,55 | 4-9 |
|----|----|------|-----|

3.5.3 Pembuatan Larutan Nutrisi AB mix

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

3.5.4 Pembuatan Larutan Kombinasi POC dan AB Mix

Pembuatan larutan nutrisi dengan mengencerkan POC yang dikombinasikan AB mix dengan perlakuan sebagai berikut:

- a. Konsentrasi AB Mix 75 % + POC 25%, sebanyak 5 ml POC ditambah 495 ml air, kemudian dicampur dengan AB Mix 7,5 ml yang ditambahkan 492,5 ml air hingga total volume mencapai 1000 ml
- b. Konsentrasi AB Mix 50 % + POC 50%, sebanyak 10 ml POC ditambah 490 ml air, kemudian dicampur dengan AB mix 5 ml yang ditambahkan 495 ml air hingga total volume mencapai 1000 ml
- c. Konsentrasi AB Mix 25 % + POC 75 %, sebanyak 15 ml POC ditambah 485 ml air, kemudian dicampur dengan AB mix 2,5 ml yang ditambahkan 497,5 ml air hingga total volume mencapai 1000 ml.
- d. Konsentrasi POC 100%, sebanyak 20 ml POC ditambah 480 ml air, hingga total volume mencapai 1000 ml.

3.5.5 Penyiapan Media Tanam

Arang sekam yang telah dibeli dimasukkan ke dalam kaleng cat berukuran 5 kg sesuai dengan jumlah perlakuan dan ulangan yaitu sebanyak 20 buah.

Selanjutnya, arang sekam tersebut diberi sedikit air agar lebih mudah untuk menanam bibit sawi hijau (*Brassica juncea* L.).

3.5.6 Persiapan Benih

Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih sawi hijau (*Brassica juncea* L.) merk Tosakan. Tahap awal persiapan benih melibatkan perendaman dalam air hangat (35° - 40° C) selama setengah jam untuk mengatasi dormansi, memilih biji yang berkualitas, serta menghilangkan biji yang cacat. Setelah proses perendaman, biji-biji tersebut dikeringkan dan kemudian disebar di area persemaian.

3.5.7 Persemaian

Beberapa kaleng cat yang sudah diisi dengan media arang sekam disiapkan, kemudian biji sawi ditaburkan secara merata. Setiap kaleng cat berisi 3 tanaman, lalu ditutup dengan sedikit media dan ditempatkan di lokasi yang teduh.

3.5.8 Penanaman

Tanaman sawi yang telah disemai ditunggu hingga berumur 3 hari. Setelah itu, bibit sawi dapat dipindahkan ke tempat yang terkena sinar matahari langsung.

3.5.9 Pemeliharaan

Pemeliharaan sawi hijau bertujuan untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal, pemeliharaan dilakukan dari tahap penanaman hingga panen. Penyiraman tanaman dilakukan setiap hari pada pagi hari sekitar pukul 09.00 WIB selama 5 minggu. Selain itu, sanitasi merupakan aspek penting dalam pemeliharaan, seperti mencabut gulma yang tumbuh di sekitar tanaman.

Penggunaan pestisida organik yang terbuat dari ekstrak kulit pepaya juga dapat diterapkan untuk mengatasi hama.

3.5.10 Pemupukan

Pemupukan dilakukan secara berkala setiap 1 minggu sekali pada pagi hari pukul 09.00 WIB selama 5 minggu. Proses pemupukan dilakukan dengan cara menyiramkan pupuk ke media tanam sesuai dengan takaran konsentrasi yang dibutuhkan.

3.5.11 Panen

Pemanenan sawi dilakukan setelah tanaman berusia 40 HST. Pada tahap ini, seluruh tanaman sawi diambil dengan cara mencabutnya dan membersihkan media tanam yang melekat pada akarnya. Setelah itu, tanaman sawi diletakkan di tempat yang bersih dan sejuk untuk pencatatan hasil panen.

3.6 Variabel Pengamatan

3.6.1 Jumlah Daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan setiap 10 HST, 20 HST, 30 HST, dan 40 HST dengan menghitung jumlah daun yang telah sepenuhnya terbuka.

3.6.2 Luas Daun

Pengamatan luas daun dilakukan pada umur 40 HST dengan menggunakan software imageJ. Metode pengukuran luas daun dengan citra digital melibatkan dua tahap utama. Pertama, akuisisi citra daun, dan kedua, pengolahan citra untuk menghitung luasnya (Purnama *et al.*, 2020). Aplikasi ImageJ digunakan untuk memproses citra dan mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Aplikasi ini

bersifat open-source dan dikembangkan oleh Laboratorium Ilmu Optik serta Institut Kesehatan Nasional (Zhichen *et al.*,2022).

3.6.3 Berat Basah Tanaman

Pengukuran berat basah tanaman dilakukan pada hari ke 40 HST. Setelah dipanen, tanaman dibersihkan dari media yang menempel dan kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital.

3.6.4 Kadar Klorofil

Pengujian kadar klorofil dapat dilakukan dengan menggunakan klorofilmeter. Alat ini berfungsi dengan memancarkan cahaya ke daun dan mengukur cahaya yang dipantulkan. Dengan menganalisis perbedaan intensitas cahaya yang diserap dan dipantulkan, alat ini dapat menghitung kadar klorofil yang terdapat dalam daun. Pengamatan dilakukan pada ujung, tengah, dan pangkal daun

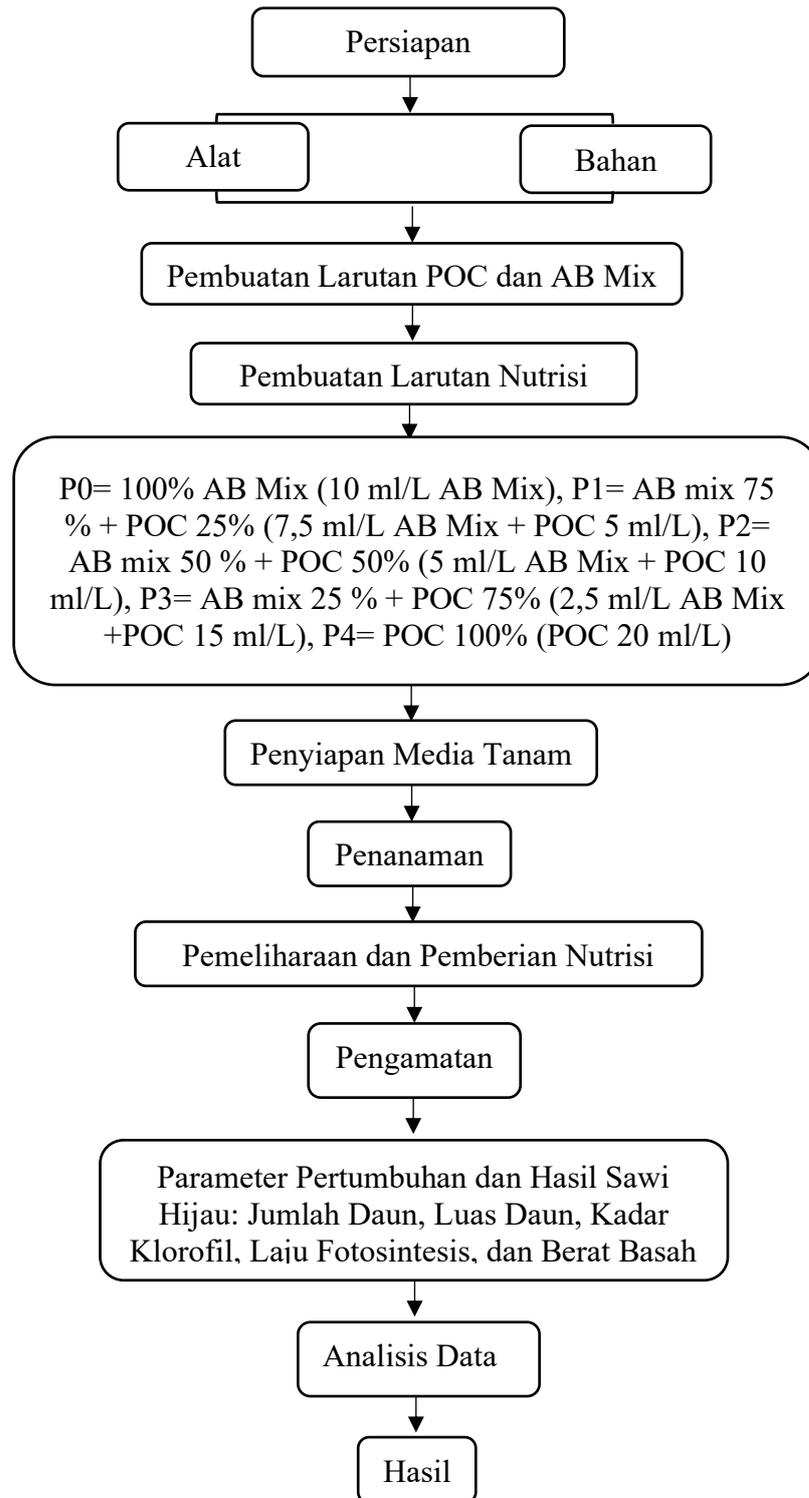
3.6.5 Laju Fotosintesis

Pengamatan laju fotosintesis dilakukan dengan menggunakan alat *Plant Photosynthesis Meter* pada saat 30 HST, 32 HST, dan 34 HST. Pengamatan dilakukan pada daun ke-2 atau ke-3 dari atas.

3.7 Analisis data

Data pengamatan yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis variansi (ANAVA) dengan bantuan SPSS. Jika ditemukan pengaruh yang signifikan pada perlakuan, akan dilakukan uji lanjut menggunakan DMRT dengan taraf 5%.

3.8 Desain Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) dalam Hidroponik Sistem Substrat

Pupuk organik cair (POC) kombinasi kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix memiliki pengaruh signifikan terhadap parameter pertumbuhan dan hasil sawi hijau (*Brassica juncea* L.) seperti jumlah daun, laju fotosintesis, kadar klorofil total, luas daun dan berat basah tanaman. Pemberian POC yang merupakan kombinasi kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan serta hasil tanaman. Selain itu, perlakuan ini menunjukkan hasil yang signifikan dibandingkan dengan POC saja. Hasil tersebut dapat menunjukkan bahwa kombinasi POC ulat Hongkong dan AB Mix mampu memberikan peningkatan dalam proses pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) dalam hidroponik sistem substrat (Tabel 4.2). Hal ini sesuai dengan pernyataan Puspawati *et al.*, 2016 bahwa kombinasi POC dan AB Mix memiliki peran penting dalam meningkatkan dan melengkapi kebutuhan unsur hara tanaman, sekaligus memberikan rangsangan bagi tanaman untuk mempercepat pemanjangan sel. Pengaruh POC kombinasi kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap pertumbuhan jumlah daun dapat dilihat pada (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan ABmix Terhadap Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) Dalam Hidroponik Sistem Substrat

| Perlakuan | Rata-rata Jumlah Daun Pada Umur Pengamatan (HST) | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|
| | 10 HST | 20 HST | 30 HST | 40 HST |
| P0 | 3,50 | 7,00b | 7,83 | 8,58b |
| P1 | 3.25 | 6,33a | 6,83 | 7,41a |
| P2 | 3,29 | 6,29a | 7,62 | 8,25b |
| P3 | 3,50 | 6,91b | 7,54 | 8,33b |
| P4 | 3,20 | 6,12a | 7,21 | 7,37a |

Keterangan: P0 (100% AB Mix), P1 (75% AB Mix + 25% POC), P2 (50% AB Mix + 50% POC), P3 (25% AB Mix + 75% POC), P4 (100% POC). Angka yang terdapat dalam satu kolom dan baris yang diikuti oleh huruf atau notasi yang sama menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada uji DMRT 5%.

Hasil menunjukkan bahwa umur pengamatan 10 HST jumlah daun dari masing-masing perlakuan tidak ada perbedaan. Memasuki umur 20 HST jumlah daun sawi hijau pada perlakuan kontrol dengan perlakuan kombinasi nutrisi menunjukkan perbedaan signifikan, sedangkan pada umur 30 HST jumlah daun dari masing-masing perlakuan tidak ada perbedaan. Menjelang panen umur pengamatan 40 HST pada perlakuan kontrol dengan kombinasi nutrisi menunjukkan perbedaan signifikan. Perlakuan P0 dan P3 pada umur 10-40 HST menunjukkan jumlah daun tertinggi, sedangkan pada P4 menunjukkan jumlah daun paling rendah.

Pertambahan jumlah daun pada tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) menunjukkan bahwa kebutuhan akan nutrisi makro dan mikro sangat penting dalam proses peningkatan jumlah daun. Pemberian kombinasi nutrisi POC dan

AB Mix pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan jumlah daun, namun hasil pertumbuhannya tidak lebih baik dibandingkan dengan pemberian nutrisi AB Mix saja (Gambar 4.1). Konsentrasi pupuk organik cair pada tanaman perlu ditentukan sesuai dengan ukuran untuk mencapai hasil pertumbuhan yang optimal. Hal ini sesuai dengan firman Allah dalam Surah Al-Qamar ayat 49.

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

Artinya : “*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu sesuai dengan ukuran*”

Menurut tafsir kemenag (2019) dijelaskan bahwa “Apa yang terjadi pada semua makhluk sudah ditetapkan oleh Allah. Sungguh, Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran, yaitu sesuatu yang telah ditetapkan”. Menurut Ash-Shiddieqy (2000) dalam tafsir al-Qur’anul Majid An-Nuur dijelaskan bahwa semua yang ada dalam hidup ini adalah dengan takdir Allah, yang ditakdirkan sesuai dengan hikmat-Nya dan menurut sunnah-sunnah-Nya yang telah ditetapkan.

Menurut Shihab, (2002) dalam tafsir Al-Misbah menafsirkan ayat ini menegaskan bahwa dalam rangka *pengaturan* dan *kadar* yang ditetapkan Allah atas segala sesuatu itu. Selanjutnya dalam rangka pengaturan dan kadar yang ditetapkan Allah atas segala sesuatu itu, kita melihat bahwa setiap makhluk hidup diberi senjata untuk membentengi dirinya dalam melawan serangan musuh-musuhnya atau menghindari bahaya kepunahannya. Senjata itu beraneka ragam dan berbeda-beda antara satu dengan yang lain. Ular-ular kecil dilengkapi dengan racun atau kelincihan bergerak, sedang ular-ular besar mempunyai otot yang sangat kuat, tetapi jarang yang memiliki racun. Demikian seterusnya, sampai kepada manusia. Tidak ada satu pun yang Allah ciptakan sia-sia atau tanpa tujuan

yang benar dan kesemuanya diberi potensi yang sesuai dan dengan kadar yang cukup untuk melaksanakan fungsinya, dan semuanya kait berkait, tunjang menunjang dalam satu keseimbangan.

Menurut Asy-Syaukani, I., (1964) dalam tafsir Fathul Qadir yang di ta'liq oleh Ibrahim (2008) menjelaskan bahwa *إِنَّا كُلُّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ* (*Sesungguhnya*

Kami menciptakan segala sesuatu sesuai dengan ukuran). Jumbuh membacanya

dengan me-*nashab*-kan *كُلُّ* sebagai *isytighal*. Sementara itu, Abu As-Simak

membacanya dengan *rafa'* [*كُلُّ*]. Maknanya yaitu, segala sesuatu yang diciptakan

Allah diliputi dengan ketetapan qadar dan qadha'-Nya yang telah ada di dalam ilmu-Nya dan tertulis di dalam Lauh Mahfuzh sebelum kejadiannya.

Tidak ada satu pun yang Allah ciptakan sia-sia atau tanpa tujuan yang benar dan kesemuanya diberi potensi yang sesuai dan dengan kadar yang cukup untuk melaksanakan fungsinya, dan semuanya kait berkait, tunjang menunjang dalam satu keseimbangan. Tidak ada satu pun dari ciptaan Allah yang tidak memiliki ukuran yang tepat dan pasti. Ayat ini menunjukkan adanya keteraturan dan keseimbangan dalam ciptaan Allah. Segala sesuatu telah diatur sesuai dengan fungsi dan tujuannya masing-masing. Hal ini membuktikan kesempurnaan ilmu dan kekuasaan Allah SWT. Ayat ini mengajarkan kepada manusia untuk meneliti dan mengkaji ciptaan Allah. Bahkan hal-hal yang tampak tidak berguna pun, jika diteliti dengan seksama, akan ditemukan manfaat dan hikmahnya sesuai dengan

ukuran yang telah ditetapkan Allah. Dalam konteks penelitian tentang kotoran ulat Hongkong sebagai pupuk organik menunjukkan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu, termasuk kotoran ulat dengan kadar nutrisi yang tepat, sehingga dapat bermanfaat sebagai pupuk organik yang mendukung pertumbuhan optimal tanaman.

Aullia, dkk., (2023) menyatakan bahwa POC belum dapat digunakan sebagai satu-satunya nutrisi dalam budidaya tanaman secara hidroponik, sehingga harus dikombinasikan dengan nutrisi AB mix yang mengandung unsur hara lengkap agar pertumbuhan tanaman menjadi optimal. Hal ini disebabkan oleh kandungan unsur hara dalam POC yang belum lengkap jika dibandingkan dengan nutrisi AB mix (Muhadiansyah, dkk., 2016). Menurut penelitian Oviyanti (2016), pemberian unsur hara nitrogen yang cukup dan tepat waktu dapat mempercepat proses fotosintesis, sehingga pembentukan organ daun berlangsung lebih cepat.

Perlakuan (P4) menunjukkan pertumbuhan jumlah daun yang paling rendah, sejalan dengan penelitian Sesanti dkk. (2022) yang menyatakan bahwa penggunaan 100% POC menghasilkan tinggi tanaman sawi terendah. Hal ini disebabkan oleh rendahnya kandungan unsur hara dalam POC yang tidak selengkap nutrisi AB Mix. Kekurangan unsur hara, khususnya nitrogen (N), menjadi faktor pembatas utama dalam pertumbuhan tanaman. Nitrogen merupakan komponen penting dalam pembentukan klorofil, asam amino, protein, dan asam nukleat (Leghari *et al.*, 2016). Pada tanaman yang kekurangan nitrogen, pembentukan klorofil menjadi terhambat, terlihat dari warna daun yang pucat atau kekuningan (klorosis) (Taiz & Zeiger, 2015).

Ketika jumlah klorofil berkurang, kemampuan tanaman untuk menangkap energi cahaya dalam proses fotosintesis juga menurun secara signifikan (Mu & Chen, 2021). Fotosintesis yang tidak optimal mengakibatkan penurunan produksi karbohidrat sebagai hasil dari fiksasi karbon dioksida. Proses ini sangat penting karena karbohidrat yang dihasilkan dari fotosintesis merupakan bahan dasar untuk pembentukan berbagai senyawa organik yang diperlukan tanaman (Hopkins & Hüner, 2008).

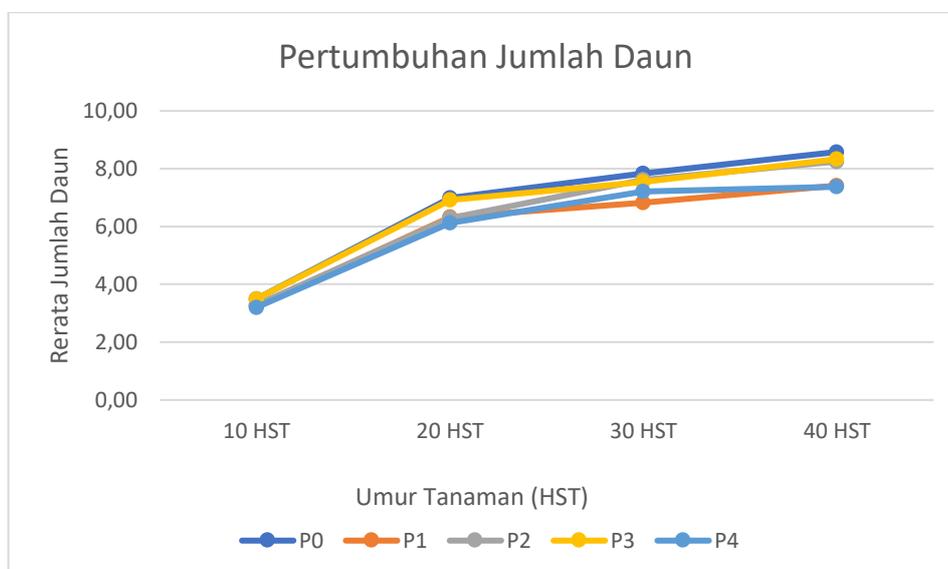
Penurunan laju fotosintesis berdampak langsung pada berkurangnya produksi senyawa organik seperti gula, pati, selulosa, dan berbagai metabolit sekunder yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Havaux, 2020). Keterbatasan senyawa organik ini selanjutnya menghambat pembentukan sel-sel baru dan pembesaran sel, yang mengakibatkan pertumbuhan vegetatif tanaman terhambat, termasuk pembentukan daun baru dan perluasan daun yang sudah ada (Lambers dkk., 2018).

Akhirnya, rendahnya produksi biomassa tanaman merupakan hasil kumulatif dari semua proses tersebut (Zhang *et al.*, 2019). Biomassa yang rendah mencerminkan akumulasi bahan organik yang kurang optimal sebagai hasil dari fotosintesis yang terbatas. Ini menjelaskan mengapa perlakuan kontrol dan penggunaan 100% POC menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan nutrisi AB Mix.

Meskipun pupuk hayati tidak dapat sepenuhnya menggantikan pupuk anorganik sebagai sumber nutrisi dalam hidroponik seperti yang dikemukakan oleh Bastian dkk. (2013), penggunaannya sebagai tambahan dapat membantu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, termasuk nitrogen, sehingga dapat

mendukung proses pembentukan klorofil, fotosintesis, produksi senyawa organik, dan pada akhirnya meningkatkan biomassa tanaman (Rouphael & Colla, 2020).

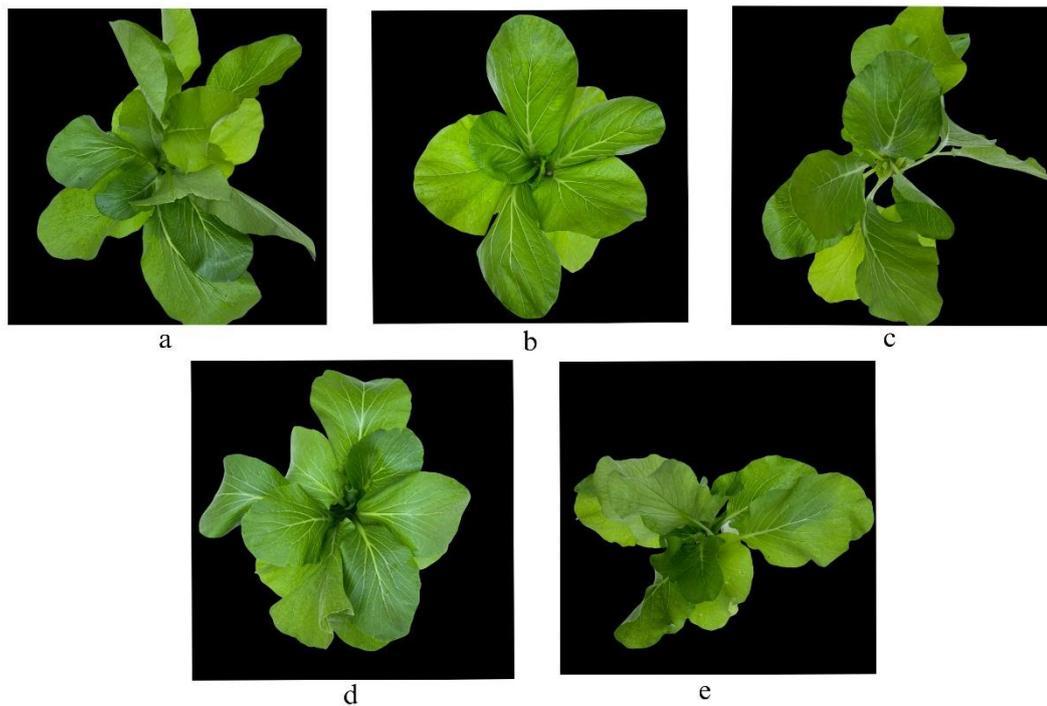
Setiap perlakuan menunjukkan peningkatan jumlah daun dengan tingkat yang berbeda-beda. Selain itu, seiring bertambahnya umur tanaman, perbedaan pertumbuhan juga terlihat pada masing-masing perlakuan. Pemberian nutrisi pada P0 dan P3 mampu mempengaruhi pertumbuhan jumlah daun paling cepat pada tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) secara hidroponik. Perkembangan pertumbuhan tersebut dapat diamati secara visual melalui grafik pada (**Gambar 4.1**)



Gambar 4. 1 Pertumbuhan Jumlah Daun Selama 40 HST

Berdasarkan grafik yang diperoleh, perlakuan kontrol (P0) menunjukkan pertumbuhan jumlah daun yang paling tinggi dan (P3) termasuk jadi urutan kedua. Akhir pengamatan di umur 40 HST, jumlah daun tertinggi juga terlihat pada perlakuan P0 kemudian disusul dengan perlakuan P3. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya jumlah daun yang tumbuh disebabkan oleh kandungan unsur hara nitrogen dalam larutan nutrisi, karena nitrogen merupakan komponen utama

dalam pembentukan berbagai zat penting pada daun tanaman. Selain itu, nitrogen juga diperlukan untuk sintesis senyawa penting seperti klorofil, asam nukleat, dan enzim (Safridar, dkk., 2021). Oleh karena itu, pada penelitian pemberian konsentrasi nutrisi P0 dan P3 memberikan hasil pertumbuhan jumlah daun yang tertinggi (Gambar 4.2).



Gambar 4. 2 Jumlah Daun Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) a. (100% AB Mix), b. (75% AB Mix + 25% POC), c. (50% AB Mix + 50% POC), d. (25% AB Mix + 75% POC), e. (100% POC)

Tabel 4.2 Pengaruh POC Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) Dan AB Mix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

| Perlakuan | Parameter Pengamatan | |
|-----------|------------------------------|--------------------------|
| | Luas Daun (cm ²) | Berat Basah Tanaman (gr) |
| P0 | 110,31a | 148,75a |
| P1 | 92,68a | 123,75a |
| P2 | 87,68a | 137,00a |
| P3 | 103,94a | 151,75a |
| P4 | 85,53a | 114,25a |

Keterangan: P0 (100% AB Mix), P1 (75% AB Mix + 25% POC), P2 (50% AB Mix + 50% POC), P3 (25% AB Mix + 75% POC), P4 (100% POC). Angka yang terdapat dalam satu kolom dan baris yang diikuti oleh huruf atau notasi yang sama menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada uji DMRT 5%.

Berdasarkan hasil yang ditampilkan dalam (Tabel 4.2), luas daun dari P0 sampai P4 menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh signifikan terhadap parameter luas daun. Hal ini diduga unsur hara pada POC belum memenuhi untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Hal ini sejalan dengan pendapat Asmuliani (2021), yang menyatakan bahwa perluasan dan peningkatan ukuran daun tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi.

Salah satu nutrisi Nitrogen (N) dan Magnesium (Mg) memiliki peran penting dalam pembentukan dan fungsi klorofil, yang secara langsung memengaruhi laju fotosintesis. Nitrogen merupakan komponen utama dalam struktur molekul klorofil, sedangkan magnesium bertindak sebagai pusat atom sentral dalam molekul klorofil (Tong *et al.*, 2020). Ketidakseimbangan atau

kekurangan kedua unsur ini dapat menghambat pembentukan klorofil dan menurunkan efisiensi fotosintesis secara signifikan.

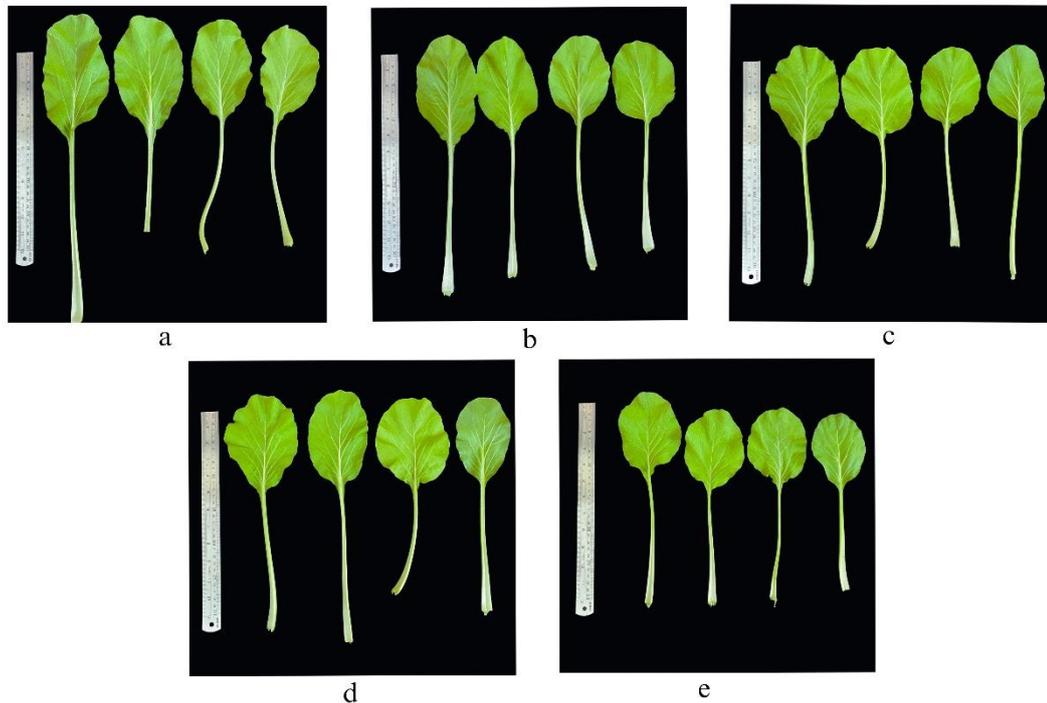
Klorofil yang terbentuk dengan baik akan mengoptimalkan proses fotosintesis, menghasilkan karbohidrat dan energi kimia dalam bentuk ATP melalui reaksi terang (Xie *et al.*, 2019). Hasil fotosintesis ini selanjutnya menjadi sumber energi utama untuk respirasi sel, yang merupakan proses penting dalam menghasilkan energi untuk berbagai reaksi biokimia pertumbuhan tanaman (Liu *et al.*, 2021).

Energi yang dihasilkan dari respirasi digunakan untuk berbagai proses penting, termasuk, sintesis protein dan asam nukleat, pembelahan dan pembesaran sel, transpor aktif nutrisi, pembentukan dinding sel, pertumbuhan jaringan baru. Proses-proses biokimia ini secara langsung memengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman, termasuk perluasan dan perkembangan daun (Zhang *et al.*, 2022). Keterbatasan nutrisi N dan Mg dapat menghambat siklus energi ini, mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang tidak optimal dan mempengaruhi luas daun.

Penelitian Hernández *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa keseimbangan nutrisi, terutama N dan Mg, memiliki korelasi langsung dengan efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Kekurangan salah satu atau kedua unsur ini dapat menyebabkan penurunan signifikan dalam produksi biomassa dan perkembangan organ vegetatif.

Ketersediaan dan ketepatan dalam pemberian nutrisi sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, terutama dalam mempengaruhi luas daun. Penelitian ini, perlakuan P4 menunjukkan luas daun terendah, disebabkan oleh kurangnya

pasokan nutrisi yang diberikan secara tepat waktu dan optimal, yang dapat menghambat proses pertumbuhannya. Menurut Vivonda & Yoseva (2016), peningkatan kadar pemberian nutrisi akan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman, sehingga dapat mendorong proses metabolisme yang lebih optimal dan meningkatkan luas daun.



Gambar 4.3 Luas Daun Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) a. (100% AB Mix), b. (75% AB Mix + 25% POC), c. (50% AB Mix + 50% POC), d. (25% AB Mix + 75% POC), e. (100% POC)

Berat basah sawi hijau pada semua perlakuan menunjukkan hasil tidak berbeda signifikan terhadap parameter berat basah. Berat basah sawi hijau menunjukkan hasil berkisar 114,25 gram sampai 148,75 gram. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil berat basah tertinggi diperoleh pada P3 (25% AB Mix + 75% POC) (Tabel 4.3). Hal ini disebabkan oleh ketersediaan unsur hara yang lengkap dalam larutan nutrisi, sehingga kebutuhan tanaman selada dapat terpenuhi, Ketersediaan kandungan unsur hara makro dan mikro yang diserap

dengan baik oleh tanaman dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara optimal, yang pada gilirannya menghasilkan bobot segar tanaman yang lebih tinggi (Siahaan, 2024). Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurrohman *et al.*, (2014), yang menunjukkan bahwa nutrisi yang lengkap dan tersedianya unsur hara yang diserap tanaman berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun.

Unsur yang berpengaruh pada penyerapan tanaman adalah kalium (K). Menurut Ohshiro *et al.*, (2016), kalium berperan dalam meningkatkan penyerapan pada tanaman. Jasim, (2016) menjelaskan bahwa kalium berfungsi dalam penyerapan air oleh akar dengan mengatur pergerakan air dari sel akar ke jaringan xilem. Unsur K⁺ yang terakumulasi dalam sitoplasma dan vakuola sel-sel parenkim akar kemudian bergerak menuju pembuluh xilem melalui plasmodesmata. Sel-sel akar, termasuk sel epidermis, mengalami penurunan potensial air akibat menurunnya potensial air dalam pembuluh xilem. Jika potensial air dalam sel akar lebih rendah daripada potensial air di larutan tanah, akar tanaman dapat menyerap air, sehingga meningkatkan potensial air di daun.

4.2 Pengaruh POC Kombinasi Kotoran Ulut Hongkong (*Tenebrio molitor*) Dan AB Mix Terhadap Kadar Klorofil dan Laju Fotosintesis Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

Penerapan POC kombinasi kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix menunjukkan hasil berbeda signifikan terhadap kadar klorofil dan laju fotosintesis sawi hijau (Tabel 4.3). Kadar klorofil sawi hijau (*Brassica juncea* L.) menunjukkan hasil berkisar antara 52.36 mg/g sampai 60.45 mg/gram dimana kadar klorofil tertinggi diperoleh pada perlakuan P0 (100% AB Mix) (Tabel 4.3). Selain itu kadar klorofil yang paling rendah menunjukkan pada perlakuan P1 (75%

AB Mix + 25% POC) (Tabel 4.3). Laju fotosintesis sawi hijau (*Brassica juncea* L.) menunjukkan hasil berkisar 18,58 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sampai 21,88 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ dimana laju fotosintesis tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (25% AB Mix + 75% POC) (Tabel 4.3). Selain itu laju fotosintesis yang paling rendah menunjukkan pada perlakuan P1 (75% AB Mix + 25% POC) (Tabel 4.3). Hal tersebut menunjukkan bahwa penerapan POC kombinasi kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix dihasilkan secara maksimal dalam meningkatkan kadar klorofil dan laju fotosintesis.

Tabel 4.3 Pengaruh POC Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) Dan AB Mix Terhadap Kadar Klorofil dan Laju Fotosintesis Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

| Perlakuan | Parameter Pengamatan | |
|-----------|------------------------|--|
| | Kadar Klorofil (mg/gr) | Laju Fotosintesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
| P0 | 60,45b | 20,07ab |
| P1 | 52,36a | 18,58a |
| P2 | 57,98ab | 19,52ab |
| P3 | 55,65ab | 21,88b |
| P4 | 57,12ab | 20,32ab |

Keterangan: P0 (100% AB Mix), P1 (75% AB Mix + 25% POC), P2 (50% AB Mix + 50% POC), P3 (25% AB Mix + 75% POC), P4 (100% POC). Angka yang terdapat dalam satu kolom dan baris yang diikuti oleh huruf atau notasi yang sama menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada uji DMRT 5%.

Pengaruh kombinasi pupuk organik cair (POC) dari kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB Mix terhadap kadar klorofil pada tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) dapat dilihat bahwa perlakuan P0 menghasilkan kadar klorofil tertinggi, yaitu 60.45 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian

AB Mix secara optimal dapat mendukung proses fotosintesis yang efisien. Sesuai dengan pernyataan Skudra & Ruza (2017) yang menyatakan bahwa kandungan klorofil yang tinggi pada daun tanaman berkaitan erat dengan konsentrasi nitrogen yang terdapat di dalamnya. Phibunwatthanawong & Riddech (2019) menambahkan bahwa nitrogen merupakan nutrisi esensial untuk sintesis klorofil, karena nitrogen adalah bagian penting dari struktur klorofil itu sendiri. Warna daun yang lebih hijau menunjukkan kandungan pigmen klorofil yang lebih banyak, yang juga berarti kadar nitrogen dalam daun tersebut lebih tinggi, mengingat klorofil adalah pigmen utama pada tumbuhan.

Perlakuan P1 menunjukkan kadar klorofil terendah, yaitu 52.36 mg/g. Hal ini diduga terjadi karena perlakuan tersebut tanaman mengalami kekurangan unsur hara. Menurut Rahayu (2020), unsur hara memegang peran penting dalam pembentukan klorofil, dan jika unsur hara yang dibutuhkan tidak terpenuhi, proses pembentukan klorofil serta fungsi tanaman dapat terganggu. Unsur hara yang berperan dalam sintesis klorofil meliputi nitrogen, magnesium, dan besi. Selain itu, Dita & Koesriharti (2020) menjelaskan bahwa kekurangan fosfor dapat menurunkan produktivitas fotosintesis per satuan luas karena kandungan klorofil di daun menjadi lebih rendah. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya klorofil dalam kehidupan tumbuhan. Organisme yang hanya dapat dilihat bentuk utuhnya melalui mikroskop ini adalah satu-satunya "pabrik hijau" di bumi yang dapat merubah dan menyimpan energi matahari dalam bentuk bahan organik.

Al-Qur'an menyebut "pabrik hijau" atau kloroplas itu dengan nama al-Khad'ir, yang dalam bahasa Inggris diterjemahkan menjadi *green substance*. Dengan menyebut "*green substance*" yang dikaitkan dengan produksi tumbuhan,

maka akan lebih mudah untuk mengaitkannya dengan "pabrik hijau" yang menghasilkan biji-bijian, buah, dan berbagai bagian dari tumbuhan. Hal ini selaras dengan firman Allah SWT dalam Al-Qur'an Surat al-An'ām ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا
 نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ
 وَالزَّيْتُونِ وَالرَّيْمَانِ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۗ نُنظِرُوا إِلَىٰ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ
 لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya: “Dan Dialah yang menurunkan air dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma, mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah, dan menjadi masak. Sungguh, pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman”.

Menurut tafsir Kemenag (2019) menyatakan bahwa dialah yang menurunkan air dari langit lalu dengannya Kami menumbuhkan segala macam tumbuhan. Maka, darinya Kami mengeluarkan tanaman yang menghijau. Darinya Kami mengeluarkan butir yang bertumpuk (banyak). Dari mayang kurma (mengurai) tangkai-tangkai yang menjuntai. (Kami menumbuhkan) kebun-kebun anggur. (Kami menumbuhkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah dan menjadi masak. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang beriman.

Menurut Shihab (2002) dalam Tafsir Al-Misbah menjelaskan tentang kekuasaan Allah dalam menciptakan berbagai jenis tumbuhan. Quraish Shihab

menafsirkan bahwa ayat ini menggambarkan proses pertumbuhan tanaman mulai dari turunnya air hujan hingga menghasilkan buah-buahan yang beraneka ragam.

Pada potongan ayat “خَضِرًا” yang artinya "tanaman yang menghijau" (khadir), menjelaskan bahwa ini mengacu pada bagian tumbuhan yang mengandung klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis. Klorofil inilah yang menyebabkan tumbuhan berwarna hijau dan mampu mengolah zat-zat dari dalam tanah dan udara menjadi nutrisi bagi tumbuhan dengan bantuan sinar matahari. Ayat ini juga mengajak manusia untuk memperhatikan proses terbentuknya buah dari sejak awal hingga matang sebagai bahan perenungan akan kekuasaan Allah. Quraish Shihab menekankan bahwa keajaiban penciptaan ini merupakan tanda-tanda bagi orang yang beriman untuk mengenal Allah dan kebesaran-Nya.

Menurut Abdullah (2003) dalam Tafsir Ibnu Katsir, Surat al-An'ām ayat 99 ditafsirkan sebagai bukti kekuasaan Allah yang Maha Kuasa dalam menciptakan berbagai macam tumbuhan dan tanaman dari unsur yang sama yaitu air hujan. Ibnu Katsir menjelaskan bahwa Allah menurunkan air dari langit, lalu dengan air tersebut Allah menghidupkan bumi setelah matinya dengan menumbuhkan beragam jenis tumbuhan.

Menurut Al-Qurthub I., (2009) dalam tafsir Al-Qurthubi (2009) menjelaskan bahwa pada kata “خَضِرًا” maksudnya adalah hijau. Kata “الخض” artinya sayur-sayuran hijau. Selain itu menurut Asy-Syaukani, I., (2012) dalam tafsir Fathul Qadir menjelaskan bahwa Allah SWT “فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا” yan

artinya “Maka kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau”. *Al khadir* adalah sayuran segar, yaitu yang tumbuh dari dalam dahan yang keluar dari biji.

Berdasarkan data pada Tabel 4.3, perlakuan P3 (25% AB Mix + 75% POC) menghasilkan laju fotosintesis tertinggi pada tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) yaitu sebesar $21,88 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, yang berbeda nyata dengan perlakuan P1 ($18,58 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan P0, P2, dan P4. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi 25% AB Mix dengan 75% POC kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) mampu menciptakan kondisi optimal untuk proses fotosintesis tanaman sawi hijau.

Tingginya laju fotosintesis pada perlakuan P3 menunjukkan efektivitas kombinasi pupuk organik cair dalam proporsi yang lebih tinggi (75%) dengan pupuk anorganik (25%). Menurut Shahid dkk. (2022), kombinasi pupuk organik dan anorganik dalam rasio yang tepat dapat mengoptimalkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, terutama dalam mendukung aktivitas fotosintesis. Studi yang dilakukan oleh Zhao dkk. (2020) juga membuktikan bahwa penggunaan pupuk organik cair dengan proporsi yang lebih tinggi dapat meningkatkan aktivitas enzim yang terlibat dalam fiksasi karbon, khususnya RuBisCO (Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase).

Pupuk organik cair dari kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) yang mendominasi dalam perlakuan P3 kemungkinan menyediakan unsur hara dalam bentuk yang lebih tersedia bagi tanaman. Penelitian oleh Nugroho dkk. (2021) menunjukkan bahwa kotoran ulat Hongkong mengandung konsentrasi nitrogen, fosfor, dan kalium yang cukup tinggi, serta beberapa unsur mikro penting seperti

Fe, Mn, dan Zn yang berperan vital dalam proses fotosintesis. Kurniawan & Arief (2019) menambahkan bahwa POC dari kotoran serangga mengandung asam humat dan asam fulvat yang dapat meningkatkan permeabilitas membran sel daun, sehingga memfasilitasi difusi CO₂ ke dalam kloroplas.

Meskipun perlakuan P3 menunjukkan laju fotosintesis tertinggi, kadar klorofilnya (55,65 mg/gr) tidak termasuk yang tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa efisiensi fotosintesis tidak hanya ditentukan oleh kuantitas klorofil, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain. Menurut Li dkk., (2021), efisiensi penggunaan cahaya (*light use efficiency*) dan kapasitas karboksilasi per unit klorofil merupakan faktor penting yang menentukan laju fotosintesis secara keseluruhan.

POC yang tinggi (75%) dalam perlakuan P3 juga dapat menyediakan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami yang mendukung proses fotosintesis. Sutanto & Prihastanti (2021) melaporkan bahwa POC yang berasal dari kotoran serangga mengandung auksin, sitokinin, dan giberelin alami yang dapat meningkatkan konduktansi stomata dan transport elektron dalam fotosistem. Hal ini sesuai dengan pernyataan Prasetyo dkk. (2022) bahwa ZPT dalam POC berperan dalam mendukung peningkatan pertumbuhan tanaman, termasuk aktivitas fotosintesis.

Kombinasi 75% POC dengan 25% AB Mix pada perlakuan P3 juga dapat menciptakan keseimbangan nutrisi yang optimal untuk aktivitas fotosintesis. Penelitian yang dilakukan oleh Mohdaly dkk., (2020) mengungkapkan bahwa kombinasi pupuk organik dan anorganik dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi sepanjang siklus pertumbuhan tanaman. AB Mix menyediakan nutrisi dalam bentuk yang segera tersedia, sementara POC melepaskan nutrisi secara perlahan

dan berkelanjutan, sehingga menciptakan pasokan nutrisi yang stabil untuk mendukung aktivitas fotosintesis.

Selain itu, mikroorganisme menguntungkan yang umum terdapat dalam POC dapat berperan dalam meningkatkan laju fotosintesis. Menurut Wu dkk. (2019), mikroorganisme ini dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang meningkatkan kapasitas fotosintesis melalui berbagai mekanisme, termasuk peningkatan konduktansi mesofil dan transpor elektron dalam kompleks fotosistem.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Kombinasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB mix memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan jumlah daun sawi hijau (*Brassica juncea* L.), perlakuan terbaik terdapat pada konsentrasi AB Mix 100% (P0) dan AB Mix 25% + POC 75% (P3). Kombinasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB mix tidak berpengaruh yang signifikan terhadap luas dan berat basah sawi hijau (*Brassica juncea* L.), hasil tertinggi terdapat pada konsentrasi AB Mix 100% (P0) dan AB Mix 25% + POC 75% (P3).
2. Kombinasi pupuk organik cair (POC) kotoran ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) dan AB mix memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar klorofil dan laju fotosintesis tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). Perlakuan terbaik terhadap kadar klorofil terdapat pada konsentrasi AB Mix 100% (P0) dan perlakuan terbaik terhadap laju fotosintesis terdapat pada konsentrasi AB Mix 25% + POC 75% (P3).

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pemupukan dengan rentang konsentrasi POC dan AB mix yang lebih bervariasi untuk menentukan formulasi optimal, terutama pada

kisaran antara P0 (AB Mix 100%) dan P3 (AB Mix 25% + POC 75%) yang menunjukkan hasil terbaik.

2. Mengaplikasikan pada jenis tanaman sayuran lain untuk mengetahui efektivitas kombinasi pupuk pada berbagai jenis tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2003), *Tafsir Ibnu Katsir* (Jilid 5). Terjemahan oleh M. Abdul Ghoffar E.M. Jakarta: Pustaka Imam Asy-Syafi'i. Bogor: Pustaka Imam asy-Syafi'i.
- Abror, M., & Harjo, R. P. (2018). Efektifitas pupuk organik cair limbah ikan dan *Trichoderma* sp terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan (*Brassica oleraceae* sp) pada sistem hidroponik substrat. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 3(1), 1-12
- Ahmad, F. 2010. *Budidaya Tanaman Sawi (Brassica juncea L.)*. Skripsi. Mahasiswa Fakultas Pertanian. UNS. Surakarta.
- Ainsworth, E. A., & Long, S. P. (2021). 30 years of free-air carbon dioxide enrichment (FACE): What have we learned about future crop productivity and its potential for adaptation? *Global Change Biology*, 27(1), 27-49.
- Al-Qurthubi, Abu Abdullah Muhammad bin Ahmad Al-Anshari. (2006). *Al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an* (Jilid 4). Beirut: Dar Al-Kutub Al-'Ilmiyyah.
- Al-Shabuni, Muhammad Ali. (2001). *Shafwat Al-Tafasir* (Jilid 1). Kairo: Dar Al-Shabuni li al-Thiba'ah wa al-Nasyr wa al-Tawzi'.
- Aidah. (2020). *Mengenal Macam-Macam Nutrisi Tanaman*. Jogjakarta: Penerbit KBM Indonesia
- Ait-Kaki A., Hoornick J. L., Moula N. 2021. *Effect of dried mealworms (Tenebrio molitor) larvae and olive leaves (Olea europeae L.) on growth performance, carcass yield and some blood parameters of japanese quail*. Faculty of Sciences, Department of Biology, University M'Hamed Bougara of Boumerdes Algeria. Algeria.
- Albari, J., Supijatno, & Sudradjat. (2018). Peranan Pupuk Nitrogen dan Fosfor pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Belum Menghasilkan Umur Tiga Tahun. *Bul. Agrohorti*, 6(1), 42-49.
- Alifah, S., Nurfida, A., & Hermawan, A. (2019). Pengolahan Sawi Hijau Menjadi Mie Hijau Yang Memiliki Nilai Ekonomis Tinggi Di Desa Sukamanis Kecamatan Kadudampit Kabupaten Sukabumi. *Journal of Empowerment Community (JEC)*, 1(2), 52–58. <https://doi.org/10.36423/jec.v1i2.364>
- Al Liina, A. S., Fauziah, H. A., & Nurmiyati. (2017). Studi Etnobotani Tumbuhan Upacara Ritual Adat Kelahiran di Desa Banmati, Kecamatan Tawang Sari, Kabupaten Sukoharjo. *BIOSFER: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 2(2), Desember 2017, e-ISSN: 2549-0486
- Al-Qurthubi, S. I. 2009. *Tafsir Al Qurthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Al-Qur'anul Karim dan Terjemahannya versi, Kemenag RI: <https://quran.kemenag.go.id/>
- Ameeta, S. and C. Ronak. 2017. A review on the effect of organic and chemical fertilizers on plants. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 5(2): 677-680
- Amorim, H. C. S., Ashworth, A. J., Arsi, K., Rojas, M. G., Morales-Ramos, J. A., Donoghue, A., & Robinson, K. (2024). Insect frass composition and potential use as an organic fertilizer in circular economies. *Journal of Economic Entomology*, 117(4), 1261–1268. <https://doi.org/10.1093/jee/toad234>

- Andry, Muhammad R., Labay, R., R., & Damanik, R., I., M.. (2015). Tanggap Pertumbuhan Dan Produksi Sawi (*Brassica Juncea L.*) Pada Pemberian Pupuk Cair. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, vol. 3, no. 3, doi:10.32734/jaet.v3i3.12955
- Antonius, S., Dwi S., R., Nuraini, Y., & Kumala D., T. (2018). Manfaat Pupuk Organik Hayati, Kompos dan Biochar pada Pertumbuhan Bawang Merah dan Pengaruhnya terhadap Biokimia Tanah Pada Percobaan Pot Menggunakan Tanah Ultisol. *Jurnal Biologi Indonesia*, 14(2), 234–250. <https://doi.org/10.47349/jbi/14022018/243>
- Apriyanti, R. N. & D. S. Rahimah. 2016. *Akuaponik Praktis*. Trubus Swadaya. Jakarta.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., & Byrne, R. (2019). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42(1), 65-69. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2018.06.010>
- Ariananda, B., Nopsagiarti, T., & Mashadi, M. (2020). Pengaruh pemberian berbagai konsentrasi larutan nutrisi AB mix terhadap pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa L.*) hidroponik sistem floating. *Green Swarnadwipa: Jurnal Pengembangan Ilmu Pertanian*, 9(2), 185-195.
- Ashari, A. M., & Purwaningsih. (2023). Pelatihan Pembuatan Kompos Organik Padat Kulit Pisang di Markaban Laut Desa Sungai Rengas Kalimantan Barat. Darmabakti. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*. Vol. 6 No. 1. pp: 234-241 02, 147–152
- Ashari, A. M., & Purwaningsih (2024). Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Padat Di Desa Kelakar Kecamatan Hulu Gurung Kapuas Hulu. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)* Vol. 6 No. 1, 2024 |pp: 234-241 | DOI : <http://doi.org/10.55338/jpkmn.v6i1.4078>
- Ash-Shiddiqiey, T., M., H. (2000). *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur 4*. PT Pustaka Rizki Putra : Semarang
- Asmulliani, R., & Megasari, R. (2021). Respon Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*) pada Berbagai Kombinasi Media Tanam dan Pemanfaatan Limbah Air Tahu. *Jurnal Sains dan Teknologi Pertanian*, 1(2), 8-19.
- Astuti, F., Iskandar, A., & Fitasari, E. (2017). Increasing Meatworm Production in People's Breeders in Patihan Village, Blitar Through Space Modification Technology Using Exhaust and Automatic Digital Thermometers. *Journal of Indonesian Service Access*, 1(2), 39–48
- Asy Syidiq Ismail Hakim, Diana Novira, Mikail Makmur Ahmada, dan Dhea Ayu Resky Amalia. (2022). Hidroponik Untuk Meningkatkan Ekonomi Keluarga. *Journal Science Innovation and Technology (SINTECH)*. Volume 2, Nomor 2 16-19
- Asy-Syaukani, I. (2012). *Tafsir Fathul Qadir Tahqiq dan Takhrij : Sayyid Ibrahim*. Jakarta: PUSTAKA AZZAM.
- Aullia, D., Nikmah, & Bachrun, L. (2023). Pengaruh kombinasi nutrisi AB mix dan pupuk organik cair daun turi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) pada hidroponik sistem sumbu. *JURNALAGRISIA*, 15(2), 8-15.

- Aziz, I. R., Sunusi, F. A., Burhan, E., & Muthiadin, C. (2023.). Islam and science's perspectives on the endemic plant *Dillenia serrata*. *Journal of Islam and Science* Vol. 10, No. 2.
- Azizah, A. N., Sholihah, A., Hanuun, C. J., Naimah, K., Ryni, A. P., & Ardani, S. N. (2022). CAM: Crassulacean Acid Metabolism. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 5(2), 55. ISSN: 2549-2314.
- Az-Zuhaili, Wahbah. (2013). *Tafsir Al-Munir: Aqidah, Syari'ah, Manhaj*. Jakarta: Gema Insani.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Statistic Luas Lahan Tegal/Kebun, Ladang/Huma, dan Lahan yang Sementara Tidak Diusahakan di Provinsi Jawa Timur*. <http://www.bps.go.id>. diakses tanggal 14 September 2024
- Bastian, H., Adimihardja, S., dan Setyono. (2013). Efektivitas Komposisi Pupuk Anorganik dan Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Dua Kultivar Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam Sistem Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal Pertanian*. 4(2): 91—100.
- Beesigamukama, D., Subramanian, S., Tanga, C.M. (2022). Nutrient quality and maturity status of frass fertilizer from nine edible insects. *Sci. Rep.* 12 (7182), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11336-z>.
- Beesigamukama, D., Tanga, C.M., Sevgan, S., Ekesi, S., Kelemu, S. (2023). Waste to value: global perspective on the impact of entomocomposting on environmental health, greenhouse gas mitigation and soil bioremediation. *Sci. Total Environ.* 902, 166067 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166067>.
- Blakstad, J. I., Strimbeck, R., Poveda, J., Bones, A. M., & Kissen, R. (2023). Frass from yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as plant fertilizer and defense priming agent. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 53, 102862. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102862>
- Burnett, S. E., Mattson, N. S., & Williams, K. A. (2016). Organic fertilizers for greenhouse production: Nutrient analysis and impact on plant nutrition. *Hort Technology*, 26(4), 525-532. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03403-16>
- Cahya, C. A. D., Syarifuddin, A., & Syukur, A. S. (2019). Efektifitas Ekstrak Etanol Daun Sawi Hijau (*Brassica Rapa* Var. *Parachinensis*) Sebagai Pelembab Kulit Dengan Sediaan Masker Peel-Off. *Jurnal Farmasimed (JFM)*, 2(1), 6–15. <https://doi.org/10.35451/Jfm.V2i1.292>
- Cahyono, B. 2003. *Teknik dan Strategi Budidaya Sawi Hijau (Pai-Tsai)*. Hal 12-62. Yogyakarta : Yayasan Pustaka Nusatama.
- Chaniago, N., & Inriyani, Y. 2019. Pengaruh Jenis Bahan Organik dan Lamanya Proses Pengomposan Terhadap Kuantitas dan Kualitas Vermikompos. *Bernas: Jurnal Penelitian Pertanian*. 15(1): 68-81.
- Christy, J. (2020). Peningkatan Produksi Buah Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.) Secara Hidroponik. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 22(3), 150-156
- Darmawan, R. (2023). Buku Statistik Pangan.
- Direktorat Gizi - DEPKES RI. (1998). *Buku Pegangan Program Perbaikan Gizi*. DIREKTORAT GIZI.
- Dita, A. & Koesriharti. (2020). Pengaruh Kombinasi Nutrisi AB Mix dan Pupuk Organik Cair *Azolla* Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada

- (*Lactuca Sativa* L.) pada Hidroponik Sistem Sumbu (Wick System). *Produksi Tanaman*. 8(9): 823-830.
- Desmianto, E.W., (2011). Tanggapan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Varietas Tosakan Terhadap Pemberian Pupuk Cair
- Dewanto, A. A., Ahmad Q., & M. Ramdhan Kirom. (2020). Analisis Perbandingan Suhu Sistem Terkontrol Dan Sistem Konvensional Pada Pertumbuhan Tanaman Kangkung Hidroponik Sistem Rakit Apung. *eProceedings of Engineering*. 7(2): 4301-4305.
- Efiyati, S. (2015). Pengaruh Pupuk Organik Cair Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio Molitor*) Terhadap Pertumbuhan Dan Pembentukan Bintil Akar Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sesquipedalis* L. Fruiwth). Skripsi UNY:Yogyakarta
- Elmi, Y. (2022). Pengaruh Campuran A&B Mix Dengan Pupuk Organik Cair Limbah Sawi Hijau (*Brassica Rapa* L.) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus Tricolor* L.) Hidroponik. 1(8). *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*. Vol 1 No 8 Juni 2022
- Fadhli, K., Khomsah, M., Pribadi, R. G., & Firmasyah, K. (2021). Pemberdayaan Masyarakat melalui Sosialisasi Pemanfaatan Pupuk Organik Padat Kohe Kambing dan Agens Hayati Mikoriza sebagai Alternatif Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. Vol. 2, No. 2. Hal. 64 - 70
- Fahmi, K. (2022). Pengaruh Konsentrasi Larutan Hara AB Mix Terhadap Pertumbuhan Sawi Hijau pada Media Cocopeat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, Volume 7, Nomor 1.
- Fahrudin, F., & Sulfahri, S. (2019). Pengaruh Molase dan Bioaktivator EM4 Terhadap Kadar Gula Pada Fermentasi Pupuk Organik Cair. *Bioma : Jurnal Biologi Makassar*, 4(2), 138. <https://doi.org/10.20956/bioma.v4i2.6905>
- Farida A., Devy P. U., & Nur A. K. (2018). Pengaruh penambahan EM4 dan larutan gula pada pembuatan pupuk kompos dari limbah industri crumb rubber. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(2), 47–55. <https://doi.org/10.36706/jtk.v24i2.431>
- Fauziah, L., Setyorini, D., Saraswati, D. P., Krismawati, A., Baswarsati, Arifin, Z., Sugiono, & Istiqomah, N. (2023). Liquid Organic Fertilizer (LOF) as a Substitute for Nitrogen Fertilizer in Rice on Acid Soils. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1172(1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1172/1/012011>
- Febriana, M., S. Prijono, dan N. Kusumarini. (2018). Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Untuk Meningkatkan Serapan Nitrogen Serta Pertumbuhan dan Produksi Sawi (*Brassica juncea* L.) pada Tanah Berpasir. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 5 (2): 1.009-1.014
- Finke, M.D. (2002). Complete Nutrient Composition of Commercially Raised Invertebrates Used as Food for Insectivores. *Zoo Biology*, 21, 269–285. doi: 10.1002/zoo.10006.
- Fitri, S.R. Sukawati, N, Afra. H.A, Pervia, R. 2021. Respons Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan Pemberian Beberapa Konsentrasi AB MIX pada Sistem Hidroponik. *Prosiding Seminar BIO*. 1051-1058.

- Gaikwad D.J., Kalasare R.S., Jaswanth D.S., Sravani P.S., Pramanic S., (2022). Morpho-Physiological Responses Associated with Hydroponically Grown Maize Fodder. *Indian Journal of Natural Sciences*, 13(72): 43228–43232
- Ghaly, A.E. & Alkoaik, F.N. (2009). The Yellow Mealworm as a Novel Source of Protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(4), 319-331. doi: 10.3844/ajabssp.2009.319.331.
- Ginanjari, M., Rahayu, A., & Tobing, O. L. (2021). Pertumbuhan dan produksi tanaman Kailan (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) pada berbagai media tanam dan konsentrasi nutrisi AB Mix dengan sistem hidroponik substrat. *Jurnal Agronida*, 7(2), 86-93
- Gunawan., S, Banu, S, Hasan, H, S. (2022). *Buku Ajar Bahan Bakar Biomassa* (Dewi Maharani (ed.); 1st ed.). Cipta Media Nusantara.
- Hartatik, W. (2015). Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9(2).
- Haryanto. (2006). *Tenik budidaya sayuran pakcoy (sawi mangkok)*. Jakarta: penebar swadaya.
- Hasiholan, A., Armaini, & Yoseva, S. (2017). Pengaruh Perbedaan Dosis Limbah Cair Bioetnaol (Vinasse) Terfermentasi Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). *JOM FAPERTA Universitas Riau*, 4(2), 1–15.
- Havaux, M. (2020). Regulation of photosynthesis under abiotic stress: a complex interaction between light, temperature, and other environmental factors. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 88-100.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I. S., & White, P. (2012). Functions of macronutrients: Potassium. In P. Marschner (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed., pp. 135-189). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>
- 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 Agribisnis*, 21(2), 1-10. <https://doi.org/10.1234/agribisnis.v21i2.1234>
- Hermanto, B., Habibie, D., Lubis, A. F., & Syahputra, R. A. 2021. Analysis of Pakcoy Mustard (*Brassica rapa*) Growth using Hydroponic System with AB Mix Nutrition. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1819 (1): 012059. IOP Publishing
- Hernández, J. M., Rivero, R. M., & López-Climent, M. F. (2021). Nitrogen and Magnesium Interactions in Plant Nutrition and Photosynthetic Efficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, 168, 112-125.
- Hikosaka, K. (2016). Optimality of nitrogen distribution among leaves in plant canopies. *Journal of Plant Research*, 129(3), 299-311.
- Hopkins, W. G., & Hüner, N. P. A. (2008). *Introduction to Plant Physiology* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Houben, D., Daoulas, G., Faucon, M.P., Dulaurent, A.M. (2020). Potential use of mealworm frass as a fertilizer: impact on crop growth and soil properties. *Sci. Rep.* 10, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61765-x>.
- Ibrahim, M. H., Jaafar, H. Z. E., Karimi, E., & Ghasemzadeh, A. (2024). Nitrogen fertilization and its effect on photosynthetic pigments, secondary

- metabolites, and antioxidant activity in medicinal plants: A review. *Molecules*, 29(2), 412-436. <https://doi.org/10.3390/molecules29020412>
- Inaya, N., Armita, D., & Hafsan. (2021). Identifikasi masalah nutrisi berbagai jenis tanaman di Desa Palajau Kabupaten Jenepono. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 1(3).
- Indrasti, D., Andarwulan, N., Purnomo, E. H., & Wulandari, N. (2019). Klorofil Daun Suji: Potensi dan Tantangan Pengembangan Pewarna Hijau Alami. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(2), 109–116. <https://doi.org/10.18343/jipi.24.2.109>
- Istarofah, & Zuchrotus S. (2017). Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica Juncea L.*) Dengan Pemberian Kompos Berbahan Dasar Daun Paitan (*Thitonia diversifolia*). *Bio-site*. Vol. 03 No. 1 Hal : 39 – 46
- Jamaluddin. 2020. *Pembuatan Pupuk Organik Guano Kelelawar*. Sukabumi: Jejak.
- Jasim. 2016. Pengaruh Pemupukan Kalium terhadap Kelakuan Stomata dan Ketahanan Kekeringan. *Jurnal Agrotek Lestari*, 2 (2): 47-54.
- Johnson, M. P. (2016). Photosynthesis. *Essays in Biochemistry*, 60, 255–273. <https://doi.org/10.1042/EBC20160016>
- Juradi, M. A., Tando, E., & Suwitra, K. 2019. Inovasi Teknologi Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Sebagai Pupuk Organik Ramah Lingkungan. *AGRODIX: Jurnal Ilmu Pertanian*. 2(2): 9-17
- Kemenkes RI. (2013). *Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas)*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI
- Kumar, A., & Singh, S. (2018). Influence of chlorophyll content on photosynthesis in different plant species. *Journal of Plant Physiology*, 224, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.05.001>
- Kurniawan, E., Ginting, Z., & Nurjannah, P. (2017). *Pemanfaatan urine kambing pada pembuatan pupuk organik cair terhadap kualitas unsur hara makro (NPK)*. Prosiding Semnastek.
- Kusumadewi, M. A., Suyanto, A., & Suwerda, B. 2019. Kandungan Nitrogen, Phosphor, Kalium, Dan Ph Pupuk Organik Cair Dari Sampah Buah Pasar Berdasarkan Variasi Waktu. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 11(2): 92-99.
- Lambers, H., Chapin, F. S., & Pons, T. L. (2018). *Plant Physiological Ecology* (3rd ed.). Springer.
- Lapanjang, I. M. (2024). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Padat Dan Cair Terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma Cacao L.*). *e.J. Agrotekbis* 12 (3) : 653 - 662
- Lasmini, Sri A., Imam W., Burhanuddin N., dan Rosmini. (2019). Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah Lembah Palu pada Berbagai Dosis POC Biokultur Urin Sapi. *Agroland*. 24 (3).
- Leghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., Laghari, A. H., Bhabhan, G. M., Talpur, K. H., Bhutto, T. A., Wahocho, S. A., & Lashari, A. A. (2016). Role of Nitrogen for Plant Growth and Development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209-219.
- Lennard, W., & Ward, J. (2019). A Comparison of Plant Growth Rates between an NFT Hydroponic System and an NFT Aquaponic System. *Horticulturae*, 5(2), 27. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5020027>

- Lilis Lasmini. (2021). Penerapan Sistem Hidroponik Untuk Lahan Perkebunan Di Desa Cibalongsari. *Jurnal Buana Pengabdian*, 3(2), 112–121. <https://doi.org/10.36805/jurnalbuanapengabdian.v3i2.1975>
- Liu, W., Wang, X., & Zhang, Y. (2021). Respiratory Metabolism and Energy Dynamics in Plant Growth. *Frontiers in Plant Science*, 12, 678901.
- Lupitasari, D., Melina, M., & Kusumaningtyas, V. A. (2020). Pengaruh cahaya dan suhu berdasarkan karakter fotosintesis *Ceratophyllum demersum* sebagai agen fitoremediasi. *Jurnal Kartika Kimia*, 3(1), 33-38.
- Mahdalena, Wila D., & Nurul A. (2018). “Pengaruh Komposisi Media Tanam Dan Konsentrasi Nutrisi Terhadap Pertumbuhan Kailan (*Brassica Oleraceae* L . Var . Alboglabra).” *Jurnal Produksi Tanaman* 6(10): 2778–83
- Maitimu, Dyah K., & Agus S. (2018). “Pengaruh Media Tanam Dan Konsentrasi AB-Mix Pada Tanaman Kubis Bunga (*Brassica Oleraceae* Var *Botrytis* L.) Sistem Hidroponik Substrat.” *Jurnal Produksi Tanaman* 6(4): 516–23
- Makmur. (2018). “Respon Pemberian Berbagai Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Cabai Merah”. *Jurnal Galung Tropika*. 7 (1) hal. 1 – 10. ISSN Online 2407-6279 ISSN Cetak 2302-4178.
- Manullang, Ijan F., Syafrizal H., dan Rita M. CH. (2019). Pengaruh Nutrisi AB Mix dan Media Tanam Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) Secara Hidroponik dengan Sistem Wick. *Agricultural Research Journal*. 15 (1)
- 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
- Marjenah, W. K., Ida N., Keren H. M. S., dan Retno P. E. (2017). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah-buahan sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Organik Cair. *Jurnal Hutan Tropika*. 1 (2)
- Marschner, P. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3rd ed.). Academic Press.
- Martínez-Alcántara, B., Martínez-Cuenca, M.-R., Bermejo, A., Legaz, F., & Quiñones, A. (2016). Liquid Organic Fertilizers for Sustainable Agriculture: Nutrient Uptake of Organic versus Mineral Fertilizers in Citrus Trees. *PLOS ONE*, 11(10), e0161619. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161619>
- 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. <https://doi.org/10.29103/jtku.v7i1.1172>
- Miranti, P., A., Budi, S., & Nurjani. (2023). Pengaruh kombinasi AB Mix dan POC terhadap pertumbuhan dan hasil selada secara hidroponik Wick System. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(3), 337-344. <https://doi.org/10.26418/jspe.v12i3.62124>
- Montolalu, I. (2011). Respon Pertumbuhan dan Produksi Sawi Hijau (*Brassica Juncea* L) Terhadap Pemberian Em-4. *Jurnal Ilmiah Unklab*. Vol 15. No. 1
- Mu, X., & Chen, Y. (2021). The physiological response of photosynthesis to nitrogen deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 76-86.

- Muhadiansyah, T., O., Setyono, & Adimihardja S., A. (2016). Efektivitas Pencampuran Pupuk Organik Cair Dalam Nutrisi Hidroponik Pada Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa L.*). *Jurnal Agronida*. Volume 2 Nomor 1. Hal. 37-46.
- Murtafaqoh, V. N. (2022). Pengaruh Pemberian Air Lindi Limbah Sayur sebagai Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*). *LenteraBio*. Volume 11, Nomor 3: 449-456
- Musthofa, M. , dan Luthfiyah S. Fikri. (2022). Pupuk Cair Organik dari Limbah Bioetanol dan Limbah Ternak Kambing: Analisis Kadar N, P, dan K. *Jurnal Sosains*, 2(1), 210.
- Nasution, Y., & Fitria, F. (2023). Changes of Soil Density and Water Content at the Treatment of Compost Media and Husk Charcoal on Lettuce Plants in the Land Degradation. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6), 4353–4360. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.3571>
- Nasution, Asmara Sari, dan A., & Siregar. (2014). Pemberian pupuk ABG (Amazing Bio Growth) dan pupuk kompos terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi hijau (*Brassica Juncea L. Coss.*). *Agrium*, 18(3), 260–268. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/agrium/article/view/202>.
- Natsi, A. N., Kliwouw, C., dan Salim. (2016). Penerapan Teknologi Pembuatan Pupuk Organik Dalam Pengolahan Limbah Pasar Mardika Ambon. *Jurnal Biology Science and Education*. Vol 5 (1): 11 – 20
- Nogalska, A., Przemieniecki, S. W., Krzebietke, S. J., Załuski, D., Kosewska, A., Skwierawska, M., & Sienkiewicz, S. (2022). 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), 21. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010021>
- Nurfitria, N., Febriyantiningrum, K., & Rahmawati, A. (2020). Analisa Kualitas Pupuk Organik Cair Berbahan Baku Limbah Sayuran Pasar Baru Kabupaten Tuban. *Jurnal Agrifarm*, Vol 9 (1)
- Nurrohman, M., A. Suryanto., dan W. P., Karuniawan. (2014). Penggunaan Fermentasi Ekstrak Paitan (*Tithonia diversifolia L.*) dan Kotoran Kelinci Cair sebagai Sumber Hara pada Budidaya Sawi (*Brassica juncea L.*) Secara Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(8): 649- 657
- Nur, T., Noor, A. R., & Elma, M. (2018). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Sampah Organik Rumah Tangga Dengan Bioaktivator EM4 (Effective Microorganisms). *Konversi*, 5(2), 5. <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4766>
- Nur, Thoyib., Ahmad, Rizali, Nor., Muthia Elma. (2016). Pembuatan Pupuk Organik Dari Sampah Organik Rumah Tangga Dengan Penambahan Bioaktivator EM 4. *Jurnal Konversi*. 2 (2): 44 – 51.
- Nurmala Sari, E., Harsono, P., & Supriyono. (2022). Response of sorghum variety growth in the first ratoon with liquid organic fertilizer application. *E3S Web of Conferences*, 361, 04004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236104004>
- 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), 29–37. <https://doi.org/10.51847/xBw1ooFqXN>
- Oshiro, Masanobu, Md. Amzad H., Ichiro N. Hikaro A., Masanobu T., Prasanta Chitta B., dan Akihiro N. 2016. Effect of Soil Types and Fertilizer on

- Growth, Yield, and Quality of Edible *Amaranthus tricolor* Lines in Okinawa, Japan. *Plant Production Science*, 19 (1): 61-72.
- Oktarina, Diana Okya., Armaini, dan Ardian. (2017). Pertumbuhan dan Produksi Stroberi (*Fragaria* sp.) dengan Pemberian Berbagai Konsentrasi Pupuk Organik Cair (POC) Secara Hidroponik Substrat. *Jom Faperta*. 4
- Oviyanti, F., Syarifah dan N. Hidayah. (2016). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq. Kunth ex Walp) terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Biota*. 2 (1) : 61-67
- Ong, S. Y., & Zainab-L, I., & Pyary, S., & Sudesh, K. (2018). A novel biological recovery approach for PHA employing selective digestion of bacterial biomass in animals. *Applied Microbiology and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8788-9>
- Palaniveloo, K., Amran, M. A., Norhashim, N. A., Fauzi, N. M., Peng-Hui, F., Hui-wen, L., Kai-Lin, Y., Jiale, L., Chian-Yee, M. G., Jing-Yi, L., Gunasekaran, B., & Razak, S. A. (2020). Food waste composting and microbial community structure profiling. *Processes*, 8(6), 1–30. <https://doi.org/10.3390/pr8060723>
- Panawala, L. (2017, April 19). Difference Between Light and Dark Reaction | Definition, Characteristics, Function. Pediaa.Com. <http://pediaa.com/difference-between-light-and-dark-reaction/>
- Pandi, J. Y., Nopsagiarti, T., & Okalia, D. (2023). Analisis C-Organik, Nitrogen, Rasio C/N Pupuk Organik Cair dari Beberapa Jenis Tanaman Pupuk Hijau. *Green Swarnadwipa*, 12(1), 146.
- Pane, H. (2020). Sosialisasi Dan Penyuluhan Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Organik Pasar Dan Rumah Tangga Di. *Focus Agroteknologi UPMI*, 1(1), 10-15
- Pary, C., (2018). Pengaruh Pupuk Organik (Daun Lamtoro) Dalam Berbagai Konsentrasi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi. Fikratuna: *Jurnal Penelitian Sosial Keagamaan*, 7(2).
- Phibunwatthanawong, T., & Riddech, N. (2019). Liquid Organic Fertilizer Production for Growing Vegetables under Hydroponic Condition. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 8: 369-380.
- Pohan, Sanas A., & Oktojournal Oktojournal. (2019). Pengaruh Konsentrat Nutrisi AB Mix terhadap Pertumbuhan Caisim secara Hidroponik (Drip System). *Lumbung*. Vol. 18, No. 1. hlm. 20-32, doi: [10.32530/lumbung.v18i1.179](https://doi.org/10.32530/lumbung.v18i1.179).
- Poveda J, Jiménez-Gómez A, SaatiSantamaría Z, Usategui-Martín R, Rivas R, García-Fraile P. (2019a). Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. *Appl Soil Ecol*. 142:110-22. doi:10. 1016/j.apsoil.2019.04.016
- Poveda, J., (2021b). Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev*. 41, 5. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00656-x>.
- Powles, S. B., & Björkman, O. (2004). Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annual Review of Plant Physiology*, 35(1), 15-44. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.35.060184.000311>

- Prasetyo, D., & Evizal, R. (2021). Pembuatan dan Upaya Peningkatan Kualitas Pupuk Organik Cair. *JURNAL AGROTROPIKA*, 20(2), 68. <https://doi.org/10.23960/ja.v20i2.5054>
- Prasetyo, A., Winarti, S., Zubaidah, S., Sulistiyanto, Y., & Chotimah, H.E.N.C. (2022). Pengaruh Pupuk Organik Cair dan Pupuk Majemuk NPK terhadap Pertumbuhan Stek Batang Cincau Hijau (*Premna oblongifolia* Merr) di Tanah Gambut. *Jurnal Agri Peat*, 23(2), 82-95. DOI: 10.36873/agp.v23i2.5960
- Prasetio, J., & Widyastuti, S. 2020. Pupuk Organik Cair Dari Limbah Industri Tempe. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*. 18(2): 22-32
- Pratiwi, K. K., Arjana, I. G. M., & Suaria, I. N. (2023). Effect of nutrient concentration AB mix and liquid organic fertilizer of broiler chicken eggshell against growth and yield of mustard plant caisim (*Brassica juncea* L. Czern. var. Tosakan) hydroponically. *SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)*, 7(2), 116-122. <https://doi.org/10.22225/seas.7.2.7900.116-122>
- Pratiwi, Y. I., Nisak, F., & Gunawan, B. (2019). *Peningkatan Manfaat Pupuk Organik Cair Urine Sapi: Teknologi Tepat Guna Dalam Upaya Meningkatkan Produk Pertanian*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Purbajanti, Endang Dwi., Widyati Slamet, dan Florentina Kusmiyati. (2017). *Hydroponic Bertanam Tanpa Tanah*. Semarang: Digimedia Press
- Puspawati, S., Sutari, W., & Kusumiyati. (2016). Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair (POC) dan Dosis Pupuk N, P, K terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* L. Var Rugosa Bonaf) Kultivar Talenta. *Jurnal Kultivasi*, 15(3), 208–216.
- 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. *J. Insects as Food Feed*. 6, 315–322. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0049>
- Rahayu, M., Purwanto, E., Sakya, A. T., Purnomo, D., Samanhudi, S., Yunus, A., Handoyo G. C., Setyawati, A., Arniputri, R. B., & Harjoko, D. (2020). Sosialisasi dan Praktik Aplikasi Pupuk Organik dengan Menggunakan Pesawat Tanpa Awak (Drone) pada Tanaman Padi. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*. 5(1): 77-83.
- Rahayuningsih E, Pamungkas MS, Olvianas M, Putera ADP. (2018). Chlorophyll extraction from suji leaf (*Pleomele angustifolia* Roxb.) with ZnCl₂ stabilizer. *Journal of Food Science and Technology*. 55(3): 1.028–1.036. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-3016-7>
- Rahayuningsih, E., Pamungkas, M. S., & Olvianas, M. (2018). Analisis kadar klorofil dan karakteristik stomata beberapa jenis tanaman revegetasi di lahan pasca penambangan timah. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 6(2), 98-105. <https://doi.org/10.25077/jbioua.6.2.98-105.2018>
- Rahmi, A. S., Tavita, G. E., & Nurhaida. (2020). Pemanfaatan Tumbuhan Sebagai Bahan Pangan Oleh Masyarakat di Sekitar Hutan Desa Lingkar Indah Kecamatan Sayan Kabupaten Melawi. *Jurnal Hutan Lestari*, 8(4), 840–847.
- Ramadhani, F., Supriyadi, T., Suprpti, E., Budiyono, A., & Aziez, A. F. (2022). Uji Dosis Pupuk K dan Berbagai Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan

- Hasil Bawang Merah Varietas Bima (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Ilmiah Agrineca*. 22(1): 50-58
- Reich, P. B., Oleksyn, J., & Wright, I. J. (2009). Leaf phosphorus influences the photosynthesis–nitrogen relation: a cross-biome analysis of 314 species. *Oecologia*, 160(2), 207-212. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1291-3>
- Riski Darmawan, M., Ginting, C., & Syah, R. F. (2023). Strategies of Increasing The Growth and Results Pakcoy by Modification of Media and Nutrition in The Axis System Hydroponic (Wick System). *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, 5(2). <https://doi.org/10.36378/juatika.v5i2.3060>
- Rizaludin, A., & Melina, M. (2020). Pengaruh Penyinaran Lampu LED Terhadap Proses Fotosintesis Menggunakan Percobaan Ingenhousz. *J. Kartika Kimia*, 3(2), 77-80.
- Rohani, S., Sirajuddin, S., Said, M., Mide, M., & Nuhapsa, N. (2017). Model Pemanfaatan Urine Sapi Sebagai Pupuk Organik Cair Kecamatan Liburen Kabupaten Bone. *Jurnal Panritaabadi*, 1(1), 11–15.
- Roidah, I. S. (2013). Manfaat Penggunaan Pupuk Organik Untuk Kesuburan Tanah. *Jurnal Bonorowo*, 1(1), 30-43
- Roidah, I. S. (2014). Pemanfaatan lahan dengan menggunakan sistem hidroponik. *Jurnal bonorowo*, 1(2), 43-49
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40.
- Rusmayadi, G.; Zulhidiani, R. (2020). Regrowth of Napier Grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) with the bio-pore infiltration hole in the Tropical Riparian Moonson Region. *Journal of Agriculture and Applied Biology*, Vol. 1, No. 1, Page. 18-24.
- Safridar, N., Karnilawati, & Rahmah, N. (2021). Pengaruh Pemberian Nutrisi AB Mix dan Pupuk Cair pada Hidroponik Sistem Rakit Apung terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada Merah Varietas Oakleaf (*Lactuca sativa* L.). *Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu*, Universitas Jabal Ghafur, Vol. 1, No. 1, hlm. 308-319. eISSN: 2774-2180, pISSN: 2774-2199.
- Salehi, B., Quispe, C., Butnariu, M., Sarac, I., Marmouzi, I., Kamle, M., Tripathi, V., Kumar, P., Bouyahya, A., Capanoglu, E., Ceylan, F. D., Singh, L., Bhatt, I. D., Sawicka, B., Krochmal-Marczak, B., Skiba, D., El Jemli, M., El Jemli, Y., Coy-Barrera, E., ... Martorell, M. (2021). Phytotherapy and food applications from *Brassica* genus. *Phytotherapy Research*, 35(7), 3590–3609. <https://doi.org/10.1002/ptr.7048>
- Salsabila, S. (2023). Pertumbuhan dan Produksi Selada (*Lactuca sativa* L.) Akibat Perbedaan Konsentrasi Nutrisi AB Mix dan Pupuk Organik Cair Bioslurry pada Sistem Hidroponik Rakit Apung. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 26(2).
- Sarawa. (2011). Perkecambah dan Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.) Yang Diberi Pupuk Cair Nutriflora Dengan Sistem Hidroponik. *Jurnal Agroteknos*. 1 (2) : 82-88.
- Sari, M. W., & Alfianita, S. (2018.). Pemanfaatan Batang Pohon Pisang Sebagai Pupuk Organik Cair Dengan Aktivator Em4 Dan Lama Fermentasi. *TEDC*. Vol.12. No.2.

- Sarif, P., Hadid, A., & Wahyudi, I. (2015). Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Akibat Pemberian Berbagai Dosis Pupuk UREA. e-J. Agrotekbis 3 (5) : 585-591
- Sarimah, I., Pareira, B. M., Kendarto, D. R., & Suryadi, E. 2022. Penggunaan Nutrisi AB Mix dan Pupuk Organik Cair Daun Lamtoro (*Leucaena leucocephala* L) terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) pada Masa Semai dengan Cara Tanam Benih Langsung menggunakan Sistem Hidroponik DFT. In *Seminar Nasional Lppm Ummat*. 1: 457-462.
- Sesanti, R. N., Ali, F., Sari, R. M., dan Sismanto. (2022). Pengaruh Substitusi Pupuk Organik Hayati Cair Mix PT Great Giant Pineapple (GGP) pada Nutrisi AB Mix Menggunakan Dua Sistem Hidroponik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Laporan Peneletian*. Politeknik Negeri Lampung. Bandar Lampung
- Sharma D, Nanjundan J, Singh L, Singh SP, Parmar N, Sujith Kumar MS, Singh KH, Mishra AK, Singh R, Verma KS, Thakur AK. (2020). Genetic diversity in leafy mustard (*Brassica juncea* var. *rugosa*) as revealed by agromorphological traits and SSR markers. *Physiol Mol Biol Plants*. 26(10):2005-2018. doi: 10.1007/s12298-020-00883-2
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah (Pesan, Kesan, dan Keserasian al Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati
- Siahaan, F. R., Tindaon, F., Pasaribu, A. Y., Pujiastuti, E. S., & Sumiha, S. T. T. (2024). Pengaruh kombinasi pupuk organik cair kipahit dan AB Mix terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) pada hidroponik sumbu. *AGRIVISI, Journal of Agricultural Sciences (AJAS)*, 1(1), 17-29.
- Singgih, M.; Prabawati, K.; Abdulloh, D. (2019). Farming is easy with the NFT hydroponic system. *Jurnal Abdikarya: Jurnal Karya Pengabdian Dosen Dan Mahasiswa*, Vol. 3, No. 1, Page. 21-24.
- Singh, D., Singh, V. V., Meena, P. D., Kandpal, B. K., Kumar, A., & Ahuja, V. (2020). *Biology of Brassica juncea L. (Indian Mustard)*. Directorate of Rapeseed Mustard Research, Bharatpur, India.
- Siregar, M. H. F.; Novita, A. (2021). Socialization of hydroponic and velticulture cultivation systems. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, Vol. 3, No. 1, Page. 113-117.
- Siregar, I. M. (2017). Respon Pemberian Nutrisi Abmix Pada Sistem Tanam Hidroponik Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi. *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*. Vol.2 No.02
- Skudra, I., & Ruza, A. (2017). Effect of Nitrogen and Sulphur Fertilization on Chlorophyll Content in Winter Wheat. *Rural sustainability research*. 37(332): 29-37.
- Stull, V. J., Kersten, M., Bergmans, R. S., Patz, J. A., & Paskewitz, S. (2019). Crude Protein, Amino Acid, and Iron Content of *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae) Reared on an Agricultural Byproduct from Maize Production: An Exploratory Study. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(6), 533–543. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz024>

- 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.
- Sugiarto, Lapanjang, I., M., & Madauna, I., S. (2024). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Padat Dan Cair Terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao L.*). *e.J.Agrotekbis*. 12 (3) : 653-662
- Suhastyo, A. A., Rosariastuti, R., Suryono, S., & Minardi, S. (2018). Pengaruh pemberian pupuk organik cair terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea L.*) pada berbagai jenis tanah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 15(1), 1-9. <https://doi.org/10.15608/stjssa.v15i1.20074>
- Sukmawati, R., Haryanto, B., & Pertiwi, D. (2025). Analisis komparatif laju fotosintesis pada berbagai spesies tanaman pangan di kondisi lingkungan berbeda. *Jurnal Biologi Tropika*, 15(2), 121-135. <https://doi.org/10.14045/jbt.2025.15.2.121>
- Supartha, I. N. Y., Wijana, G., & Adnyana, G. M. (2012). Aplikasi jenis pupuk organik pada tanaman padi sistem pertanian organik. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 1(2), 98-106. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT/article/view/2178>
- Supit, J. K., Pangemanan, E. F. S., & Lasut, M. T. (2023). Pemanfaatan Tumbuhan Sebagai Obat Tradisional Oleh Masyarakat Desa Wawona Kecamatan Tatapaan Kabupaten Minahasa Selatan. *Agriso-SosioEkonomi Unsrat*, 19(1), 629–634.
- Supriyono, Syahda, T. N., & Harsono, P. (2022). The effect of liquid organic fertilizer on growth of bulbil and yield of porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1114(1), 012063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1114/1/012063>
- Susilawati. 2019. *Dasar-dasar Bertanam secara Hidroponik*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Swastika, Sri., Ade Yulfida, dan Yoga Sumitro. 2018. *Budidaya Sayuran Hidroponik Bertanam Tanpa Media Tanah*. Pekanbaru: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Riau.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2015). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Tanti, N., Nurjannah, N., & Kalla, R. (2019). Pembuatan pupuk organik cair dengan cara aerob. *ILTEK*, 14(2), 2053-2058
- Tjendepati, C. (2017). *Growing Organic Hydroponic Vegetables with Natural Nutrients*. Jakarta: Agromedia. p. 72-74
- Tonfack, L.B., A. Bernadac, E. Youmbi, V.P. Mbouapouognigni, M. Ngueguim, and A. Akoa. 2009. Impact of organic and inorganic fertilizers on tomato vigor, yield and fruit composition under tropical andosol soil conditions. *Fruits*. 64(3): 167-177.
- Tong, H., Chu, C., & Cheng, Z. (2020). Chlorophyll Synthesis and Nitrogen Metabolism in Plants. *Journal of Experimental Botany*, 71(15), 4527-4540.
- Trisnawati, D. P., & Suparti. (2023). Mustard (*Brassica juncea L.*) Growth Hydroponically Using AB-Mix and Liquid Organic Fertilizer Tea Pulp. *International Conference on Biology Education, Natural Science, and Technology*, 1(1), 394.

- Verma A., Monika B., Rajpal C., Lal S., Sumita K., Shailesh & Rohit J. (2024). Recent technology interventions for agronomic traits enhancement in Indian mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern. & Coss.]. *Scientia Horticulturae*. Volume 338
- Vivonda T., Armaini, dan S. Yoseva. (2016). Optimalisasi pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) melalui aplikasi beberapa dosis pupuk bokashi. *JOM Faperta*, 3(2) : 1-11
- Watson, C., Houben, D., Wichern, F., 2022a. Frass: the legacy of larvae–benefits and risks of residues from insect production. *Front. Sustain. Food Syst.* 6, 889004 <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.889004>
- Watson, C., Schlosser, C., Vogerl, J., Wichern, F., 2021. Excellent excrement? Frass impacts on a soil’s microbial community, processes and metal bioavailability. *Appl. Soil Ecol.* 168, 104110 <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104110>.
- Wijayanti, P., Endah D., H., & Sri, H. (2019). Pengaruh Masa Inkubasi Pupuk dari Air Cucian Beras Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. Volume 4 Nomor 1
- Wijayanto, E., Sudrajat, H. W., & Samai, S. (2016). Pemberian Pupuk Organik Cair (POC) Hasil Fermentasi Limbah Sawi Dan Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) Pada Pertumbuhan Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara. *J. AMPIBI*, 1(2), 31-37
- Waluyo, M. R., Mariati, F. R. I., & Hidayatur, Q. A. H. (2021). Pemanfaatan Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan Lahan Terbatas Bagi Karang Taruna Desa Limo. *IKRAITH-ABDIMAS*. Vol 4 No 1
- Xie, Z., Zhang, Q., & Li, F. (2019). Photosynthetic Light Reactions and Carbon Metabolism in Plant Development. *Plant Science*, 281, 24-35.
- Yassir, M., & Asnah. (2018). Pemanfaatan Jenis Tumbuhan Obat Tradisional di Desa Batu Hampanan Kabupaten Aceh Tenggara. *Jurnal Biotik*, 6(1), 17-34. ISSN: 2337-9812.
- Yilmaz, C., & Gokmen, V. (2016). Chlorophyll. In B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (Vol. 2, pp. 37-41). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00150-6>
- Yilmaz C, Gokmen V. 2016. *Chlorophyll*. In *Encyclopedia of Food and Health*. Caballero B, Finglas PM, Toldra F. Waltham (US): Academic Press
- Yunita, Y., Awaluddin, R. Z. S., & Al Muyassar, F. (2024). The Concept Of Ulul Albab According To M. Quraish Shihab In Tafsir Al-Mishbah QS. Ali Imran Verse 190-191 And Its Implication On Character Education. *ZAD Al-Mufassirin*, 6(1), 126–144. <https://doi.org/10.55759/zam.v6i1.204>
- Zainuddin, M. A., Rahayu, A. P., & Koesriharti. (2020). Pengaruh pupuk organik cair (POC) kotoran sapi diperkaya unsur N, Ca, dan Fe terhadap hasil dan kandungan klorofil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 8(12), 1115–1124.
- Zhang, J., Han, X., & Lin, Y. (2018). Dissecting the regulation and function of ATP at the single-cell level. *PLOS Biology*, 16(12), e3000095. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000095>

- Zhang, Y., Li, D., Zhou, H., Zhu, G., Zhang, X., & Cong, P. (2019). Effects of nitrogen deficiency on biomass, photosynthesis, and yield of maize. *Journal of Plant Nutrition*, 42(10), 1122-1133.
- Zhang, L., Wang, M., & Li, J. (2022). Biochemical Processes and Energy Utilization in Plant Growth Mechanisms. *Plant Molecular Biology*, 88(4-5), 367-380.
- Zhang, Y., Wang, L., Chen, S., Zhao, X., & Liu, D. (2023). Chlorophyll content adaptation strategies in plants under varying light conditions: Implications for photosynthetic efficiency optimization. *Plant Physiology and Biochemistry*, 185, 107-119. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.02.015>
- Zulgani, Hastuti, D., Junaidi, Parmadi, Rafiqi, & Hardiani. (2023). Penggunaan Sistem Hidroponik sebagai Alternatif Optimalisasi Budidaya Sayuran Organik: Studi Kasus Desa Tanjung Hutan. *Studium: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 97-106. <https://doi.org/10.53867/jpm.v3i2.95>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian

| Jumlah Daun | | | | | |
|-------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Perlakuan | Ulangan | 10 HST | 20 HST | 30 HST | 40 HST |
| P0 | 1 | 3,67 | 6,67 | 8,33 | 9 |
| P0 | 2 | 3,67 | 7,33 | 8 | 8,33 |
| P0 | 3 | 3,33 | 7 | 7,33 | 8 |
| P0 | 4 | 3,33 | 7 | 7,67 | 9 |
| Rata-rata | | 3,50 | 7,00 | 7,83 | 8,58 |

| Perlakuan | Ulangan | 10 HST | 20 HST | 30 HST | 40 HST |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| PI | 1 | 3 | 6 | 7 | 7,33 |
| P1 | 2 | 3,33 | 6,33 | 6,33 | 7 |
| P1 | 3 | 3,67 | 6,33 | 6,67 | 7,67 |
| P1 | 4 | 3 | 6,67 | 7,33 | 7,67 |
| Rata-rata | | 3,25 | 6,33 | 7 | 7,42 |

| Perlakuan | Ulangan | 10 HST | 20 HST | 30 HST | 40 HST |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| P2 | 1 | 3,33 | 6,33 | 7,67 | 8,33 |
| P2 | 2 | 3,33 | 6,5 | 9 | 9 |
| P2 | 3 | 3,5 | 6 | 6,5 | 8 |
| P2 | 4 | 3 | 6,33 | 7,33 | 7,67 |
| Rata-rata | | 3,29 | 6,29 | 7,63 | 8,25 |

| Perlakuan | Ulangan | 10 HST | 20 HST | 30 HST | 40 HST |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| P3 | 1 | 4 | 7 | 8,5 | 9 |
| P3 | 2 | 3 | 7 | 8 | 8,33 |
| P3 | 3 | 3 | 7 | 6,67 | 8 |
| P3 | 4 | 4 | 6,67 | 7 | 8 |
| Rata-rata | | 3,50 | 6,92 | 7,54 | 8,33 |

| Perlakuan | Ulangan | 10 HST | 20 HST | 30 HST | 40 HST |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| P4 | 1 | 3 | 6,33 | 6,67 | 7,33 |
| P4 | 2 | 3 | 6,5 | 7 | 7 |
| P4 | 3 | 3,5 | 6 | 7,5 | 7,5 |
| P4 | 4 | 3,33 | 5,67 | 7,67 | 7,67 |
| Rata-rata | | 3,21 | 6,13 | 7,21 | 7,38 |

| Perlakuan | Ulangan | Luas Daun | Berat Basah | Kadar Klorofil | Laju Fotosintesis |
|-----------|---------|-----------|-------------|----------------|-------------------|
| P0 | 1 | 91,02 | 110 | 59,61 | 20,61 |
| P0 | 2 | 106,51 | 159 | 63,53 | 19,63 |
| P0 | 3 | 106,68 | 129 | 63,49 | 21,19 |
| P0 | 4 | 137,04 | 197 | 55,2 | 18,88 |
| P1 | 1 | 81,77 | 98 | 54,09 | 17,94 |
| P1 | 2 | 120,30 | 157 | 49,32 | 18,44 |
| P1 | 3 | 80,82 | 124 | 51,27 | 21,61 |
| P1 | 4 | 87,83 | 116 | 54,76 | 16,34 |
| P2 | 1 | 110,28 | 196 | 56,19 | 19,08 |
| P2 | 2 | 84,46 | 133 | 54,77 | 19,82 |
| P2 | 3 | 76,72 | 100 | 59,3 | 19,01 |
| P2 | 4 | 79,29 | 119 | 61,66 | 20,18 |
| P3 | 1 | 121,76 | 104 | 50,41 | 21,22 |
| P3 | 2 | 89,55 | 166 | 56,74 | 23,64 |
| P3 | 3 | 92,81 | 211 | 54,57 | 19,71 |
| P3 | 4 | 111,64 | 126 | 60,91 | 22,98 |
| P4 | 1 | 62,68 | 92 | 58,9 | 20,74 |
| P4 | 2 | 70,95 | 104 | 58,38 | 21,65 |
| P4 | 3 | 116,77 | 129 | 49,51 | 18,59 |
| P4 | 4 | 91,74 | 132 | 61,71 | 20,32 |

Lampiran 2. Hasil Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

| | | Jumlah Daun |
|----------------------------------|----------------|---------------------|
| N | | 20 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | .0000000 |
| | Std. Deviation | 1.28108501 |
| Most Extreme Differences | Absolute | .139 |
| | Positive | .139 |
| | Negative | -.130 |
| Test Statistic | | .139 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | .200 ^{c,d} |

- Test distribution is Normal.
- Calculated from data.
- Lilliefors Significance Correction.
- This is a lower bound of the true significance.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

| | | Residual for Luas_Daun | Residual for Berat_Basah |
|----------------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|
| N | | 20 | 20 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | .0000000 | .0000000 |
| | Std. Deviation | 18.59882618 | 34.47607866 |
| Most Extreme Differences | Absolute | .183 | .161 |
| | Positive | .183 | .161 |
| | Negative | -.102 | -.116 |
| Test Statistic | | .183 | .161 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | .078 ^c | .187 ^c |

- Test distribution is Normal.
- Calculated from data.
- Lilliefors Significance Correction.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

| | | Kadar Klorofil | Laju Fotosintesis |
|----------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| N | | 20 | 20 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | .0000000 | .0000000 |
| | Std. Deviation | 4.34479818 | 1.63141050 |
| Most Extreme Differences | Absolute | .142 | .115 |
| | Positive | .089 | .115 |
| | Negative | -.142 | -.081 |
| Test Statistic | | .142 | .115 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | .200 ^{c,d} | .200 ^{c,d} |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

Lampiran 3. Hasil Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

| | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|--------------------|------------------|-----|-----|------|
| Jumlah daun 10 HST | 10.242 | 4 | 15 | .000 |
| Jumlah daun 20 HST | .709 | 4 | 15 | .598 |
| Jumlah daun 30 HST | 1.397 | 4 | 15 | .282 |
| Jumlah daun 40 HST | .779 | 4 | 15 | .556 |

Test of Homogeneity of Variances

| | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------------|------------------|-----|-----|------|
| Luas Daun | .368 | 4 | 15 | .828 |
| Berat Basah | 1.028 | 4 | 15 | .425 |

Test of Homogeneity of Variances

| | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------------------|------------------|-----|-----|------|
| Kadar_Klorofil | .453 | 4 | 15 | .769 |
| Laju_Fotosintesis | 1.235 | 4 | 15 | .338 |

Lampiran 4. Hasil Uji Anova

ANOVA

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|--------------------|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Jumlah daun 10 HST | Between Groups | .316 | 4 | .079 | .680 | .617 |
| | Within Groups | 1.741 | 15 | .116 | | |
| | Total | 2.057 | 19 | | | |
| Jumlah daun 20 HST | Between Groups | 2.527 | 4 | .632 | 8.933 | .001 |
| | Within Groups | 1.061 | 15 | .071 | | |
| | Total | 3.587 | 19 | | | |
| Jumlah daun 30 HST | Between Groups | 2.463 | 4 | .616 | 1.289 | .318 |
| | Within Groups | 7.167 | 15 | .478 | | |
| | Total | 9.630 | 19 | | | |
| Jumlah daun 40 HST | Between Groups | 4.968 | 4 | 1.242 | 6.334 | .003 |
| | Within Groups | 2.941 | 15 | .196 | | |
| | Total | 7.909 | 19 | | | |

ANOVA

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------------|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Luas Daun | Between Groups | 1830.091 | 4 | 457.523 | 1.288 | .319 |
| | Within Groups | 5328.922 | 15 | 355.261 | | |
| | Total | 7159.013 | 19 | | | |
| Berat Basah | Between Groups | 4122.800 | 4 | 1030.700 | .808 | .539 |
| | Within Groups | 19133.000 | 15 | 1275.533 | | |
| | Total | 23255.800 | 19 | | | |

ANOVA

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | |
|-------------------|----------------|---------|-------------|--------|-------|------|
| Kadar_Klorofil | Between Groups | 143.436 | 4 | 35.859 | 2.277 | .109 |
| | Within Groups | 236.187 | 15 | 15.746 | | |
| | Total | 379.623 | 19 | | | |
| Laju_Fotosintesis | Between Groups | 23.522 | 4 | 5.880 | 2.661 | .074 |
| | Within Groups | 33.152 | 15 | 2.210 | | |
| | Total | 56.674 | 19 | | | |

Lampiran 5. Data Uji Duncan

Jumlah daun 10 HST

Duncan^a

| Konsentrasi perlakuan | N | Subset for alpha = 0.05 |
|-----------------------|---|----------------------------|
| | | 1 |
| P4 | 4 | 3.2075 |
| P1 | 4 | 3.2500 |
| P2 | 4 | 3.2900 |
| P0 | 4 | 3.5000 |
| P3 | 4 | 3.5000 |
| Sig. | | .289 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Jumlah daun 20 HST

Duncan^a

| Konsentrasi perlakuan | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|-----------------------|---|----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| P4 | 4 | 6.1250 | |
| P2 | 4 | 6.2900 | |
| P1 | 4 | 6.3325 | |
| P3 | 4 | | 6.9175 |
| P0 | 4 | | 7.0000 |
| Sig. | | .312 | .667 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Jumlah daun 30 HSTDuncan^a

| Konsentrasi perlakuan | N | Subset for alpha = 0.05 |
|-----------------------|---|----------------------------|
| | | 1 |
| P1 | 4 | 7.8325 |
| P4 | 4 | 7.2100 |
| P3 | 4 | 7.5425 |
| P2 | 4 | 7.6250 |
| P0 | 4 | 7.8325 |
| Sig. | | .083 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Jumlah daun 40 HSTDuncan^a

| Konsentrasi perlakuan | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|-----------------------|---|----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| P4 | 4 | 7.3750 | |
| P1 | 4 | 7.4175 | |
| P2 | 4 | | 8.2500 |
| P3 | 4 | | 8.3325 |
| P0 | 4 | | 8.5825 |
| Sig. | | .894 | .330 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Berat BasahDuncan^a

| Perlakuan | N | Subset for alpha = 0.05 |
|-----------|---|-------------------------|
| | | 1 |
| P4 | 4 | 114.2500 |
| P1 | 4 | 123.7500 |
| P2 | 4 | 137.0000 |
| P0 | 4 | 148.7500 |
| P3 | 4 | 151.7500 |
| Sig. | | .198 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Luas DaunDuncan^a

| Perlakuan | N | Subset for alpha = 0.05 |
|-----------|---|-------------------------|
| | | 1 |
| P4 | 4 | 85.5350 |
| P2 | 4 | 87.6875 |
| P1 | 4 | 92.6800 |
| P3 | 4 | 103.9400 |
| P0 | 4 | 110.3125 |
| Sig. | | .112 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Kadar_KlorofilDuncan^a

| Perlakuan | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|-----------|---|-------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| P1 | 4 | 52.3600 | |
| P3 | 4 | 55.6575 | 55.6575 |
| P4 | 4 | 57.1250 | 57.1250 |
| P2 | 4 | 57.9800 | 57.9800 |
| P0 | 4 | | 60.4575 |
| Sig. | | .084 | .135 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Laju_FotosintesisDuncan^a

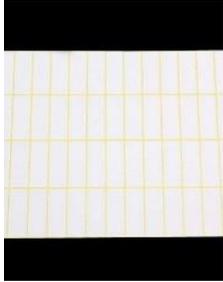
| Perlakuan | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|-----------|---|-------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| P1 | 4 | 18.5825 | |
| P2 | 4 | 19.5225 | 19.5225 |
| P0 | 4 | 20.0775 | 20.0775 |
| P4 | 4 | 20.3250 | 20.3250 |
| P3 | 4 | | 21.8875 |
| Sig. | | .147 | .055 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

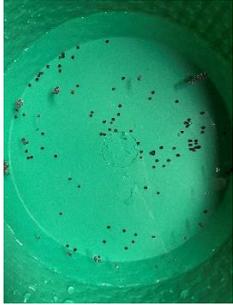
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Lampiran 6. Gambar Alat dan Bahan Penelitian

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

| | | | |
|--|---|---|---|
|  <p>Kain saring</p> |  <p>Kertas label</p> |  <p>Sarung tangan plastik</p> |  <p>Karung bekas</p> |
|  <p>Air</p> | | | |

Lampiran 7. Penanaman dan Pengambilan Data

| | | | |
|--|---|---|---|
|  <p>Proses perendaman biji</p> |  <p>Proses penyemaian</p> |  <p>Proses penjarangan</p> |  <p>Proses pemberian nutrisi</p> |
|  <p>Perhitungan jumlah daun</p> |  <p>Proses perhitungan kadar klorofil</p> |  <p>Proses perhitungan laju fotosintesis</p> |  <p>Proses pemanenan</p> |
|  <p>Penimbangan berat basah</p> |  <p>Proses penghitungan sampel luas daun</p> |  <p>Hasil panen</p> | |

Lampiran 8. Hasil Sampel Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

P0

P1

P2



P3



P4



P0



P1



P2



P3



P4



**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

NIM : 210602110133
 Nama : MEGA SEPTYANA PUTRI PRATAMA
 Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jurusan : BIOLOGI
 Dosen Pembimbing 1 : Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd
 Dosen Pembimbing 2 : DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si
 Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR (POC) KOMBINASI KOTORAN ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor*) DAN AB MIX TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL SAWI HIJAU (*Brassica juncea* L.) DENGAN HIDROPONIK SISTEM SUBSTRAT

IDENTITAS BIMBINGAN

| No | Tanggal Bimbingan | Nama Pembimbing | Deskripsi Proses Bimbingan | Tahun Akademik | Status |
|----|-------------------|----------------------------|--|------------------|-----------------|
| 1 | 30 Agustus 2024 | Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd | Konsultasi judul Skripsi | Ganjil 2024/2025 | Sudah Dikoreksi |
| 2 | 02 Oktober 2024 | Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd | Konsultasi BAB I | Ganjil 2024/2025 | Sudah Dikoreksi |
| 3 | 23 Oktober 2024 | Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd | Konsultasi dan Revisi BAB I | Ganjil 2024/2025 | Sudah Dikoreksi |
| 4 | 25 Oktober 2024 | Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd | Konsultasi dan Revisi BAB III | Ganjil 2024/2025 | Sudah Dikoreksi |
| 5 | 11 November 2024 | DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si | Konsultasi Integrasi BAB I & II | Ganjil 2024/2025 | Sudah Dikoreksi |
| 6 | 12 November 2024 | DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si | Konsultasi dan Revisi Integrasi BAB I dan II | Ganjil 2024/2025 | Sudah Dikoreksi |
| 7 | 13 November 2024 | DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si | Revisi integrasi BAB II | Ganjil 2024/2025 | Sudah Dikoreksi |
| 8 | 13 November 2024 | Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd | Proposal disetujui | Ganjil 2024/2025 | Sudah Dikoreksi |
| 9 | 28 April 2025 | Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd | Bimbingan BAB 4 | Genap 2024/2025 | Sudah Dikoreksi |
| 10 | 05 Mei 2025 | Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd | Konsultasi BAB 1-5 | Genap 2025/2026 | Sudah Dikoreksi |
| 11 | 05 Mei 2025 | DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si | Konsultasi integrasi BAB 4 | Genap 2025/2026 | Sudah Dikoreksi |
| 12 | 06 Mei 2025 | Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd | Revisi BAB 2,4,&5 | Genap 2025/2026 | Sudah Dikoreksi |
| 13 | 06 Mei 2025 | DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si | Revisi integrasi BAB 1,2,&4 | Genap 2025/2026 | Sudah Dikoreksi |

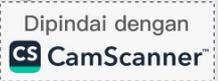
Telah disetujui
 Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si

Malang, _____
 Dosen Pembimbing 1

Dr. EKO BUDI MINARNO, M.Pd





Sistem Informasi Akademik Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang 2.0
Kajur / Kaprodi,



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

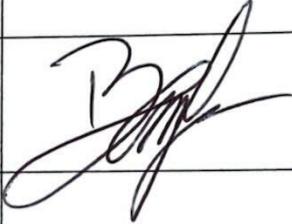
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Mega Septyana Putri Pratama

NIM : 210602110133

Judul : Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Kombinasi Kotoran Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) Dan AB Mix Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) Dalam Hidroponik Sistem Substrat

| No | Tim Check plagiasi | Skor Plagiasi | TTD |
|----|--|---------------|---|
| 1 | Azizatur Rohmah, M.Sc | | |
| 2 | Berry Fakhry Hanifa, M.Sc | | |
| 3 | Bayu Agung Prahardika, M.Si | 25 % |  |
| 4 | Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc | | |
| 5 | Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc | | |



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi


Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002