TA/TL/2024/1945

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA (*Lactuca Sativa L*) DAN LOGAM BERAT PADA ALAT INTEGRASI AKUAPONIK DENGAN REAKTOR MAGGOT BSF

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

AQSHAL FATURRACHMAN BUAMONA PUTRA

20513225

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA (*Lactuca Sativa L*) DAN LOGAM BERAT ALAT INTEGRASI AKUAPONIK DENGAN REAKTOR MAGGOT BSF

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

AQSHAL FATURRACHMAN BUAMONA PUTRA
20513225

Disetujui,

Dosen Pembimbing

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 155130507
Tanggal : 17 DESEMBER 2024

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal : 17/12/2024

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA (*Lactuca Sativa L*) DAN LOGAM BERAT ALAT INTEGRASI AKUAPONIK DENGAN REAKTOR MAGGOT BSF

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : SELASA
Tanggal : 17 DESEMBER 2024

Disusun Oleh :

AQSHAL FATURRACHMAN BUAMONA PUTRA
20513225

Tim Penguji :

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. ( )

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. ( )

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. ( )

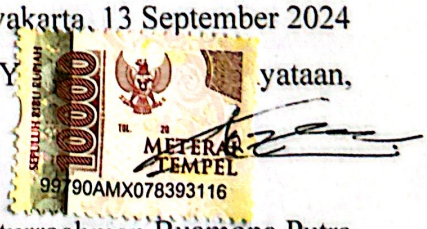
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya,
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing,
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka
4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 13 September 2024

Yang menyatakan,



Aqshal Faturrachman Buamona Putra

Nim : 20513225

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "Analisis Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L*) dan Logam Berat pada Alat Integrasi Akuaponik dengan Reaktor Maggot BSF". Penyusunan laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Selama penyusunan laporan tugas akhir ini, tentunya mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, sehingga penyusunan laporan tugas akhir dapat terselesaikan dengan baik oleh penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin ucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki berupa kesehatan, ilmu pengetahuan, ridho, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini
2. Kedua orang tua yaitu Ayah Kamal Buamona dan Ibu Susilowati, Kakak Fildzah Kamelia Putri, saudara, dan keluarga yang tiada henti memberikan dukungan serta doa selama menempuh pendidikan, hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini
3. Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T. Ph. D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang selalu membimbing serta memberikan arahan dan semangat dan juga memberi kritik, saran, dan penilaian terhadap penulis sejak pengambilan sampel, penulisan proposal tugas akhir hingga tugas akhir ini selesai
4. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini

5. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini
6. Seluruh dosen, staf, dan Keluarga Besar Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
7. Kepada "Oh Neptunus" terima kasih kalian sudah selalu ada dan selalu bertukar kabar walaupun jarak kita terpisah satu sama lain. Kalian adalah sosok yang tak pernah bosan mendengar keluh kesah dan cerita antara satu sama lain. Seperti namanya yaitu lautan luas yang kalian simbolkan, persahabatan selalu memberikan kedamaian dan kekuatan. Terima kasih telah menjadi tempat bersandar saat badai menghantam, dan menjadi ombak kecil yang mengingatkanku untuk terus maju, menikmati setiap perjalanan hidup dengan penuh makna
8. Teman pesisir yang kuliah bareng satu atap yang tidak direncanakan Putreg, Rara, dan Keisya
9. Teman seperjuangan dalam kelompok tugas akhir ini (Tegar, Dhawi, Zufar, Ardha, dan Haydar)
10. Sahabat "Zepzep" Afif, Abdul, Bagas, Daru, Dito, Mirza, Nafiz, Oktano, Rafli, dan Zian yang selalu ada dalam susah maupun senang
11. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2020
12. Kepada Manchester United, terima kasih telah memberikan lebih dari sekedar hiburan sepak bola. Melalui berbagai momen kemenangan, kekalahan, dan perjuangan penuh emosi, klub ini telah mengajarkan makna kesabaran dalam meraih tujuan, nilai menghargai proses, dan kekuatan untuk terus melangkah meski menghadapi tantangan. Perjuangan yang ditampilkan di lapangan menjadi inspirasi bagi penulis untuk tidak mudah menyerah, memahami kegagalan dan kehilangan sebagai bagian penting dari perjalanan hidup, serta menjadikan setiap pengalaman sebagai penempaan menuju versi terbaik dari diri sendiri

13. Dan seluruh pihak yang membantu dukungan dan doa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang dapat membagun sebagai koreksi sehingga dapat digunakan dalam penulisan mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini dapat digunakan oleh banyak pihak dan memberikan banyak manfaat.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta. 13 September 2024

Aqshal Faturrachman Buamona Putra

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Permasalahan sampah organik merupakan tantangan lingkungan yang signifikan, terutama di daerah perkotaan. Sampah merupakan suatu benda atau bahan yang sudah tidak digunakan lagi oleh manusia sehingga dibuang. Sampah yang dibuang dan tidak dikelola dengan baik dapat menghasilkan dampak negatif terhadap lingkungan, pencemaran tanah dan air, serta meningkatkan timbulan sampah. Sampah juga dapat mengandung bahan beracun seperti logam berat. Dengan menggunakan alat integrasi akuaponik reaktor BSF, penelitian ini berfokys pada laju pertumbuhan tanaman selada dengan menggunakan air sisa kasgot dan kandungan logam berat (Fe, Cd, Cr, dan Pb). Dengan metode analisis kandungan logam berat menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Hasil analisis data menunjukkan laju pertumbuhan tanaman selada menggunakan air sisa kasgot memberi hasil yang bagus pada masing-masing reaktor, pada reaktor 2 hasil rata-rata terkecil tinggi tanaman yaitu 6,06 cm, sedangkan reaktor 3 hasil rata-rata terbesar 9,42. Hasil luas daun pada reaktor 2 dengan hasil rata-rata terkecil yaitu 2,23 cm, sedangkan reaktor 3 hasil rata-rata terbesar 5,76 cm. Hasil berat basah pada reaktor 2 dengan hasil terkecil 50,20 g, sedangkan reaktor 3 hasil terbesar 125,19 g. Hasil berat kering pada reaktor 2 dengan hasil terkecil 1,35 g, sedangkan reaktor 1 hasil terbesar 2,36 g. Kemudian, hasil analisis kandungan logam berat menggunakan AAS ditemukan 4 kandungan logam berat yang terbaca pada tanaman selada yaitu Cd, Fe, Pb, dan Cr, dengan logam terakumulasi terkecil pada reaktor 3 sampah organik pasar dengan nilai Cd 0,30 mg/kg, sedangkan hasil logam berat terakumulasi tertinggi pada reaktor 2 sampah organik restaurant dengan nilai Fe 60,95 mg/kg.

Kata Kunci : Tanaman Selada, Akuaponik, Maggot, Logam Berat

ABSTRACT

The problem of organic waste is a significant environmental challenge, especially in urban areas. Waste is an object or material that is no longer used by humans so it is discarded. Waste that is discarded and not managed properly can have a negative impact on the environment, pollute soil and water, and increase waste generation. Waste can also contain toxic materials such as heavy metals. Using the BSF reactor aquaponics integration tool, this study focuses on the growth rate of lettuce plants using cassava residual water and heavy metal content (Fe, Cd, Cr, and Pb). With the method of analysing heavy metal content using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The results of data analysis showed that the growth rate of lettuce plants using kasgot residual water gave good results in each reactor, in reactor 2 the smallest average result of plant height was 6.06 cm, while reactor 3 had the largest average result of 9.42. The result of leaf area in reactor 2 with the smallest average result is 2.23 cm, while reactor 3 has the largest average result of 5.76 cm. The results of wet weight in reactor 2 with the smallest result of 50.20 g, while reactor 3 the largest result was 125.19 g. Dry weight results in reactor 2 with the smallest result of 1.35 g, while reactor 1 has the largest result of 2.36 g. Then, the results of the analysis of heavy metal content using AAS found 4 heavy metal contents that were read in lettuce plants, namely Cd, Fe, Pb, and Cr, with the smallest accumulated metal in reactor 3 of market organic waste with a Cd value of 0.30 mg/kg, while the highest accumulated heavy metal results in reactor 2 of restaurant organic waste with a Fe value of 60.95 mg/kg.

Keywords: Lettuce, Aquaponics, Maggot, Heavy Metal

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR ..... Error! Bookmark not defined.

PERNYATAAN ..... Error! Bookmark not defined.

PRAKATA ..... **i**

ABSTRAK ..... **v**

ABSTRACT ..... **vi**

DAFTAR ISI ..... **viii**

DAFTAR TABEL ..... **xi**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Ruang Lingkup 4

1.6 Kerangka Berpikir 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**

2.1 Gambaran Umum Sampah 6

2.1.1 Pengertian Sampah 6

2.1.1 Timbulan Sampah Organik 6

2.2 Akuaponik 7

2.3 Maggot *Black Soldier Flies* (BSF) 7

2.4 Tanaman Selada 8

2.5 Logam Berat 8
2.5.1 Zat Besi (Fe) 9
2.5.2 Timbal (Pb) 9
2.5.3 Cadmium (Cd) 9
2.5.4 Cromium (Cr) 10
2.6 Penelitian Terdahulu 11
BAB III METODE PENELITIAN 14
3.1 Waktu dan Lokasi 14
3.2 Alat dan Bahan 15
3.3 Diagram Alir Penelitian 16
3.4 Tahap Penelitian 17
3.4.1 Persiapan Media Semai 17
3.4.2 Persemaian dan Pembibitan 17
3.4.3 Persiapan dan Pengisian Media Tanam 19
3.4.4 Pengamatan Sampel 20
3.4.5 Destruksi 20
3.5 Analisis Data 21
3.5.1 Tinggi Tanaman 22
3.5.2 Luas Daun 22
3.5.3 Berat Basah 23
3.5.4 Berat Kering 23
3.5.5 Kandungan Logam Berat 24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Tinggi Tanaman 25
4.2 Luas Daun 28
4.3 Berat Basah 30
4.4 Berat Kering 32
4.5 Zat Besi (Fe) 34
4.6 Timbal (Pb) 36
4.7 Cadmium (Cd) 38
4.8 Cromium (Cr) 39
BAB V 42
KESIMPULAN DAN SARAN 42

5.1 Kesimpulan 42
5.2 Saran 43
DAFTAR PUSTAKA 46
LAMPIRAN 53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu 11
Tabel 3. 1 Perlakuan 3 Reaktor 21
Tabel 4. 1 Hasil Rata-rata Pengaruh Air Sisa Kasgot Terhadap Pertumbuhan Tinggi Tanaman Selada Reaktor 1, Reaktor 2, dan Reaktor 3 26

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Flowchart Kerangka Berpikir 5
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian (Kebun Benar Benih)..... 14
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian 16
Gambar 3. 3 Skema Alat Integrasi Akuaponik Menggunakan Maggot BSF 17
Gambar 3. 4 Waktu Semai dan Bibit 18
Gambar 3. 5 Alat Integrasi Akuaponik dengan Reaktor Maggot..... 19
Gambar 3. 6 Detail Alat Integrasi Akuaponik dengan Reaktor Maggot..... 19
Gambar 4. 1 Pengaruh Air Sisa Kasgot Terhadap Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman pada Reaktor 1, Reaktor 2, dan Reaktor 3..... 27
Gambar 4. 2 Pengaruh Air Sisa Kasgot Terhadap Laju Pertumbuhan Luas Daun Tanaman Selada pada Reaktor 1, Reaktor 2, dan Reaktor 3..... 29
Gambar 4. 3 Berat Basah Tanaman Selada..... 31
Gambar 4. 4 Berat Kering Tanaman Selada..... 33
Gambar 4. 5 Grafik Kandungan Logam Berat Fe 35
Gambar 4. 6 Sumber Kontaminan dan Alur Pajanan Pb dalam Lingkungan..... 36
Gambar 4. 7 Grafik Kandungan Logam Berat Pb..... 37
Gambar 4. 8 Grafik Kandungan Logam Berat Cd 38
Gambar 4. 9 Grafik Kandungan Logam Berat Cr 40

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Rumus Perhitungan Logam Berat 53
Lampiran 1. 2 Hasil Perhitungan Tinggi Tanaman Selada 53
Lampiran 1. 3 Hasil Perhitungan Luas Daun Tanaman Selada 57
Lampiran 1. 4 Hasil Perhitungan Berat Basah Tanaman Selada 61
Lampiran 1. 5 Hasil Perhitungan Berat Kering Tanaman Selada 61
Lampiran 1. 6 Grafik Hasil Kandungan Logam Berat Fe 61
Lampiran 1. 7 Grafik Hasil Kandungan Logam Berat Pb 62
Lampiran 1. 8 Grafik Hasil Kandungan Logam Berat Cd 62
Lampiran 1. 9 Grafik Hasil Kandungan Logam Berat Cr 63
Lampiran 1. 10 Baku Mutu Logam 64
Lampiran 1. 11 Semai Tanaman Selada 64
Lampiran 1. 12 Reaktor 1 65
Lampiran 1. 13 Reaktor 2 65
Lampiran 1. 14 Reaktor 3 66
Lampiran 1. 15 Pengambil Sampel Tanaman Selada 66
Lampiran 1. 16 Sampel Tanaman Selada Sebelum Destruksi 67
Lampiran 1. 17 Destruksi Sampel Tanaman Selada 67
Lampiran 1. 18 Hasil Destruksi 3 Reaktor Tanaman Selada 68

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan hal yang telah menjadi bagian dari kehidupan manusia. Menurut Undang-Undang nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, pengelolaan sampah adalah kegiatan sistematis, menyeluruh serta berkesinambungan dalam meliputi pengurangan dan penangan sampah. Pengelolaan sampah di Indonesia masih menggunakan paradigma lama yaitu kumpul, angkat, dan buang. Diperlukannya penanganan sampah yang baik dan benar yang dimana telah tertuang dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 3 Tahun 2013 pasal 14, bahwa penanganan sampah meliputi kegiatan-kegiatan pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah.

Setiap harinya, 175,000 ton sampah menumpuk di Indonesia. Sampah yang diangkut dan dibuang ke TPA sebanyak 69%, ditimbun (TPA) sebanyak 10%, dibakar sebanyak 5%, dijadikan kompos sebanyak 7%, dan tidak dikelola dengan baik sebanyak 7% (Wita dkk, 2020). Menurut (Elamin dkk, 2018), sampah adalah suatu benda atau bahan yang sudah tidak digunakan lagi oleh manusia sehingga dibuang. Permasalahan sampah meliputi 3 bagian yaitu pada bagian hilir, proses dan hulu. Pada bagian hilir, pembuangan sampah yang terus meningkat. Pada bagian proses, keterbatasan sumber daya baik dari masyarakat maupun pemerintah. Pada bagian hulu, berupa kurang optimalnya sistem yang diterapkan pada pemrosesan akhir. Menurut (Mulasari dkk, 2016) sampah juga mengandung berbagai bahan beracun salah satu contohnya yaitu logam berat. Oleh karena itu, perlu berhati-hati terhadap sampah yang banyak dan menumpuk terutama pengangkut sampah yang memegang atau mengalami kontak langsung dengan sampah sebaiknya menggunakan alat pelindung diri (APD). Menurut (Kahar, 2023)

Pengelolaan sampah organik yang efektif dapat mengurangi volume timbulan sampah. Jika sampah tidak ditangani dengan baik, keberadaan sampah dalam jumlah besar dapat berdampak buruk pada lingkungan, baik dari segi fisik, kimia, biologi, sosial, ekonomi, budaya, maupun kesehatan lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan maggot Black Soldier Fly (BSF) sebagai metode pengolahan sampah organik menjadi alternatif yang berpotensi tinggi untuk mengurai sampah organik.

Black Soldier Flies (BSF) merupakan spesies lalat daerah tropis yang dapat mengurai materi organik dan mampu berkembang biak sebanyak tiga kali dalam setahun di negara bagian selatan Amerika Serikat. BSF dapat mendegradasi sampah organik dengan memanfaatkan larvanya yang akan mengekstrak energi dan nutrien dari sampah sayuran, sisa makanan, bangkai hewan, dan kotoran sebagai bahan makanannya. Larva BSF mampu mengkonsumsi sampah makanan dalam jumlah besar lebih cepat dan juga lebih efisien dibandingkan spesies lain yang diketahui. Hal ini dipengaruhi oleh bagian mulutnya dan enzim pencernaannya yang lebih aktif (Fajri dan Hamid, 2021).

Sistem akuaponik menggabungkan hidroponik dan akuakultur dan menggunakan sisa metabolisme dan pakan ikan sebagai pupuk tanaman. Tanaman berfungsi sebagai biofilter, menjaga air yang kembali menuju kolam budidaya tetap bersih. Hal ini sangat membantu kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan yang dibudidayakan. Kemampuan tumbuhan untuk menyerap amonia dapat menurun dengan peningkatan konsentrasi amonia (Zidni dkk, 2019).

Selada merupakan jenis sayuran yang banyak mengandung vitamin dan mineral. Salah satu faktor yang mengakibatkan kegagalan panen pada tanaman selada yaitu teknik budidaya yang masih secara konvensional sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yaitu seperti serangan hama dan juga penyakit pada tanaman selada. Selain itu ketersediaan nutrisi yang berasal dari bahan-bahan organik memberikan pengaruh yang sangat besar dalam menghasilkan produksi selada yang berkualitas (Darrmawan dkk, 2020).

Pupuk organik kasgot (bekas maggot) yaitu pupuk organik yang berasal dari sisa dekomposer larva maggot berupa sampah organik seperti sayur, buah, dan limbah organik rumah tangga lainnya. Peranan pupuk organik kasgot mengandung

berbagai macam unsur seperti Natrium, Fosfor, dan Kalium yang dapat diserap tanaman sehingga kebutuhan tanaman akan hara dapat terpenuhi, selain itu juga dapat mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah. Penambahan pupuk kasgot sebagai pupuk organik memiliki nutrisi yang sangat baik untuk memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah (Triwijayani dkk, 2023).

Penelitian ini berfokus pada efektivitas pupuk kasgot yang dihasilkan dari dekomposisi sampah organik oleh maggot terhadap laju pertumbuhan tanaman selada pada alat integrasi akuaponik menggunakan reaktor maggot, dengan harapan dapat mengelola sampah organik secara lebih optimal, menciptakan sistem pertanian yang produktif, berkelanjutan dan ramah lingkungan, serta bertujuan menambah pengetahuan dengan menganalisis parameter kualitas tanaman selada, yaitu pertumbuhan tanaman selada (tinggi, luas daun, berat segar, dan berat kering) dan kandungan logam berat (Fe, Pb, Cd, dan Cr)

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu dari paparan latar belakang di atas, masalah yang dapat diidentifikasi yaitu :

1 Bagaimana pengaruh air sisa kasgot terhadap laju pertumbuhan tanaman selada?
2 Apakah ada logam berat yang berada di tanaman selada?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan antara lain :

1 Mengetahui pengaruh laju pertumbuhan tanaman selada menggunakan air sisa kasgot
2 Menganalisis kandungan logam berat yang berada di tanaman selada

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian sebagai berikut :

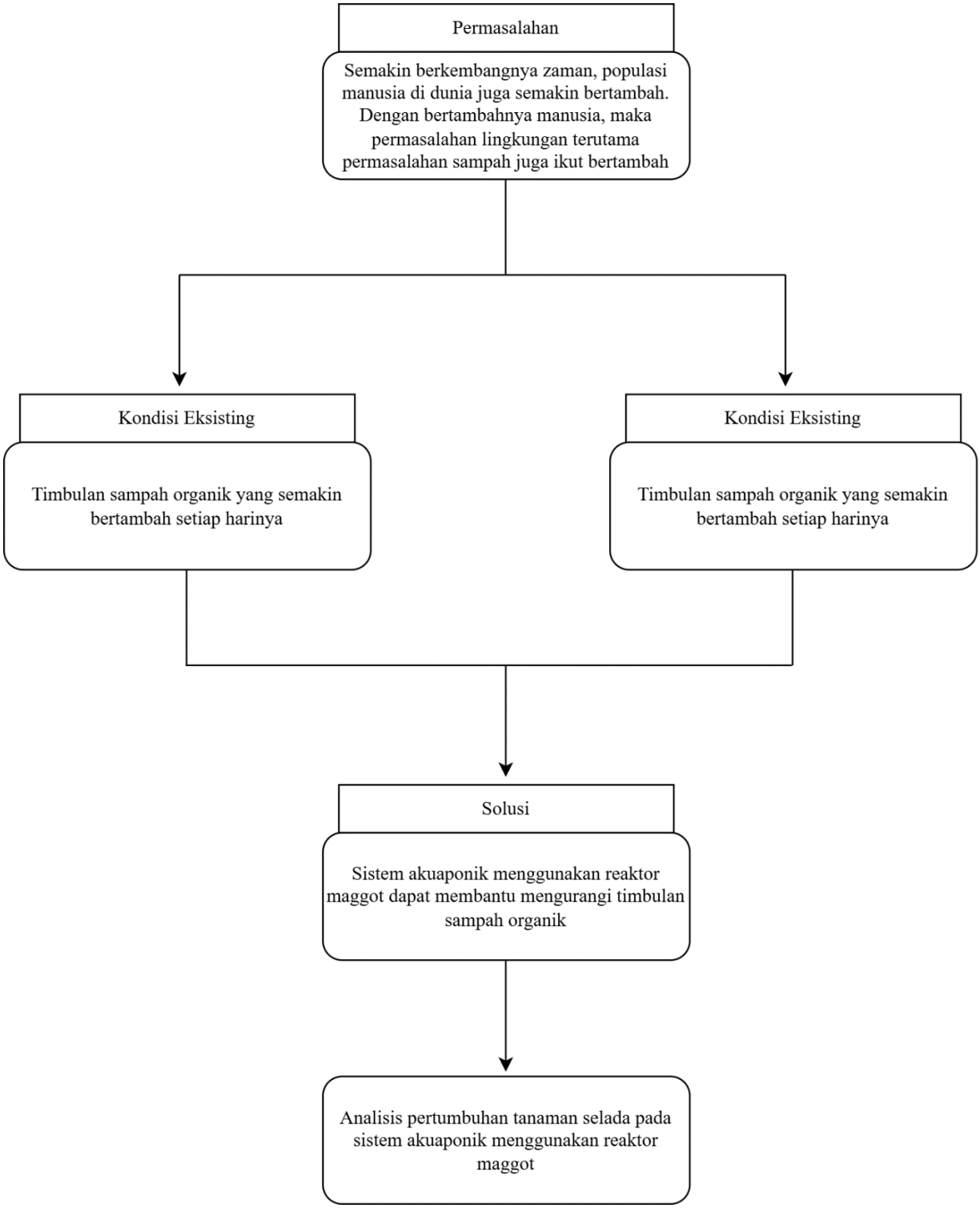
1. Memberikan wawasan tentang pertumbuhan tanaman selada menggunakan akuaponik pada alat integrasi akuaponik dengan reaktor maggot BSF
2. Menambah pemahaman lebih tentang alat integrasi akuaponik dengan reaktor maggot BSF, penelitian ini memberikan pemahaman lebih mendalam tentang serapan logam berat pada tanaman dan laju pertumbuhan tanaman menggunakan air sisa kasgot

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian berada di Kebun Benar Benih
2. Jenis tanaman yang diambil untuk penelitian yaitu tanaman selada
3. Parameter yang akan diuji yaitu parameter fisik tanaman (tinggi tanaman, luas daun, berat segar, dan berat kering), dan logam berat (Fe, Pb, Cd, dan Cr)
4. Pengamatan laju pertumbuhan tanaman selada, dan analisis logam berat
5. Waktu penelitian dilakukan selama 4 bulan dalam rumah kaca

1.6 Kerangka Berpikir



Gambar 1. 1 Flowchart Kerangka Berpikir

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Sampah

2.1.1 Pengertian Sampah

Menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat. Adapun sampah spesifik merupakan sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus. Sedangkan menurut Hadiwiyoto (1983;12), sampah adalah bahan sisa, baik bahan-bahan yang sudah tidak digunakan lagi (barang bekas) maupun bahan yang sudah diambil bagian utamanya yang dari segi ekonomis, sampah adalah bahan buangan yang tidak ada harganya dan dari segi lingkungan, sampah adalah bahan buangan yang tidak berguna dan banyak menimbulkan masalah pencemaran dan gangguan pada kelestarian lingkungan.

2.1.1 Timbulan Sampah Organik

Secara nasional 60% jenis sampah didominasi oleh sampah organik (SIPSN 2023). Sumber timbulan sampah terbanyak didapat dari rumah tangga atau pemukiman, pasar, taman kota atau jalan raya, tempat umum, dan perkantoran (Hutagalung dkk, 2023).

Sampah organik yang tidak dikelola dengan baik dapat menghasilkan gas metana yang berkontribusi terhadap pemanasan global, serta menjadi sumber penyakit, bau busuk, dan pencemaran lingkungan yang dapat mencemari air, tanah, dan udara (Iresha dkk, 2023). Menurut (Brunner dkk, 2021), dalam jumlah terbatas, sampah organik dapat terdekomposisi dan menyatu dengan tanah. ini adalah prinsip

yang digunakan dalam pengelolaan sampah secara aerobik untuk membuat kompos, bahan yang dapat memperbaiki struktur dan komposisi tanah seperti humus. Namun, material organik tersebut dapat terdekomposisi secara anaerobik atau tanpa oksigen selama proses pembusukan.

2.2 Akuaponik

Akuaponik merupakan sistem terpadu yang menggabungkan budidaya ikan (akuakultur) dan tanaman (hidroponik) dalam satu sistem resirkulasi tertutup. Limbah dari hasil budidaya ikan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman, yang kemudian diserap dan diproses melalui mekanisme seperti penyerapan nutrisi dan nitrifikasi dalam komponen tanaman sebelum air dikembalikan ke tangki ikan. Sistem ini memungkinkan produksi nutrisi secara berkelanjutan, mencegah kekurangan nutrisi, dan menghindari penumpukan nutrisi yang berlebihan, sehingga memperpanjang masa pakai air dan meminimalkan pembunagan limbang ke lingkuungan (Rakocy et al., 2004).

Selain itu, akar tanaman berfungsi sebagai filter yang menyaring limbah di air ikan, termasuk mengurangi amonia dari fases ikan nila, menjadikan sistem akuaponik efisien untuk digunakan secara berkelanjutan selama bertahun-tahun (Darmawan dkk., 2020).

2.3 Maggot *Black Soldier Flies* (BSF)

Black Soldier Flies (BSF) adalah spesies lalat daerah tropis yang dapat mengurai bahan organik dan dapat berkembang biak tiga kali setahun di negara bagian selatan AS. BSF betina dewasa bertelur satu kali seumur hidup dan menghasilkan antara 320 dan 620 telur setelah masa kopulasi yang hanya berlangsung kurang dari dua hari. BSF dapat mendegradasi sampah organik dengan memanfaatkan larvanya. Larvanya mengekstrak energi dan nutrien dari sisa makanan, bangkai hewan, kotoran, dan sampah sayuran. Larva BSF mudah untuk dikembangbiakkan karena sifatnya yang tidak terpengaruh oleh musim, meskipun

lebih aktif pada kondisi yang hangat. Larva BSF dapat mendegradasi hingga 80% sampah organik (Fajri dan Hamid 2021).

2.4 Tanaman Selada

Selada (*Lactuca sativa L*) adalah salah satu tanaman sayuran dengan nilai ekonomi yang tinggi dengan bentuk yang menarik dan kandungan gizi yang melimpah, seperti vitamin A, B, dan C, sehingga memiliki potensi besar untuk terus dibudidayakan guna memenuhi permintaan pasar domestik dan internasional (Meriaty dkk., 2021). Tanaman ini termasuk dalam famili *Compositae* dan merupakan tanaman sayuran berumur pendek yang tumbuh baik pada tanah humus, pasir, atau lumpur dengan pH 5 – 6,5. Daun selada memiliki bentuk, ukuran, dan warna yang beragam tergantung varietasnya, dengan tinggi tanaman berkisar antara 20 – 40 cm. Sistem perakaran selada terdiri dari akar tunggang dan akar serabut yang menempel pada batang serta tumbuh menyebar hingga kedalaman 20 – 50 cm atau lebih (Asprillia dkk., 2018).

Budidaya tanaman selada sering dilakukan dengan menggunakan pupuk organik, seperti pupuk kandang (pukan), pupuk hijau, atau kompos yang berasal dari sisa tanaman, sisa makanan, serta hewan atau manusia. Pupuk organik ini dapat berbentuk cair maupun padat dan berperan penting dalam meningkatkan kandungan unsur hara tanah serta memperbaiki sifat fisik tanah, sehingga mendukung pertumbuhan selada secara optimal (Asprillia dkk., 2018).

2.5 Logam Berat

Logam berat adalah salah satu pencemar lingkungan yang paling berbahaya. Pencemaran logam berat berasal dari pertambangan, limbah domestik, polusi udara, limpasan air hujan, dan pembuangan limbah industri. Pencemaran ini memengaruhi ekosistem lingkungan. Dalam jumlah besar, logam berat berpotensi membahayakan lingkungan. Logam berat seperti arsen, cadmium, besi, tembaga, timbal, kobalt, besi, dan lain-lain dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan meningkatkan daya toksisitas dan bioakumulasi logam (Ramzi, 2022).

2.5.1 Zat Besi (Fe)

Zat besi diambil oleh tanaman dalam bentuk ion ferri (Fe^{3+}) atau ferro (Fe^{2+}). Fe biasanya menyusun 0,01% tanaman, dengan kisaran dalam daun antara 10 – 100 ppm. Klorofil dan enzim-enzim, yang berfungsi dalam sistem transfer elektron. Terdapat dua jenis sumber zat besi dalam makanan, yaitu zat besi yang berasal dari hem dan bukan hem. Walaupun kandungan zat besi hem dalam makanan hanya 5 – 10% tetapi penyerapannya hanya 5% (Amalia, 2016).

2.5.2 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) termasuk pada kelompok logam yang beracun, dan berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup. Limbah yang mengandung Pb dapat berasal dari limbah penggunaan batu bara dan minyak, limbah pabrik peleburan besi dan baja, pabrik produksi semen dan limbah dari penggunaan logam yang bersangkutan untuk hasil produksinya seperti pabrik baterai, tekstil, pestisida, gelas, keramik, dan sebagainya. Selain itu, secara alamiah Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Pencemaran ion-ion logam berat dalam air harus mendapat perhatian yang serius karena bila terserap dan terakumulasi dalam tubuh manusia dapat mengganggu kesehatan dan pada beberapa kasus menyebabkan kematian. Berdasarkan SNI Nomor 7387-2009, batas maksimum cemaran logam berat yang diperbolehkan dalam sayuran adalah 0,5 mg/kg (Katipana, 2015).

2.5.3 Cadmium (Cd)

Kadmium, salah satu logam paling berbahaya, menyebar di alam melalui pembuangan limbah, pupuk fosfar, aktivitas industri, dan pemukiman penduduk. Karena tanaman tidak memiliki selektivitas yang tinggi, tanaman dapat menyerap Cd sekaligus, yang jika berlebihan dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan dan kematian tanaman, penghancuran membran, dan alterasi aktivitas enzim (Liong

dkk, 2009). Berdasarkan PP 101/2014, baku mutu Cd dalam tanah adalah 0,06 ppm.

2.5.4 Cromium (Cr)

Logam berat kromium dalam suatu perairan berasal dari alam dalam jumlah yang sangat kecil seperti proses pelapukan batuan dan run-off dari daratan, namun logam berat kromium dapat meningkat dalam jumlah besar dalam perairan karena kegiatan manusia seperti limbah industri, limbah rumah tangga, dan kegiatan lainnya melalui limbah yang masuk ke dalam perairan (Azizah dkk, 2017).

2.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul	Hasil
(Nguka dkk, 2024)	Integrating Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Larvae Meal in Aquaponics System for Lettuce (Lactuca Sativa) Production	Adopsi sistem akuaponik menghadapi tantangan karena tingginya biaya pakan ikan, kurangnya berkelanjutan, dan ketergantungan pada tepung ikan sebagai input utama. Salah satu solusi potensial untuk menggantikan tepung ikan adalah penggunaan larva lalat tentara hitam (BSF) dalam akuaponik. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh penggantian tepung ikan dengan pakan BSF terhadap kinerja pertumbuhan selada (Lactuca Sativa) dalam akuaponik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RCBD). Sebanyak 135 ekor benih ikan lele dibagi menjadi tiga kelompok dan titebar dalam sembilan tong air masing-masing berukuran 100 liter (diisi dengan 60 liter air). Benih ikan diberi makan dua kali sehari selama 56 hari setelah masa aklimatisasi selama dua minggu. Periode aklimatisasi menggunakan pakan komersial. Air dialirkan melalui media tanam hidroponik menggunakan pengatur waktu otomatis, dengan siklus 15 menit setiap jam sepanjang siang dan malam. Tepung ikan diganti dengan BSF dengan tiga proporsi yang berbeda : 0% (BSF0), 30% (BSF30), dan 50% (BSF50). Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan Analisis Varians Satu Arah (ANOVA). Varians (ANOVA) dan uji Kruskal-Wallis, diikuti dengan uji ad-hoc Tukey dan Dunn, masing-masing menggunakan perangkat lunak JMP 16. Hasil penelitian menunjukan bahwa berat daun segar secara signifikan dipengaruhi oleh jenis makanan ($p<0,05$). Namun, tidak ada pengaruh yang signifikan yang diamati pada berat akar, berat kering total, jumlah daun, atau panjang akar ($p>0,05$). Penelitian ini menunjukkan bahwa tepung larva lalat tentara hitam dapat berhasil menggantikan hingga 50% tepung ikan dalam akuaponik tanpa mengorbankan kinerja pertumbuhan selada. Oleh karena itu, mempromosikan penggunaan tepung larva lalat tentara hitam dapat berkontribusi pada keberlanjutan selada produksi dalam akuaponik.

Nama Peneliti	Judul	Hasil
(Pinho dkk, 2024)	Insect-based fish feed in decoupled aquaponic systems: Effect on lettuce production and resource use	Pemanfaatan pakan ikan berbasis tepung serangga sebagai pengganti pakan ikan berbasis tepung ikan konvensional dianggap sebagai alternatif inovatif yang menjanjikan untuk meningkatkan sirkularitas dalam akuakultur dan aquaponik. Penelitian dasar tentang penggunaannya dalam aquaponik masih terbatas. Sejauh ini, belum ada laporan tentang efek air limbah ikan, yang berasal dari sistem akuakultur resirkulasi menggunakan pakan berbasis tepung Black Soldier Fly (BSF), terhadap kinerja pertumbuhan selada. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh penggunaan kembali air limbah ikan dari budidaya ikan nila (sebagai bahan dasar larutan nutrisi) yang diberi pakan berbasis tepung ikan (FM) dan pakan berbasis tepung BSF terhadap penggunaan sumber daya dan pertumbuhan selada dalam sistem akuaponik terpisah. Larutan nutrisi hidroponik konvensional (HP) berfungsi sebagai kontrol, dan pupuk anorganik ditambahkan ke semua larutan nutrisi untuk mencapai konsentrasi target yang sebanding. Percobaan dilakukan di ruang iklim yang tidak terkendali di sembilan unit hidroponik terpisah, tiga unit per perlakuan. Berat segar dan kering selada, jumlah daun, konsentrasi klorofil daun relatif, konsumsi air, dan penggunaan pupuk anorganik diukur. Unsur hara mikro dan makro dalam larutan nutrisi dipantau secara berkala. Hasil panen selada yang serupa terlihat pada semua perlakuan, tanpa efek signifikan pada berat segar dan kering, jumlah daun, dan nilai klorofil relatif. Penggunaan air per tanaman juga serupa di antara perlakuan, sementara jumlah total pupuk anorganik yang dibutuhkan 32% lebih rendah pada FM dan BSF dibandingkan dengan HP. Konsentrasi natrium yang lebih tinggi ditemukan pada larutan nutrisi FM dibandingkan dengan BSF dan HP. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa makanan berbasis BSF merupakan alternatif yang menjanjikan untuk makanan berbasis FM dalam akuaponik tanpa efek negatif pada pertumbuhan selada. Selain itu, diet berbasis BSF mungkin bermanfaat dalam aplikasi akuaponik profesional yang intensif karena konsentrasi natrium yang lebih rendah dalam larutan nutrisi.

Nama Peneliti	Judul	Hasil
(Agustiyani dkk, 2021)	The Effect of Application of Compost and Frass From Black Soldier Fly Larvae (Hermetia illucens L) on growth of Pakchoi (Brassica rapa L).	Percobaan pot dilakukan untuk mengamati pengaruh frass (kotoran serangga) dari larva Black Soldier Fly (BSF) sebagai pembenah tanah pada tingkat aplikasi yang berbeda dibandingkan dengan pupuk organik lainnya pada Pakchoi (Brassica rapa L). Rancangan percobaan yang digunakan adalah acak lengkap dengan tujuh perlakuan, yaitu kompos, kompos+LOB (pupuk organik cair), 5%, 10%, dan 15% BSF frass, pupuk kimia (NPK, setara dengan 10 kg/ha), dan tanah sebagai kontrol. Setelah 35 hari penanaman, hasil penelitian menunjukkan bahwa Pakcoy yang dibudidayakan dengan kompos+LOB, kompos, dan BSF frass menghasilkan biomassa tertinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan NPK secara signifikan. Berat total tanaman tertinggi dicapai pada perlakuan Kompos+LOB (24,4 gr), diikuti oleh 10% BSF frass (23,3 gr), kompos (21,8 gr), 15% BSF frass (20,7 gr), 5% BSF frass (20,7 gr), 5% BSF frass (20,7 gr), 5% BSF frass (19,8 gr), dan 5% BSF frass (19,8 gr). BSF frass (19,8 gr), NPK (1,3 gr) dan tanah kontrol (0,9 gr). Sedangkan kandungan klorofil adalah tidak berbeda nyata antara semua perlakuan, namun aplikasi BSF frass cenderung lebih tinggi tetapi dengan gejala daun keriting dibandingkan perlakuan lainnya. Populasi bakteri pelarut P dan aktivitas enzim PME-ase dalam tanah juga lebih tinggi pada perlakuan kompos kompos+LOB, dan BSF frass dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan NPK.

Dalam penelitian terdahulu yang digunakan diatas, penelitian hanya mengamati laju pertumbuhan tanaman dengan dua jenis tanaman yaitu tanaman selada dan pakchoi, peneliti tidak mengamati logam yang terkandung didalam tanaman. Oleh karena itu, diperlukan pembaruan dalam penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dengan menguji logam berat yang ada pada tanaman selada dengan menggunakan alat integrasi akuaponik dengan reactor maggot BSF. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan, dengan waktu pengamatan laju pertumbuhan yaitu 30 hari yang dilakukan dalam waktu seminggu sekali, dan melakukan pengujian kandungan logam pada masa panen. Parameter yang diuji yaitu parameter fisik tanaman (tinggi tanaman, luas daun, berat segar, dan berat kering), dan logam berat (Fe, Pb, Cd, dan Cr).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2024 - Juli 2024 dengan judul "Analisis Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa L*) dan Logam Berat pada Alat Integrasi Akuaponik dengan Reaktor Maggot BSF" ini dilakukan di Kebun Benar Benih Selling Yogyakarta, Indonesia atau Ngemplak, Umbulmartani, Kecamatan. Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584. Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 4 bulan. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian (Kebun Benar Benih)

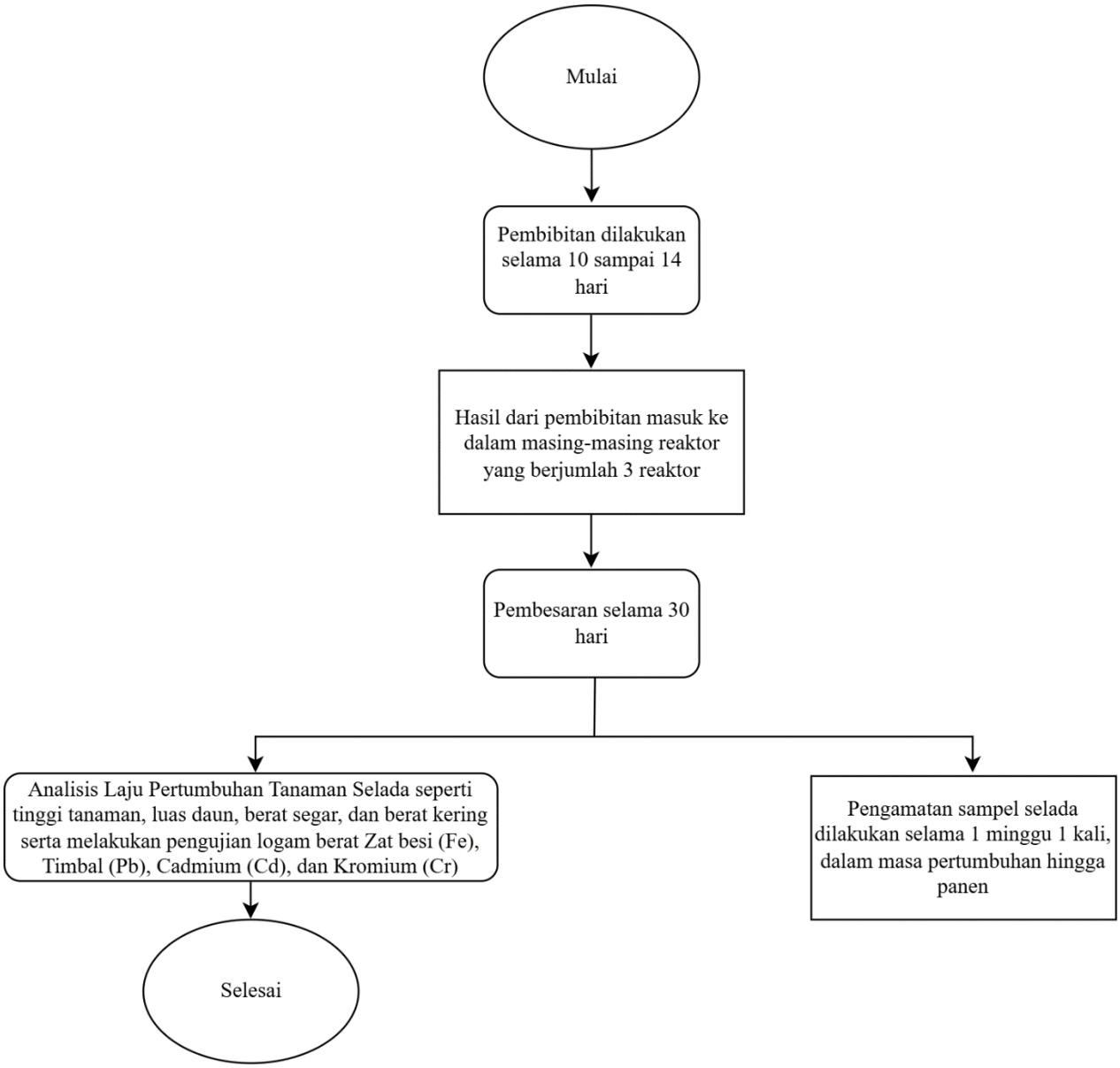
Sumber : ***Google Earth***

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat pengukuran In-Situ dan alat pengujian di laboratorium. Alat pengukuran In-Situ terdiri dari instalasi akuaponik benar benih, pulpen, penggaris, timbangan, rockwool, plastik ziplock dan netpot akuaponik. Sedangkan, alat pengujian laboratorium terdiri dari *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS), timbangan analitik, *hot plate stirrer*, corong, gelas beaker 100 mL, Erlenmeyer 250 mL, pipet ukur 10 mL, pipet ukur 5 mL, labu ukur 50 mL, pisau plastik, saringan 100 mess, dan labu vial.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan langsung di lapangan dan bahan di laboratorium. Bahan yang berada di lapangan yaitu benih selada 25 gr, sampah organic, dan air. Sedangkan, bahan yang berada di laboratorium terdiri dari Aquades, Asam Nitrat (HNO_3) pekat, dan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) 30%.

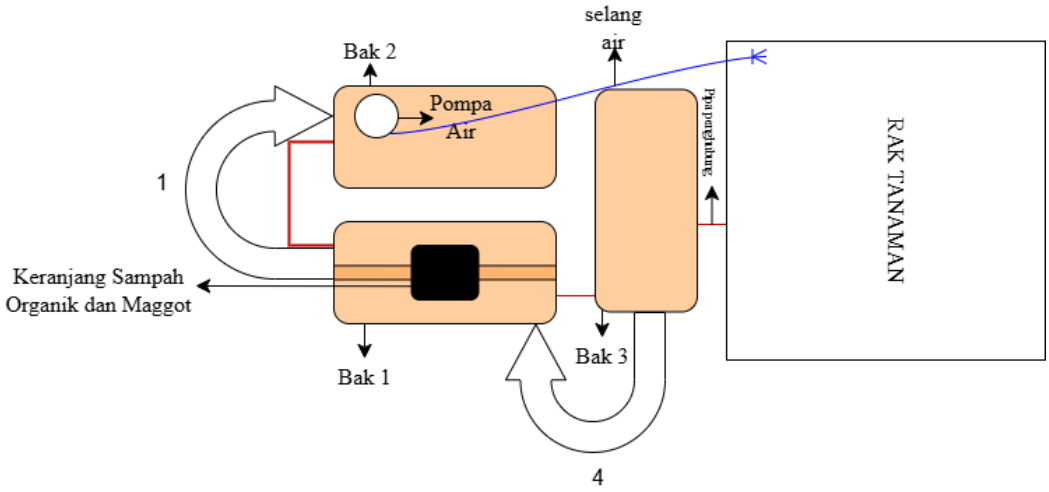
3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, menggunakan sistem akuaponik yang terdiri dari tiga bak dan satu rak tanaman. Bak pertama berfungsi sebagai tempat penempatan wadah maggot atau kerajang maggot beserta sampah organik, serta untuk menampung lindi dari sampah yang diproses oleh maggot BSF. Bak kedua berfungsi sebagai kolam penampung sedimentasi dari bak pertama, dan menjadi sumber air untuk rak pertama. Bak ketiga merupakan tempat habitat ikan yang

menampung air dari rak pertama dan mengalirkan air kembali ke bak pertama. Setiap bagian dihubungkan dengan pipa penghubung, lalu skema sistem alat integrasi akuaponik menggunakan maggot BSF dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Skema Alat Integrasi Akuaponik Menggunakan Maggot BSF

3.4 Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 4 (empat) bulan dari waktu semai, panen, hingga pengujian logam berat. Semai menggunakan bibit dari selada (*Lactuca sativa L*), tanaman selada diamati setiap seminggu sekali selama masa pertumbuhan. Penelitian ini menggunakan 25 gr bibit tanaman selada (*Lactuca sativa L*) yang dibagi menjadi 3 reaktor.

3.4.1 Persiapan Media Semai

Sebelum dimulai penelitian, terlebih dahulu mempersiapkan media yang akan dibutuhkan untuk penelitian. Langkah awal yang akan dilakukan yaitu penyemaian benih tanaman selada menggunakan rockwool.

3.4.2 Persemaian dan Pembibitan

Pada proses persemaian, sebelum benih selada disemaikan benih selada diberi sedikit air. Setelah itu, benih selada siap untuk disemaikan di dalam

rockwool. Setelah semua rockwool yang telah terisi benih ditempatkan pada tempat yang gelap dan diberi sedikit cahaya agar mendapatkan masa pertumbuhan yang baik. Perawatan pada benih tanaman selada terus dilakukan sampai menjadi bibit yang siap untuk pindah ke media aquaponik, bibit tanaman selada dapat dipindahkan ke aquaponik jika telah tumbuh beberapa daun 2 – 3 helai atau tanaman selada telah berumur 7 hari.

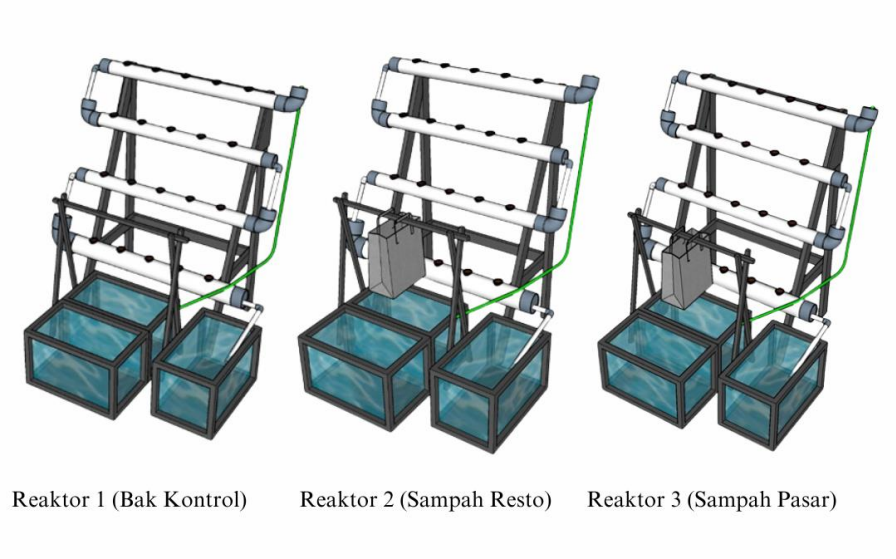




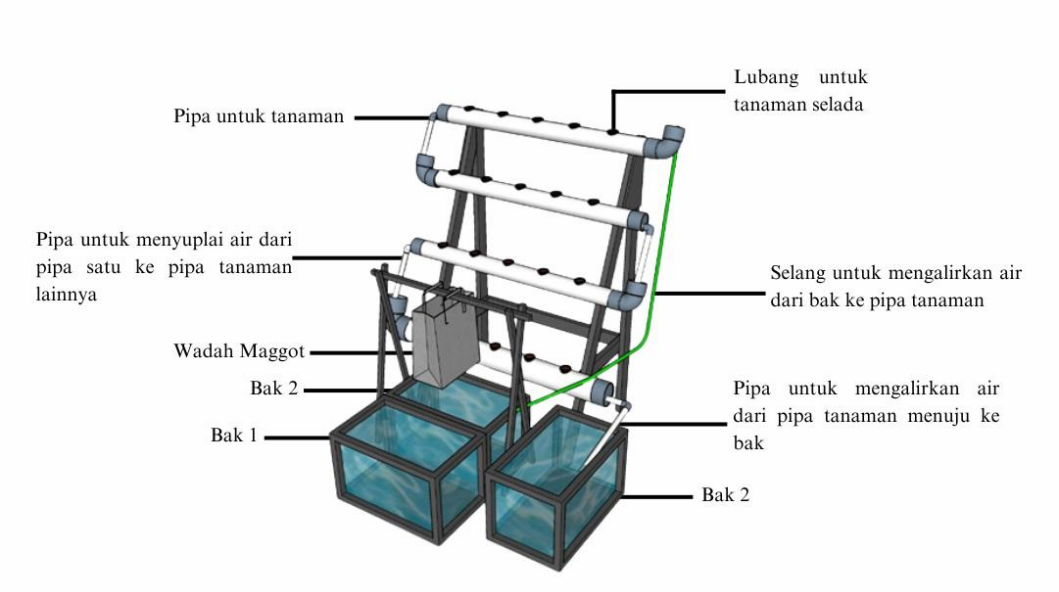
Gambar 3. 4 Waktu Semai dan Bibit

3.4.3 Persiapan dan Pengisian Media Tanam

Persiapan media tanam akuaponik dilakukan bersamaan dengan persemaian. Air yang akan digunakan berasal dari sumber air sumur yang berada di lokasi kebun benar benih selling Yogyakarta.



Gambar 3. 5 Alat Integrasi Akuaponik dengan Reaktor Maggot



Gambar 3. 6 Detail Alat Integrasi Akuaponik dengan Reaktor Maggot

Di dalam penelitian ini menggunakan alat integrasi akuaponik dengan reaktor maggot BSF yang terdiri dari 3 bak air, 1 tas untuk menampung maggot dan sampah organik berupa sampah makanan dan sampah buah, serta 4 pipa buat tanaman. Air yang berada dalam bak utama diambil dari air sumur. Kemudian, pada bak pertama yang berada di depan mengalir ke seluruh bak lainnya. Kemudian air dialirkan ke pipa 1 menggunakan pompa dan dialirkan sampai pipa 4 selama 24 jam.

3.4.4 Pengamatan Sampel

Tanaman Selada :

1. Mengambil sampel tanaman selada
2. Mengukur tinggi dan luas daun sampel tanaman selada
3. Menimbang sampel tanaman selada

3.4.5 Destruksi

Destruksi adalah suatu perlakuan mengubah sampel menjadi bentuk materi yang dapat diukur sehingga kandungan unsur-unsur didalamnya dapat dianalisis. Destruksi juga dapat dikatakan perombakan, hal ini dikarenakan mengubah bentuk organik logam menjadi bentuk logam-logam anorganik. Destruksi terdapat dua (2) macam yaitu Destruksi basah dan kering.

1. Destruksi basah adalah perombakan sampel dengan asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran, kemudian dioksidasi dengan menggunakan oksidator.
2. Destruksi kering adalah perombakan organik logam di dalam sampel yang akan dijadikan logam-logam anorganik dengan cara penggabungan sampel dalam muffle furnace dan memerlukan suhu pemanasan tertentu. Suhu pemanasan yang digunakan dalam destruksi kering biasanya ada di rentang 400-800°C, suhu ini juga tergantung pada jenis sampel yang akan dianalisis.

Berikut tahapan destruksi :

1. Menghomogenkan contoh uji, lalu ditimbang 1-2 g contoh uji

2. Memilih analit
3. Tambahkan 10 mL HNO, 1:1 lalu dipanaskan selama 10-15 menit
4. Tambahkan 5 mL HNO, p.a dan refluks selama 30 menit, lalu panaskan sampai volume tersisa 5 mL apabila sudah didinginkan
5. Tambahkan 2 mL air demineralisasi dan 3 mL H_2O_2 30% dan menambahkan 1 mL *aliqouts* H_2O_2 sampai terbentuk gelembung (mendidih)
6. Didihkan hingga volume tersisa 5 mL
7. Tambahkan 10 mL HCL p.a ke dalam hasil digest dan dipanaskan kembali selama 15 menit
8. Disaring, lalu ditempatkan di dalam labu ukur 25 mL
9. Melakukan pengujian pada contoh uji menggunakan SSA-Nyala
10. Lakukan perhitungan

3.5 Analisis Data

Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data secara kuantitatif berupa kandungan logam berat pada tanaman, dan laju pertumbuhan tanaman. Metode penelitian ini juga menggunakan media tanam rockwool. Adapun perlakuan penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Perlakuan 3 Reaktor

Instalasi	Perlakuan
Reaktor 1	Tidak diberikan perlakuan apapun pada bak kontrol
Reaktor 2	Diberikan sampah organik yang berasal dari restoran setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali
Reaktor 3	Diberikan sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali

Analisis data penelitian dilakukan secara statistik yang bertujuan untuk membandingkan apakah terdapat logam berat yang terkandung didalam tanaman

selada, dan laju pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, luas daun, berat kering, dan berat segar). Langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisis data sebagai berikut :

3.5.1 Tinggi Tanaman

Tanaman selada memiliki berbagai bentuk, ukuran, dan warna. Tinggi tanaman selada 30 sampai 40 cm dan tinggi tanaman selada berkisar antara 20 sampai 30 cm. selada memiliki sistem perakaran tunggang dan serabut (Asprillia ddk, 2018). Kemudian, pengukuran tinggi tanaman dimulai dari permukaan media tanam hingga ujung daun tertinggi, menggunakan penggaris (centimeter). Setelah itu, perhitungan dilakukan menggunakan rumus berikut (Herijanto, 2020) :

$$\text{Rata-rata} = \frac{\sum n}{n} \qquad \text{(persamaan 1)}$$

Keterangan :

$\sum n$ = Total tinggi tanaman (cm)

n = Banyak tanaman

3.5.2 Luas Daun

Luas daun menjadi salah satu parameter penting untuk mengetahui pertumbuhan tanaman yaitu luas daun, sehingga diperlukan teknik pengukuran yang cepat, tepat, mudah, akurat, murah, dan non destruktif (Zaini Miftach, 2018).

Untuk mengetahui luas daun, pengukuran dapat dilakukan secara langsung menggunakan penggaris (centimeter) dengan menghitung panjang dan lebar yang terbesar. Kemudian, nilai konstanta 0,6825 dimasukkan ke dalam rumus p x l x c (Konstanta). Setelah itu, perhitungan dilakukan menggunakan rumus berikut (Retno, 2018) :

$$\text{Luas Daun} = p \times l \times c \text{ (Konstanta)} \qquad \text{(persamaan 2)}$$

Keterangan :

p = Panjang (cm)

l = Lebar (cm)

c (konstanta) = 0,6825

3.5.3 Berat Basah

Hampir 90% dari seluruh berat basah tanaman adalah air, dan sisanya 10% berupa bahan kering terutama terdiri atas 3 elemen yaitu carbon, hidrogen dan oksigen. Berat basah tanaman pada saat masih hidup dan ditimbang langsung setelah panen sebelum tanaman menjadi layu karena kehilangan air (Wiraatmaja, 2018).

Perhitungan berat basah dilakukan pada akhir penelitian, berat basah tanaman dilakukan dengan menimbang seluruh tanaman. Ini dilakukan setelah tanaman dibersihkan dari kotoran dan dikeringkan oleh angin, kemudian ditimbang dengan timbangan analitik.

3.5.4 Berat Kering

Berat kering tanaman menunjukan akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis oleh tanaman dari senyawa anorganik, terutama air dan karbondioksida. Unsur hara yang diserap oleh akar mampu memberi kontribusi terhadap bobot kering tanaman (Cahyanda dkk, 2018).

Pada akhir penelitian tanaman dipotong kecil-kecil untuk menghitung berat keringnya. Yang bertujuan untuk mempermudah pengeringan. Tanaman yang telah dipotong dimasukkan ke dalam amplop yang telah dilubangi dan diletakkan di dalam oven dengan suhu 105ºC selama 24 jam. Kemudian, keluarkan sampel dan masukkan ke dalam desikator selama ± 30 menit dan ditimbang. Masukkan kembali sampel ke dalam oven dengan suhu 65ºC selama 12 jam, lalu dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam desikator selama ± 30 menit dan ditimbang. Setelah pengovenan kedua, pengovenan dapat dihentikan karena berat kering tanaman sudah stabil dan konstan. Lalu berat kering yang sudah stabil dan konstan di timbang kembali.

3.5.5 Kandungan Logam Berat

Pengujian logam berat menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), juga dikenal sebagai *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), digunakan untuk menganalisis konsentrasi analit dalam sampel elektron pada atom yang akan tereksitasi pada orbital yang lebih tinggi dalam waktu yang lebih singkat dengan menyerap energi (radiasi pada panjang gelombang tertentu) (Khairunissa dan Juli Ratnawati, 2021).

Konsentrasi logam pada tanaman selada diuji menggunakan AAS, selanjutnya perhitungan dilakukan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kadar logam berat (mg/kg)} \frac{C \; x \; V}{W} \; x \; Fp \quad \text{(persamaan 5)}$$

Keterangan :

C : Konsentrasi contoh uji yang didapat dari pembacaan AAS

V : Volume akhir setelah proses destruksi

W : Berat contoh uji

Fp : Faktor pengenceran

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

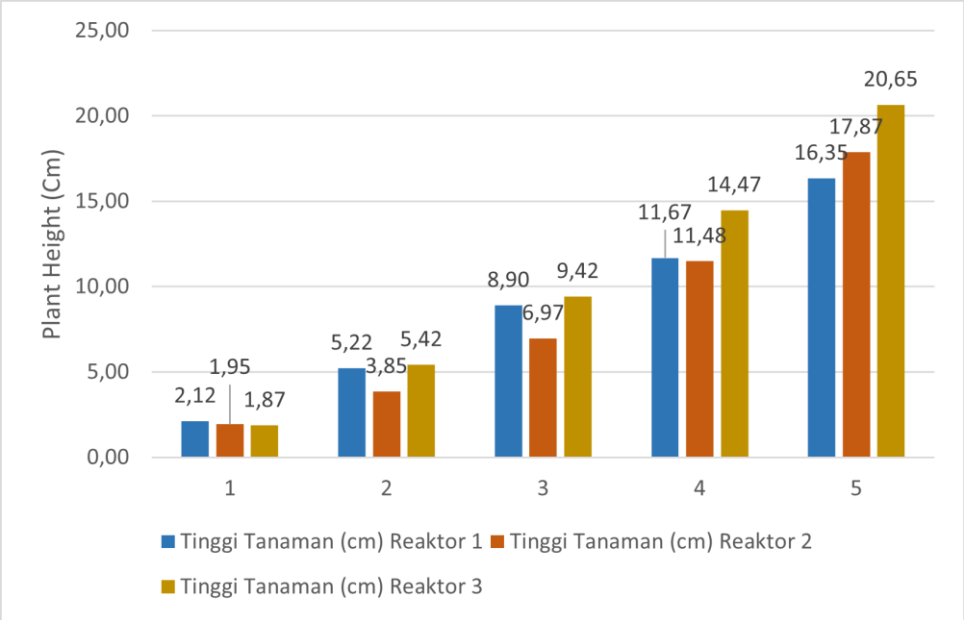
4.1 Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil pengamatan laju pertumbuhan tanaman selada yang dilakukan setiap seminggu sekali dalam 30 (tiga puluh) hari. Dalam menghitung tinggi tanaman selada, dapat menggunakan penggaris (*centimeter*) yang dimulai dari permukaan media tanam hingga ujung daun tertinggi (Yuantari, 2022). Laju pertumbuhan tanaman selada yang semakin cepat akan mempercepat dan memperbanyak tinggi tanaman, dan luas daun yang tumbuh sehingga pada hasil berat segar dan berat kering tanaman. Pada peneltian ini sampling tanaman yang digunakan yaitu sampling acak. Dimana 20 tanaman diambil menjadi 8 tanaman, dimulai dari pipa pertama diambil 2, pipa kedua diambil 2, pipa ketiga diambil 2, dan pipa keempat diambil 2, tanaman selada diukur menggunakan penggaris dimulai dari permukaan media tanam sampai ujung daun yang tertinggi. Bagian tanaman yang diukur, yaitu dari permukaan media tanam hingga ujung daun tertinggi, merupakan faktor penentu tinggi tanaman selada. Selain itu, keberadaan unsur hara makro dan mikro juga berperan penting dalam membantu pembentukan akar, batang, cabang, dan daun. Unsur-unsur hara tersebut, seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Tembaga (Cu), Seng (Zn), dan Mangan (Mn) meskipun dengan jumlah kecil, sangat penting bagi perkembangan tanaman (Hartatik, dkk 2015).

Tabel 4. 1 Hasil Pengaruh Air Sisa Kasgot Terhadap Pertumbuhan Tinggi Tanaman Selada Reaktor 1, Reaktor 2, dan Reaktor 3

Hari Setelah Tanam (HST)	**Tinggi Tanaman (cm)**		
	Reaktor 1	**Reaktor 2**	**Reaktor 3**
Minggu 1	2,12	1,95	1,87
Minggu 2	5,22	3,85	5,42
Minggu 3	8,90	6,97	9,42
Minggu 4	11,67	11,48	14,47
Minggu 5	16,35	17,87	20,65
Rata-rata Tingkat Pertumbuhan	6,98	6,06	7,79

Hasil yang didapatkan pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa laju pertumbuhan tanaman selada dari minggu pertama sampai minggu ke lima (masa panen) menunjukkan hasil yang optimal, lalu pada reactor 1 (bak control) tidak diberikan perlakuan apapun pada bak control, reactor 2 (sampah organic restoran) diberikan sampah organik yang berasal dari restoran setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali, dan pada reactor 3 (sampah organic pasar) diberikan sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Dari ketiga reactor (bak control, sampah organic restoran, dan sampah organic pasar) menunjukkan hasil tinggi tanaman selada yang tertinggi terdapat pada reactor 3 (sampah organic pasar) dengan hasil rata – rata 7,79 cm, lalu hasil tertinggi kedua yaitu terdapat pada reactor 1 (bak control) dengan hasil rata – rata 6,98 cm, dan hasil terendah terdapat pada reactor 2 (sampah organic restoran) dengan hasil rata – rata 6,06 cm.



Gambar 4. 1 Pengaruh Air Sisa Kasgot Terhadap Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman pada Reaktor 1, Reaktor 2, dan Reaktor 3

Hasil perhitungan laju pertumbuhan tanaman selada dari minggu pertama sampai minggu ke lima (masa panen) pada tinggi tanaman menunjukkan hasil yang optimal, pada reaktor 1 (bak kontrol) tidak diberikan perlakuan apapun pada bak kontrol, reaktor 2 (sampah organik restoran) diberikan sampah organik yang berasal dari restoran setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali, dan pada reaktor 3 (sampah organik pasar) diberikan sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Hasil terbaik yang didapatkan yaitu pada reaktor 3 (sampah organik pasar) dengan hasil 20,65 cm dengan diberikan sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Sedangkan hasil penelitian tinggi tanaman (Fauzi, dkk 2022) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kasgot 33,33 gr/kg tanah mendapatkan hasil 31,55 cm. Oleh karena itu, pemberian sampah organik pasar yang digabungkan dengan maggot dapat memberikan hasil yang baik dalam meningkatkan tinggi tanaman, dengan mencapai 20,65 cm. Namun, pupuk kasgot memberikan hasil yang lebih optimal dengan tanaman mencapai 31,55 cm, yang menunjukkan bahwa pupuk kasgot dapat

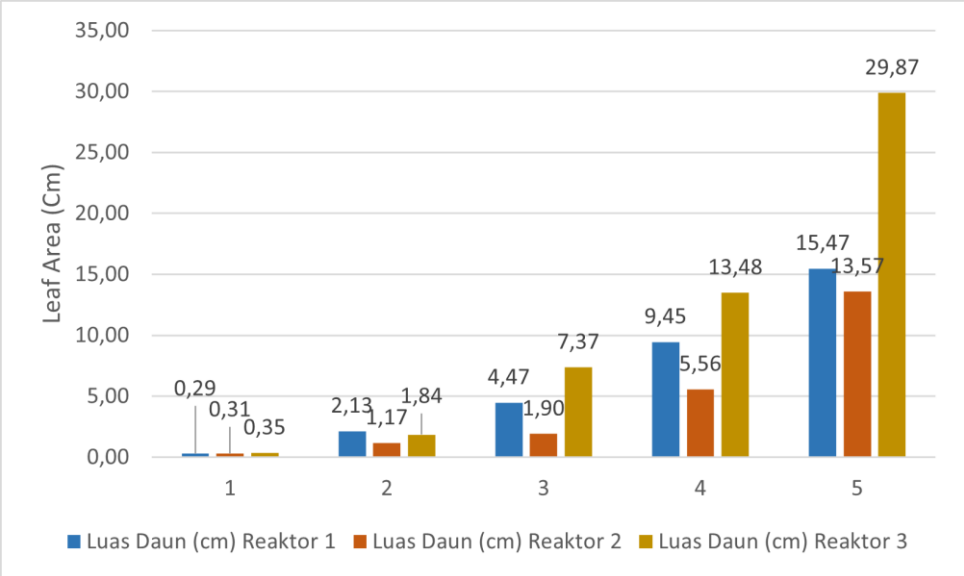
lebih cepat dan lebih efisien dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Meskipun pupuk kasgot memberikan hasil yang lebih tinggi, penggunaan sampah organik pasar digabungkan dengan maggot bisa menjadi pilihan yang lebih ramah lingkungan dan lebih terjangkau.

Secara keseluruhan, penggunaan pupuk kasgot lebih disarankan untuk hasil yang lebih cepat dan maksimal, sementara penggunaan sampah organik pasar digabungkan dengan maggot bisa menjadi alternatif yang lebih baik untuk pertanian berkelanjutan. Selain itu, penggunaan kasgot dalam sistem akuaponik terbukti lebih efektif dalam menyediakan nutrisi cepat dan mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih cepat, sementara pemberian kasgot di tanah lebih menguntungkan dalam jangka panjang, karena dapat mengontrol ketersediaan nutrisi dengan lebih baik.

4.2 Luas Daun

Berdasarkan hasil pengamatan pada luas daun tanaman selada yang dilakukan setiap seminggu sekali dalam 30 hari. Pengukuran luas daun dilakukan dengan menggunakan penggaris yang diletakkan di atas daun. Penelitian ini menggunakan metode sampling acak. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil 2 tanaman dari masing-masing pipa, yaitu pipa pertama, kedua, ketiga, dan keempat. Daun merupakan organ tanaman berperan penting dalam proses fotosintesis. Pertambahan jumlah dan ukuran daun merupakan bagian dari proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Perkembangan dan pertumbuhan daun dapat dirangsang oleh tingginya kandungan nitrogen (N) (Fauzi, dkk 2022). Nitrogen (N) merupakan unsur yang berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif tanaman termasuk dalam pembentukkan daun. Pada dasarnya unsur N merupakan komponen utama dalam pembentukan protein dan asam nukleat sehingga akan menambah luas daun tanaman. Selain unsur hara N, Unsur hara P juga berpengaruh terhadap pertumbuhan luas daun. Dengan menambah unsur P dapat meningkatkan luas daun tanaman. Selain itu, unsur K juga mempunyai peran penting terhadap penambahan luas daun karena unsur K mampu berperan sebagai pengatur proses fisiologi tanaman seperti fotosintesis, akumulasi, transportasi karbohidrat, mengatur

distribusi air dalam jaringan dan sel, dan berperan sebagai katalisator enzim pada proses metabolisme tanaman serta meningkatkan translokasi karbon dioksida (Bellandina Dewi, dkk 2023).



Gambar 4. 2 Pengaruh Air Sisa Kasgot Terhadap Laju Pertumbuhan Luas Daun Tanaman Selada pada Reaktor 1, Reaktor 2, dan Reaktor 3

Hasil perhitungan laju pertumbuhan tanaman selada dari minggu pertama sampai minggu ke lima (masa panen) pada luas daun tanaman menunjukkan hasil yang optimal, pada reaktor 1 (bak kontrol) tidak diberikan perlakuan apapun pada bak kontrol, reaktor 2 (sampah organik restoran) diberikan sampah organik yang berasal dari restoran setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali, dan pada reaktor 3 (sampah organik pasar) diberikan sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Hasil terbaik yang didapatkan yaitu pada reaktor 3 (sampah organik pasar) dengan hasil 29,87 cm dengan diberikan sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari

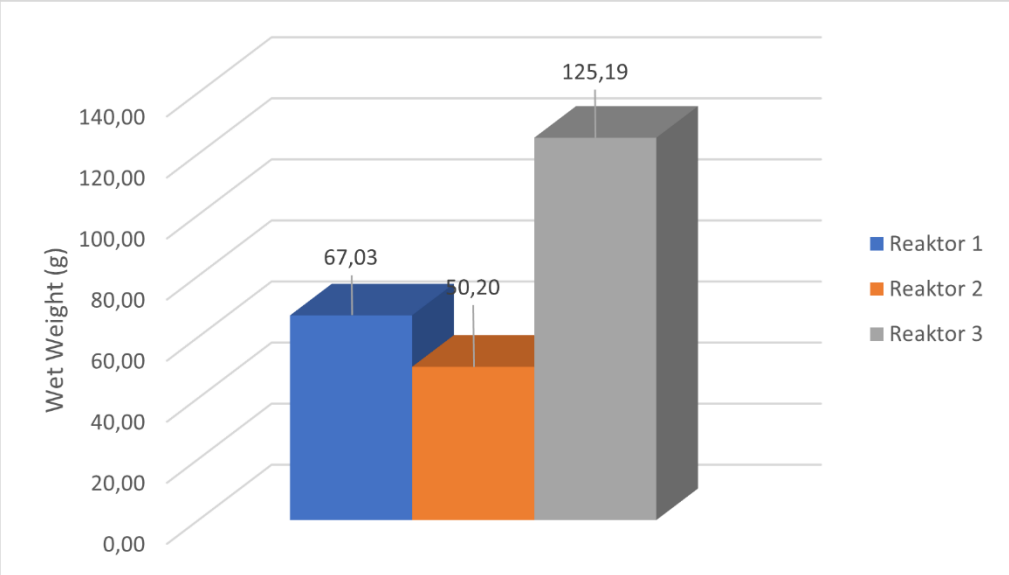
sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Sedangkan hasil penelitian luas daun (Fajeriana dkk, 2022) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk bioboost ditambahkan dengan 1 liter air mendapatkan hasil satu luas daun dengan hasil 91,3 cm. Hasil dari penelitian yang menggunakan sampah organik pasar digabungkan dengan maggot dapat mendukung pertumbuhan daun, meskipun efektivitasnya realtif lebih rendah dibandingkan dengan penelitian (Fajeriana dkk, 2022).

Pemberian sampah pasar yang digabungkan dengan maggot pada reaktor 3 memberikan hasil luas daun sebesar 29,87 cm, yang menunjukkan potensi sebagai alternatif pupuk organik yang ramah lingkungan untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Namun, sampah organik pasar yang digabungkan dengan maggot masih kalah efisien dibandingkan penggunaan pupuk bioboost, yang terdapat pada penelitian (Fajeriana dkk, 2022) memberikan hasil luas daun lebih optimal sebesar 91,3 cm ditambahkan dengan 1 liter air.

Meskipun demikian, pemberian sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali melalui sistem akuaponik terbukti memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pertumbuhan luas daun tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kasgot dalam akuaponik dapat menjadi alternatif berkelanjutan dibandingkan pupuk bioboost pada tanah, meskipun hasilnya mungkin belum seoptimal bioboost.

4.3 Berat Basah

Data pengamatan berat basah tanaman selada dapat dilihat pada gambar 4.3. Menimbang berat basah tanaman bertujuan untuk mengetahui kondisi segar tanaman, menilai kondisi hidratasi, dan mengevaluasi efektivitas pertumbuhan. Berat basah juga berhubungan dengan tinggi tanaman, dan luas daun. Tinggi tanaman dan luas daun akan menghasilkan hasil fotosintat yang banyak sehingga akan meningkatkan berat basah konsumsi tanaman. Semakin luas daun maka akan semakin banyak berat basah yang dihasilkan (Bellandina, dkk 2023).



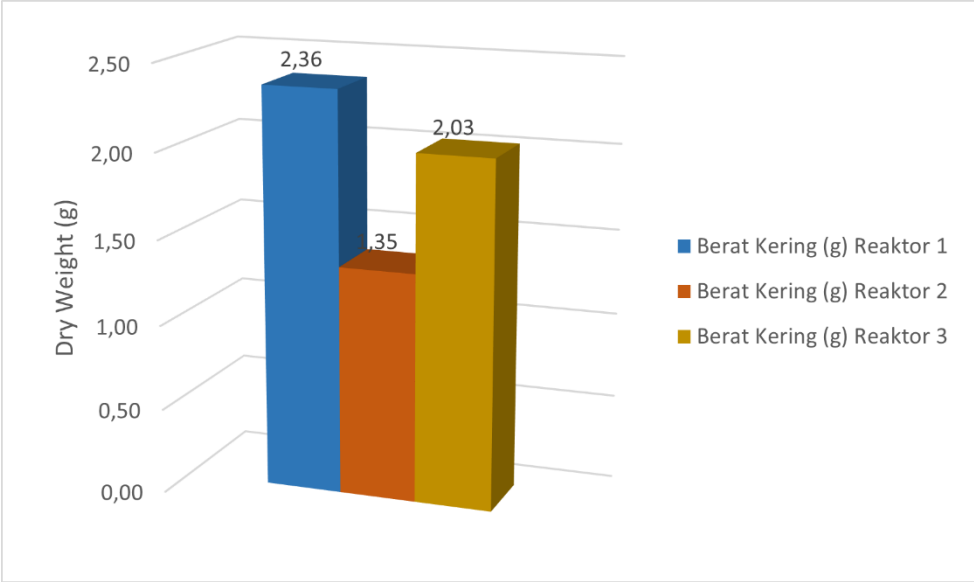
Gambar 4. 3 Berat Basah Tanaman Selada

Berdasarkan hasil perhitungan berat basah tanaman selada menggunakan media tanam rockwool, dari minggu pertama sampai minggu kelima (masa panen) menunjukkan hasil yang optimal pada berat basah, pada reaktor 1 (bak kontrol) tidak diberikan perlakuan apapun pada bak kontrol, reaktor 2 (sampah organik restoran) diberikan sampah organik yang berasal dari restoran setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali, dan pada reaktor 3 (sampah organik pasar) diberikan sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Hasil terbaik yang didapatkan yaitu pada reaktor 3 (sampah organik pasar) dengan hasil 125,19 g dengan diberikan sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali, dimana pada reaktor 3 (sampah organik pasar) menunjukkan efektivitas nutrisi dari sampah organik pasar yang diproses dengan maggot. Nutrisi yang dihasilkan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Kemudian, hasil terendah yang didapatkan yaitu pada reaktor 2 (sampah organik restoran) dengn hasil 50,20 g dengan diberikan sampah organik yang berasal dari restoran setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali, dimana pada reaktor 2 (sampah organik restoran) menunjukkan bahwa sampah organik restoran memiliki

kandungan nutrisi yang lebih rendah atau kurang sesuai untuk mendukung pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan sampah organik pasar. Sedangkan hasil penelitian berat basah oleh (Bellandina, dkk 2023) menunjukkan bahwa dengan pemberian pupuk kasgot 150 g pada tanah mendapatkan hasil berat basah terbaik yaitu 88,21 g. Hasil ini menunjukkan bahwa pupuk kasgot juga mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik, meskipun masih di bawah hasil yang dicapai oleh reaktor 3 (sampah organik pasar) yaitu 125,19 g. Lalu hasil berat basah terendah yaitu 56,10 g, hasil tersebut lebih baik dibandingkan dengan hasil dari reaktor 2 (sampah organik restoran) yaitu 50,20 g. Oleh karena itu, pemberian sampah organik pasar yang digabungkan dengan maggot memberikan hasil terbaik dalam penelitian ini, dengan berat basah tertinggi mencapai 125,19 g, menunjukkan bahwa kombinasi ini sangat efektif dalam menyediakan nutrisi untuk pertumbuhan tanaman. Sedangkan pupuk kasgot memberikan hasil yang cukup baik, dengan berat basah tertinggi mencapai 88,21, sehingga bisa menjadi pilihan yang efisien dan lebih serbaguna dibandingkan sampah organik restoran. Secara keseluruhan, penggunaan sampah organik pasar dengan maggot lebih efektif dalam menghasilkan berat basah tanaman, namun pupuk kasgot tetap menjadi alternatif yang baik untuk penggunaan praktis di berbagai kondisi tanah.

4.4 Berat Kering

Data pengamatan berat kering tanaman selada dapat dilihat pada gambar 4.4. Menimbang berat kering bertujuan untuk mengetahui kualitas tanaman, efisiensi pertumbuhan, akumulasi bahan organik atau biomassa yang dihasilkan tanaman, serta pengaruh lingkungan terhadap tanaman. Berat kering tanaman dipengaruhi oleh proses fotosintesis yang terjadi dalam tanaman, Dimana semakin baik proses fotosintesis, semakin banyak fotosintat yang dihasilkan. Fotosintat ini kemudian digunakan untuk pembentukan organ dan jaringan tanaman, seperti daun dan batang, yang berkontribusi pada pertumbuhan keseluruhan tanaman.



Gambar 4. 4 Berat Kering Tanaman Selada

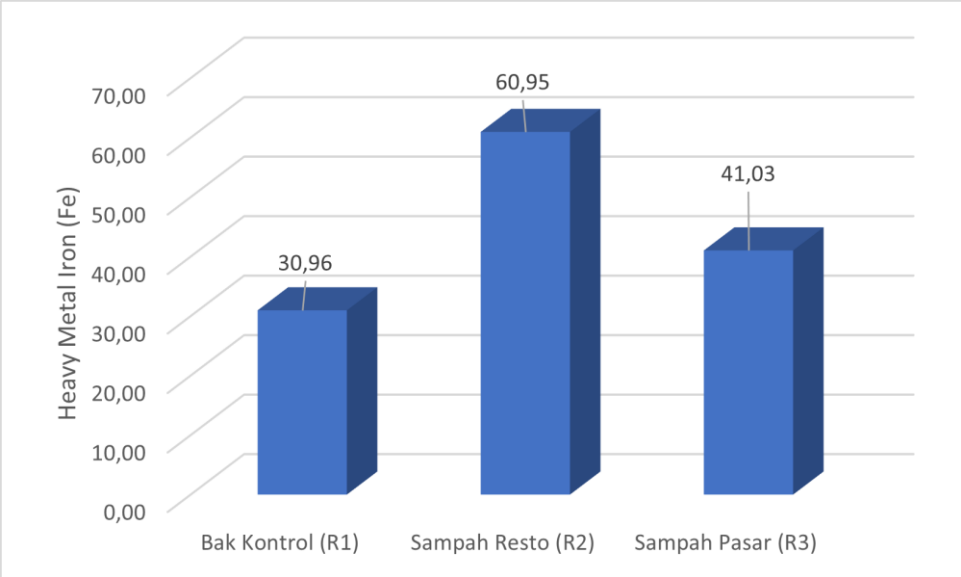
Berdasarkan hasil perhitungan berat kering tanaman selada menggunakan media tanam rockwool, dari minggu pertama sampai minggu kelima (masa panen) menunjukkan hasil yang efektif pada berat kering, pada reaktor 1 (bak kontrol) tidak diberikan perlakuan apapun pada bak kontrol, reaktor 2 (sampah organik restoran) diberikan sampah organik yang berasal dari restoran setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali, dan pada reaktor 3 (sampah organik pasar) diberikan sampah organik yang berasal dari pasar setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Hasil terbaik yang didapatkan yaitu pada reaktor 1 (bak kontrol) dengan hasil 2,36 g tidak diberikan perlakuan apapun pada bak kontrol, bahwa tidak ada perlakuan tambahan, akan tetapi pada bak control menunjukkan bahwa tanaman masih dapat tumbuh meskipun dengan terbatasnya nutrisi. Lalu, hasil terendah yang didapatkan yaitu pada reactor 2 (sampah organic restoran) dengan hask 1,35 g dengan diberikan sampah organic yang berasak dari restoran setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali, sampah organic restoran tidak memberikan manfaat yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Sedangkan hasil penelitian berat kering (Bellandina, dkk 2023) menunjukkan bahwa dengan pemberian pupuk kasgot 150

g pada tanah mendapatkan hasil berat kering terbaik yaitu 3,66 g, dan berat kering terendah yaitu 0,05 g.

Secara keseluruhan, pupuk kasgot terbukti menjadi pilihan yang lebih unggul dibandingkan dengan penggunaan sampah organic restoran dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Meskipun sampah organic pasar atau alternatif lainnya dapat menjadi pilihan yang lebih ramah lingkungan, hasil yang diperoleh mungin lebih rendah. Untuk system akuaponik, pemberian kasgot dalam air lebih efektif dalam menyediakan nutrisi yang cepat dan mendukung pertumbuhan tanaman dengan lebih optimal. Sementara itu, pemberian kasgot dalam tanah lebih menguntungkan dalam jangka panjang karena dapat mengontrol nutrisi dengan lebih baik. Beberapa factor yang mempengaruhi berat kering tanaman selada pada reactor 1 (bak control), antara lain keberadaan ikan, kualitas pakan ikan, pH air dalam akuaponik, dan keberadaan mikronutrien seperti Cu, yang semuanya berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat dan optimal.

4.5 Zat Besi (Fe)

Tingginya jumlah kandungan Fe pada tanaman dipengaruhi oleh sifat serapan yang dilakukan oleh akar tanaman. Dimana salah satu fungsi akar yaitu untuk menyerap unsur hara dari dalam air untuk ditransferkan ke seluruh tubuh tanaman. Menurut (Ramzi, 2022) bahwa organ akar, batang, dan daun merupakan alat hara yang berguna untuk penyerapan, pengolahan, pengangkutan dan penimbunan zat-zat makanan.



Gambar 4. 5 Hasil Kandungan Logam Berat Fe

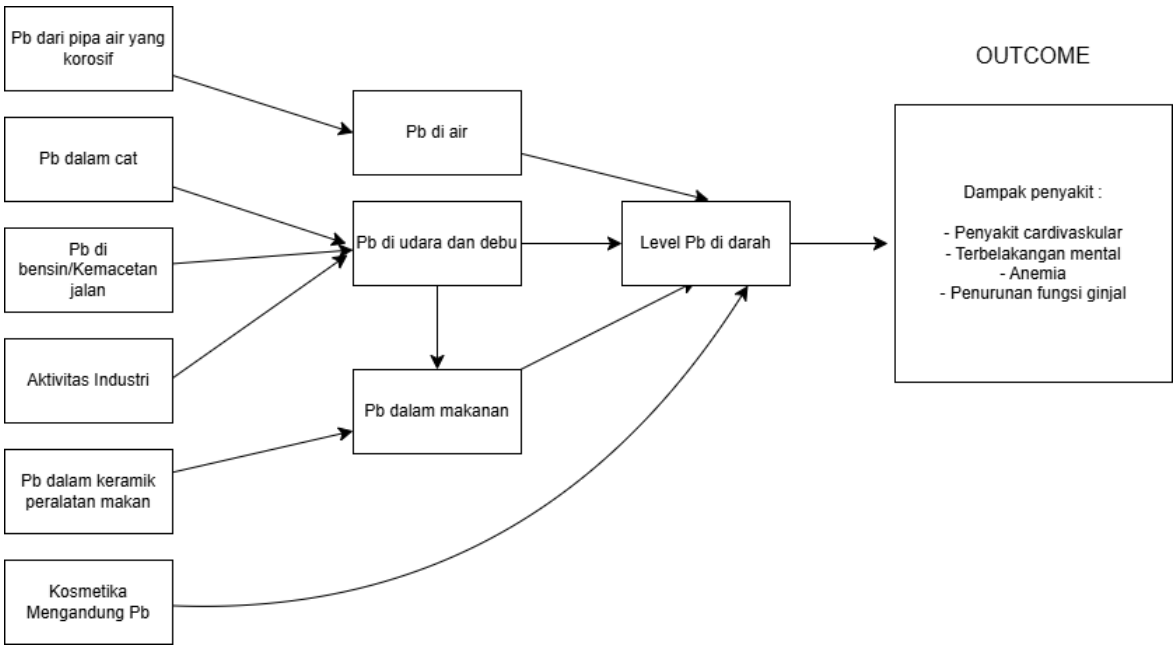
Berdasarkan hasil perhitungan kandungan logam berat Fe pada tanaman selada yang menggunakan media tanam rockwool, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.5, terlihat bahwa pemberian pupuk kasgot memengaruhi tingkat kandungan logam berat pada tanaman. Kandungan logam berat Fe tertinggi ditemukan pada reaktor 2, yang menggunakan sampah organik dari restoran. Sampah organik yang berasal dari restoran setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat Fe pada reaktor 2 mencapai nilai 60,95 mg/kg. Nilai tersebut berada jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh WHO/FAO, yaitu 425,5 mg/kg. Dengan demikian, kandungan logam berat Fe pada reaktor 2 masih berada dalam batas aman untuk konsumsi. Namun, tanaman selada pada reaktor 2 tidak aman untuk dikonsumsi. Sementara itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh (Gurnita dkk, 2022) menunjukkan bahwa tanaman kangkung yang ditanam di lahan pertanian memiliki kandungan logam berat Fe sebesar 65,94 mg/kg. Kandungan logam berat Fe pada kangkung sedikit lebih tinggi dibandingkan pada tanaman selada di reaktor 2.

Kandungan logam berat Fe pada selada di reaktor 2 (sampah organik restoran) dengan nilai 60,95 mg/kg, dan kangkung di lahan pertanian dengan nilai 65,94 mg/kg masih berada di bawah batas aman yang ditetapkan oleh WHO/FAO, yaitu

425,5 mg/kg, sehingga keduanya aman untuk dikonsumsi. Meskipun kandungan logam berat lebih tinggi pada kangkung dibandingkan selada, keduanya menunjukkan potensi penerapan sistem organik yang berkelanjutan. Namun, pemantauan berkala terhadap sumber organik dan lingkungan sangat penting untuk mencegah akumulasi logam berat yang dapat membahayakan di masa mendatang. Tabel mengenai baku mutu dapat dilihat pada lampiran di bawah nomor 1.10.

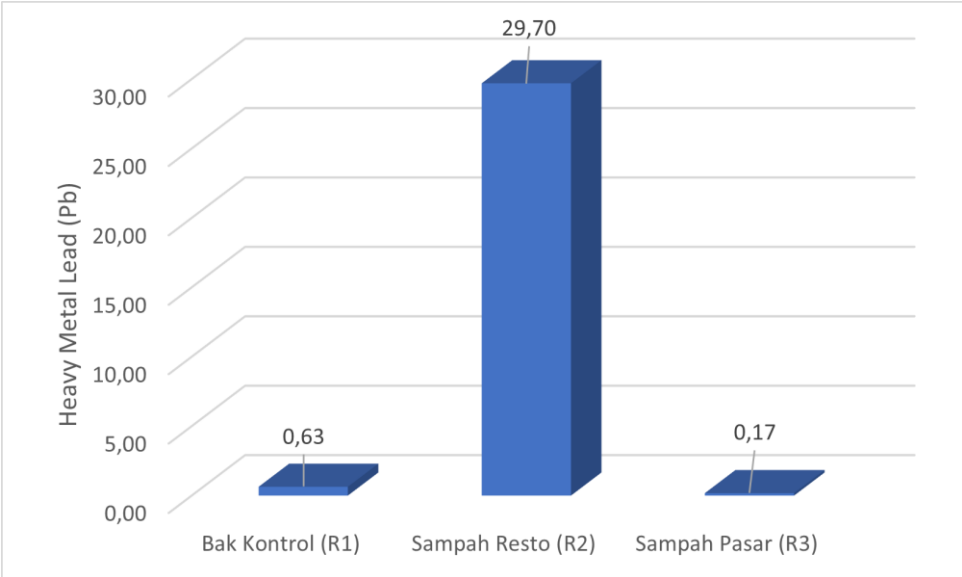
4.6 Timbal (Pb)

Menurut (Arkesti, 2017) yaitu secara alami Pb ditemukan di udara dengan kadar berkisar antara 0,0001 – 0,001 μg/m^3. Pb dapat ditemukan dalam tumbuhan, sayur, dan padi. Ada dua sumber kontaminan timbal di wilayah perkotaan: udara dan bahan makanan. Asap kendaran bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara. Pb kemudian masuk ke dalam perairan melalui proses pengendapan. Proses ini berasal dari aktivitas di darat seperti industri, rumah tangga, erosi, dan jatuhan partikel, yang berasal dari sisa pembakaran.



Gambar 4. 6 Sumber Kontaminan dan Alur Pajanan Pb dalam Lingkungan

Sumber : (Zulfikri, 2018)



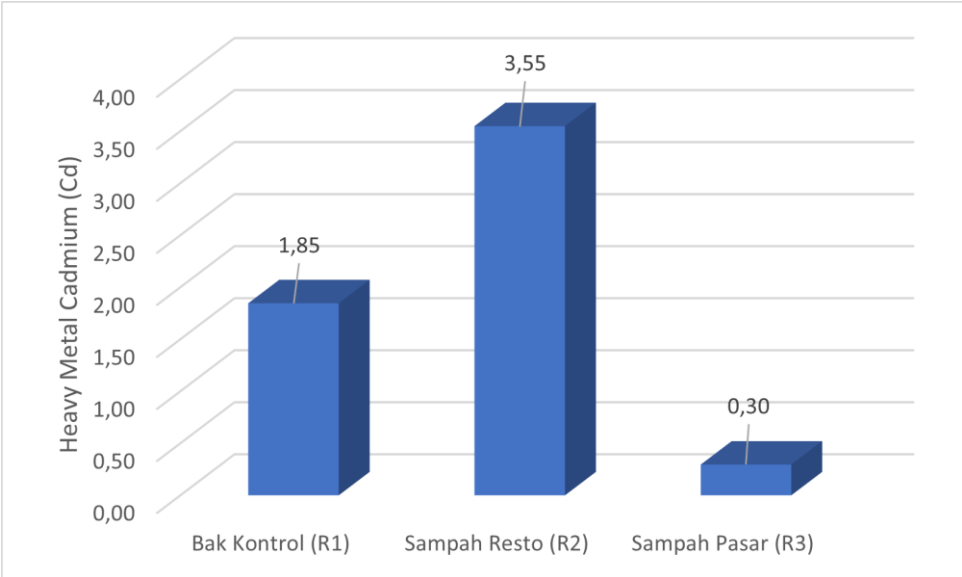
Gambar 4. 7 Grafik Kandungan Logam Berat Pb

Berdasarkan hasil perhitungan kandungan logam berat Pb pada tanaman selada yang ditanam menggunakan media tanam rockwool, pemberian pupuk kasgot berpengaruh terhadap tingkat kandungan logam berat pada tanaman. Kandungan Pb tertinggi terdapat pada reaktor 2, yang menggunakan sampah organik restoran sebagai sumber nutrisi. Sampah organik diberi setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kandungan Pb pada reaktor 2 mencapai 29,70 mg/kg, nilai ini jauh melebihi batas aman yang ditetap oleh Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 5 Tahun 2018 (2,5 mg/kg), WHO/FAO (0,3 mg/kg), dan SNI 7387 : 2009 (0,5 mg/kg). Oleh karena itu, tanaman selada pada reaktor 2 tidak aman untuk dikonsumsi. Sedangkan hasil penelitian oleh (Zulfikri, 2018) menunjukkan bahwa kandungan Pb pada tanaman selada yang ditanam di lahan pertanian mencapai 2,61 mg/kg, nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan reaktor 2. Meskipun demikian, kandungan ini masih tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh Pengawas Obat dan Makanan Nomor 5 Tahun 2018 (2,5 mg/kg), WHO/FAO (0,3 mg/kg), dan SNI 7387 : 2009 (0,5 mg/kg). Tabel mengenai baku mutu dapat dilihat pada lampiran di bawah nomor 1.10.

Faktor-faktor yang memengaruhi tingginya kandungan logam berat Pb meliputi kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, sinar matahari, curah hujan, serta pemupukan. Logam berat Pb diserap melalui akar tanaman yang berinteraksi langsung dengan media tumbuh yang terkontaminasi. Dari akar, Pb didistribusikan ke bagian tanaman lain, seperti batang dan daun (Caroline & Moa, 2015).

4.7 Cadmium (Cd)

Di dalam tanaman, Cd diangkut dalam bentuk kompleks logam-organik yang efektif. Faktor-faktor seperti suhu, potensial redoks, konsentrasi Cd, pH, dan keberadaan berbagai unsur dalam tanah memengaruhi ketersediaan biologis Cd. Pengasamaan rizosfer dan eksudasi senyawa karboksilase menjadi target potensial untuk pengendapan logam. Mekanisme penyerapan Cd oleh akar tanaman biasanya melibatkan persaingan antara Cd dan mineral hara lain yang memiliki sifat kimia serupa untuk mendapatkan tempat penyerapan (Haider dkk., 2021)



Gambar 4. 8 Grafik Kandungan Logam Berat Cd

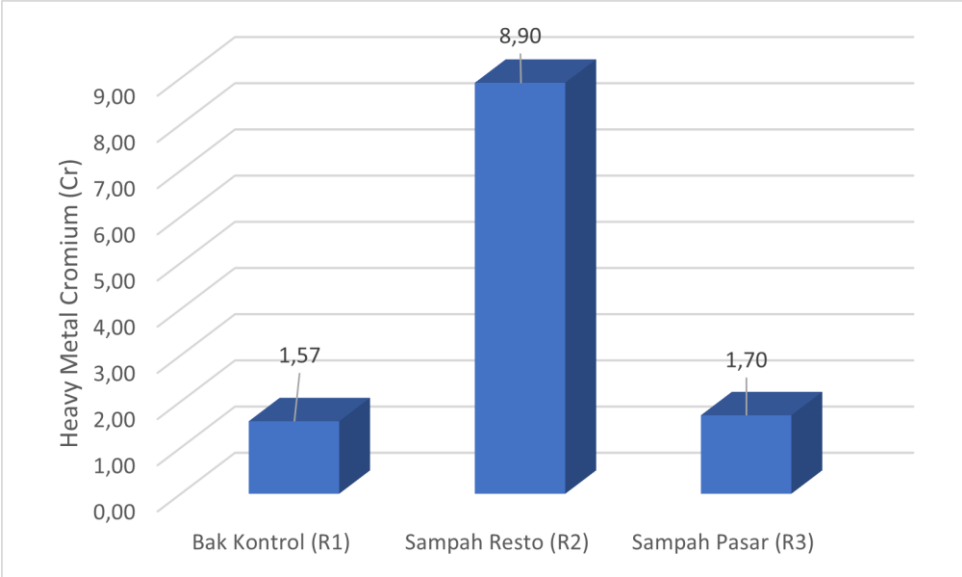
Berdasarkan hasil perhitungan kandungan logam berat Cd yang dapat dilihat pada gambar 4.8 pada tanaman selada yang ditanam menggunakan media tanam rockwool, pemberian pupuk kasgot berpengaruh terhadap tingkat kandungan logam

berat pada tanaman. Kandungan Cd tertinggi terdapat pada reaktor 2 yang menggunakan sampah organik restoran sebagai sumber nutrisi. Sampah organik diberi setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kandungan Pb pada reaktor 2 mencapai 3,55 mg/kg. Nilai tersebut jauh melampaui batas maksimum yang ditetapkan oleh Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 5 Tahun 2018 (0,05 mg/kg), WHO/FAO (0,2 mg/kg), serta SNI 7387 : 2009 (0,2 mg/kg), sehingga tanaman selada yang berada di reaktor 2 tidak aman untuk dikonsumsi manusia. Sedangkan hasil penelitian oleh (Fajriah dkk, 2017) menunjukkan bahwa kandungan Cd pada tanaman kangkung air mencapai 6,92 mg/kg, hasil yang didapatkan juga melebihi standar yang sudah ditetapkan. Tabel baku mutu dapat dilihat pada lampiran nomor 1.10.

Adapun faktor lingkungan yang memengaruhi hasil antara tanaman selada dan tanaman kangkung air. Tanaman selada ditanam menggunakan air yang relatif kurang tercemar, dengan penggunaan kasgot sebagai pupuk, sehingga kandungan Cd yang terserap lebih rendah dibandingkan kangkung air. Kangkung air tumbuh di lokasi yang terpapar limbah industri, seperti limbah rumah tangga dan bengkel, yang memiliki potensi pencemaran Cd lebih tinggi.

4.8 Cromium (Cr)

Pencemaran kromium berasal dari buangan industri-industri seperti pelapisan krom, pabrik tekstil, pabrik cat, penyamakan kulit, pabrik tinta, dan pengilangan minyak.



Gambar 4. 9 Grafik Kandungan Logam Berat Cr

Berdasarkan hasil perhitugan kandungan logam berat Cr yang dapat dilihat pada gambar 4.9 pada tanaman selada yang ditanam menggunakan media tanam rockwool, pemberian pupuk kasgot berpengaruh terhadap tingkat kandungan logam berat pada tanaman. Kandungan logam berat Cr tertinggi terdapat pada reaktor 2 yang menggunakan sampah organik restoran sebagai sumber nutrisi. Sampah organik diberi setiap 3 hari sekali, dengan berat awal 5 kg dan untuk selanjutnya dengan berat 4 kg sebanyak 7 kali. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kandungan Pb pada reaktor 2 mencapai 8,90 mg/kg. Hasil yang didapatkan melebihi standar yang ditetapkan oleh WHO/FAO, yaitu 0,5 mg/kg, sehingga tanaman selada dari reaktor 2 tidak aman untuk dikonsumsi. Sedangkan hasil penelitian oleh (Situmorang dan Simatupang, 2021) menunjukkan bahwa kandungan Cr pada tanaman kangkung yang ditanam di pinggir jalan mencapai 44,31 mg/kg. Tabel baku mutu dapat dilihat pada lampiran nomor 1.10.

Adapun faktor yang memengaruhi perbedaan tingkat kandungan logam berat Cr adalah lingkungan tumbuh dan sumber nutrisi. Tanaman selada yang ditanam menggunakan sistem akuaponik dengan maggot memiliki kandungan Cr yang lebih rendah dibandingkan kangkung yang tumbuh di lokasi terpapar polusi kendaraan dan lingkungan pinggir jalan. Meski demikian, kandungan Cr pada

tanaman selada tetap jauh di atas batas aman, menunjukkan bahwa penggunaan sampah organik restoran sebagai sumber nutrisi meningkatkan risiko kontaminasi logam berat.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah, hasil, dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Penggunaan air sisa kasgot sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan tanaman selada menunjukkan hasil yang bagus. Selain itu, penggunaan alat integrasi akuaponik dengan maggot yang menggunakkan air sisa kasgot sebagai sumber nutrisi terbukti meningkatkan laju pertumbuhan tanaman selada. Alat integrasi akuaponik dengan reaktor maggot dapat menjadi solusi inovatif dan berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan memanfaatkan limbah organik (sisa makanan) secara efisien serta dapat mengelola sampah organik (sisa makanan) sendiri untuk mengurangi timbulan sampah organik. Karena sistem ini menggabungkan keuntungan dari akuaponik, yaitu tanaman mendapatkan nutrisi dari limbah ikan yang kaya akan unsur hara sementara air sisa kasgot kaya akan nutrisi organik seperti nitrogen, fosfor, dan kalium.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kandungan logam berat yang terkandung didalam tanaman selada menggunakan alat integrasi akuaponik dengan reaktor maggot. Jumlah reaktor ada 3 dengan terdapat 4 kandungan logam berat yang terkandung pada masing-masing reaktor yaitu Cd, Fe, Pb,

dan Cr, reaktor 1 yaitu dengan tanpa perlakuan maggot menunjukkan nilai kandungan logam berat yaitu Cd 1,85 mg/kg, Fe 30,96 mg/kg, Pb 0,63 mg/kg, dan Cr 1,57. Lalu pada reaktor 2 yaitu dengan perlakuan maggot sampah restaurant dengan nilai Cd 3,55 mg/kg, Fe 60,95 mg/kg, Pb 29,70 mg/kg, dan Cr 8,90 mg/kg. Kemudian yang terakhir pada reaktor 3 dengan perlakuan maggot sampah pasar dengan nilai Cd 0,30 mg/kg, Fe 41,03 mg/kg, Pb 0,17 mg/kg, dan Cr 1,70 mg/kg. Maka seluruh reaktor terdapat kandungan logam berat dari yang menggunakan maggot sampai tidak menggunakan maggot.

3. Reaktor 1 (tidak diberikan perlakuan apapun pada bak kontrol) memiliki kadar logam berat Cd dan Cr yang melebihi batas aman yang ditetapkan oleh WHO/FAO dan BPOM. Tanaman selada dari reaktor ini tidak aman dikonsumsi. Kemudian pada reaktor 2 (sampah organik restoran) menunjukkan kadar logam berat yang sangat tinggi. Dan pada reaktor 3 (sampah organik pasar) menunjukkan kadar logam berat lebih rendah dibandingkan dengan reaktor 1 (tidak diberikan perlakuan apapun pada bak kontrol) dan reaktor 2 (sampah organik restoran) meskipun ada logam berat Cd dan Cr yang sedikit tinggi. Namun secara keseluruhan reaktor ini aman dikonsumsi.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan :

1. Sebaiknya pengamatan laju pertumbuhan dilakukan juga pada bagian akar, jumlah daun dan juga warna tanaman
2. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian kandungan logam berat menggunakan tanaman lain, dan pengujian pada masing-masing bagian tanaman sehingga dapat diketahui persebaran kandungan logam berat yang terakumulasi pada tanaman

3. Wadah maggot sebaiknya dilakukan secara terpisah, jangan langsung berada diatas bak reaktor. Agar dapat mengontrol kadar logam berat dan memberi nutrisi yang cukup untuk tanaman. Sehingga tanaman dapat dikonsumsi oleh manusia dengan aman.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Ade Utari Triwijayani, Akvila Widiawanti Lahom, Frumentia Milana Edesia Bana, Purnama Hadi Saputra, Kevin Desta Narendra, Elsa Pegenari Sihombing, dan Olivia Elfatma. 2023. **"Kasgot (Bekas Kotoran Maggot) Sebagai Alternatif Pupuk Organik Dan Media Tanam Cabai Merah Keriting (Capsicum Annum L.)."** ***Tropical Plantation Journal*****, vol. 2, no. 2, 2023, pp. 80–85.**

András Bittsánszky, Nikolett Uzinger, Gabor Gyulai, Alex Mathis, Ranka Junge, Morris Villarroel, dan Benz Tamas Komives. 2016**. "Nutrient Supply of Plants in Aquaponic Systems."** ***Eco cycles*****, vol. 2, no. 2, 2016, pp. 17–20.**

Aprillia Retno Sri Suryani Naulis. 2018. **2018** ***UJI BEBERAPA MEDIA TANAM TERHADAP BERBAGAI VARIETAS TANAMAN SELADA (Lactuca Sativa L.) DENGAN SISTEM HIDROPONIK*** **pp. 1–35.**

Asti Mulasari, Adi Heru Husodo, dan Noeng Muhadjir. (2016). **Analisis Situasi Permasalahan Sampah Kota Yogyakarta Dan Kebijakan Penanggulangannya.** ***Jurnal Kesehatan Masyarakat, 11*****(2), 259. https://doi.org/10.15294/kemas.v11i2.3989**

Boris Delaide, Simon Goddek, James Gott, Helene Soyeurt, dan M. Haissam Jijakli. 2016. **"Lettuce (Lactuca Sativa L. Var. Sucrine) Growth Performance in Complemented Aquaponic Solution Outperforms Hydroponics."** ***Water (Switzerland)*****, vol. 8, no. 10, 2016, pp. 1–11, https://doi.org/10.3390/w8100467.**

BPOM, B. P. O. dan M. (2018). ***Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 7 Tahun 2018 tentang Bahan Baku yang dilarang dalam Pangan Olahan*****.**

BSN. (2009). SNI 7387:2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. ***Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan*****, 1–29. https://sertifikasibbia.com/upload/logam_berat.pdf**

Chyntia Arkesti Pasaribu. (2017). ***KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb PADA TANAMAN KOL DAN TOMAT DI BEBERAPA KECAMATAN, 01,*** **1–7.**

D Agustiyani dan lain-lain. 2021. **"The Effect of Application of Compost and Frass from Black Soldier Fly Larvae (Hermetia Illucens L.) on Growth of Pakchoi (Brassica Rapa L.)."** ***IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,*** **vol. 762, no. 1, 2021.**

Daviesten D. Katipana. 2015. ***UJI KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA KANGKUNG AIR (Ipomea Aqutica F) DI KAMPUS UNPATTI POKA Air Termasuk Sumber Daya Alam Yang Dapat Diperbaharui , Tetapi Air Akan Dengan Manusia . Aktivitas Yang Pada Prinsipnya Hidup Dengan Layak Dan Berketurun*****. 2015, pp. 153–59.**

Dian Susanti, dan Devi Safrina. 2018 ***"IDENTIFIKASI LUAS DAUN SPESIFIK DAN INDEKS LUAS DAUN KARANGANYAR,JAWA TENGAH"*****. no. 2, 2018, pp. 53–54.**

Dodi Saputra Hutagalung, Evi Naria, dan Winni R.E. Tumanggor. 2023. **"Analisis Efektifitas Pengelolaan Sampah Organik Kering Dengan Metode Komposting Pada Taman Kota."** ***Tropical Public Health Journal*****, vol. 3, no. 1, 2023, pp. 33–41, https://doi.org/10.32734/trophico.v3i1.11699.**

E. Mensah, N. Kyei-Baffour, E. Ofori, and G. Obeng. (2009). **Appropriate technologies for environmental protection in the developing world: Selected papers from ERTEP 2007, July 17-19 2007, Ghana, Africa.** ***Appropriate Technologies for Environmental Protection in the Developing World: Selected Papers from ERTEP 2007, July 17-19 2007,***

***Ghana, Africa, May 2017*, 1–359. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9139-1.**

Fajri Mulya Iresha, Annisa Nur Lathifah, Salsabila Dyah Maharani, dan Ali Rahmat. (2023). **Macroorganism-Assisted Bioconversion of Organic Waste by Mealworm (Tenebrio molitor): An Investigation of Process Efficiency and Sustainability.** ***IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1257*(1), 0–11. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1257/1/012004**

Fajri, Nefi Andriana, dan Abdul Hamid. 2021. **"Produksi Maggot Bsf (Black Soldier Fly) Sebagai Pakan Yang Dibudidaya Dengan Media Yang Berbeda." AGRIPTEK (Jurnal Agribisnis Dan Peternakan), vol. 1, no. 1, 2021, pp. 12–17.**

I. Made Indradjaja M. Brunner, Arief Norhidayat, dan Satria M. Brunner. 2021. **"Pengolahan Sampah Organik Dan Limbah Biomassa Dengan Teknologi Olah Sampah Di Sumbernya."** ***Jurnal Serambi Engineering*, vol. 6, no. 3, 2021, pp. 2085–95, https://doi.org/10.32672/jse.v6i3.3120.**

Ir. I Wayan Wiraatmaja, MP. 2018 ***Pergerakan Hara Mineral Dalam Tanaman*. 2018.**

Irianti, T. T., Kuswadi, Nuranto, S., dan Budiyatni, A. (2017). **Logam Berat dan Kesehatan Grafika Indah ISBN: 979820492-1 2017, 1- 131**

Kahar, K., & Bandung, P. K. (2023). *Lontara*. *June*. **Pemanfaatan Maggot (Black Soldier Fly) dalam Pengolahan Sampah Organik.** https://doi.org/10.53861/lontarariset.v4i1

M. Darmawan, Irmawati, dan Asmuliani R. 2020. ***PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN SELADA (Lactuca Sativa) DAN GROWTH AND***

***PRODUCTION OF PLANTS LETTUCE (Lactuca Sativa) AND CATFISH (Clarias) WITH AQUAPONIC SYSTEM*. no. 3, 2020.**

Meriaty, Arvita Sihaloho, dan Kiki Dwi Pratiwi. 2021. **"PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SELADA (Lactuca Sativa L.) AKIBAT JENIS MEDIA TANAM HIDROPONIK DAN KONSENTRASI NUTRISI AB MIX."** ***Agroprimatech*, vol. 4, no. 2, 2021, pp. 75–84, agroprimatech.v4i2.1698.**

Muchmmad Zamzami Elamin, Kartika Nuril Ilmi, Tsimaratut Tahrirah, Yudhi Ahmad Zarnuzi, Yanuar Citra Suci, Dwi Ragil Rahmawati, Rizky Kusumawardhani, Dimas Mahendra Dwi P, Rizqi Azizir Rohmawati, Pandhu Aji Bhagaskoro, dan Ismi Fuatjia Nasifa. (2018). **Analysis of Waste Management in The Village of Disanah, District of Sreseh Sampang, Madura.** ***Jurnal Kesehatan Lingkungan, 10*(4), 368. https://doi.org/10.20473/jkl.v10i4.2018.368-375**

Nefi Andriana Fajri, dan Abdul Hamid. 2021**. "Produksi Maggot Bsf (Black Soldier Fly) Sebagai Pakan Yang Dibudidaya Dengan Media Yang Berbeda."** ***AGRIPTEK (Jurnal Agribisnis Dan Peternakan)*, vol. 1, no. 1, 2021, pp. 12–17, https://doi.org/10.51673/agriptek.v1i1.609.**

Nurul Fajeriana, Muzna Ardin Abdul Gafur, dan Iskandar. (2022). **Growth Response and Yield Of Lettuce (Lactuca Sativa L.) On Top Soil Alfisol Planting Media From Jamaimo Village, Mariat District, Sorong Regency To Bio Boost Fertilizer Treatment.** ***Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika), 4*(1), 26–36. https://doi.org/10.36378/juatika.v4i1.1798**

Ria Azizah Tri Nuraini, Hadi Endrawati, dan Ivan Riza Maulana. 2017. ***Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air , Sedimen Dan Kerang Hijau (Perna Viridis) Di Perairan Trimulyo Semarang*. no. 51, 2017, pp. 48–55.**

Rosa Qhoiriya Cahyanda, Heny Agustin, dan Ahmad Rifqi Fauzi. **"PENGARUH METODE PENANAMAN HIDROPONIK DAN KONVENSIONAL TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA ROMAINE DAN PAKCOY. no. 2, 2018, pp. 53–54.**

S. V.Asprillia, A. Darmawati, dan W. Slamet . 2018. **"Pertumbuhan Dan Produksi Selada (Lactuca Sativa l.) Pada Pemberian Berbagai Jenis Pupuk Organik."** ***Journal of Agro Complex*****, vol. 2, no. 1, 2018, p. 86, joac.2.1.86-92.**

Samuel Ochieng Nguka1, Collins Kalwale Mweresa dan Alice Nakhumicha Muriithi. 2024. **"Integrating Black Soldier Fly (Hermetia Illucens) Larvae Meal in Aquaponics System for Lettuce (Lactuca Sativa) Production."** ***East African Journal of Agriculture and Biotechnology*****, vol. 7, no. 1, 2024, pp. 62–71, https://doi.org/10.37284/eajab.7.1.1716.**

Saptaria Rosa Amalia. ***Deteksi Magnetik Kandungan Logam Besi Pada Sayuran Selada (Lactuca Sativa L .) Dengan Stimulasi Emulsi Besi Oksida Yang Ditumbuhkan Menggunakan Sistem Hidroponik Deep Water Culture*****. 2016, pp. 1–12.**

Sara Pinho, Margarida Meneses Leal, Christopher Shaw, Daniela Baganz, Gosta Baganz, Georg Staaks, Werner Kloas, Oliver Korner, dan Hendrik Monsees. 2024. **"Insect-Based Fish Feed in Decoupled Aquaponic Systems: Effect on Lettuce Production and Resource Use."** ***PLoS ONE*****, vol. 19, no. 1 January, 2024, pp. 1–15, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295811.**

SNI8910. (2021). Cara uji kadar logam dalam contoh uji limbah padat, sedimen, dan tanah dengan metode destruksi asam menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA)-Nyala atau Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES). ***Badan***

***Standarrisasi Nasional, ICS 13.040*. http://sispk.bsn.go.id/PNPS/DetilPNPS/21297**

Sugito, dan Soerya Dewi Marliyana. 2021. **Uji Perfoma Spektofotometer Serapan Atom Thermo Ice 3000 Terhadap Logam Pb Menggunakan CRM 500 dan CRM 697 di UPT Laboratorium Terpadu UNS. *1 , 2 1 2*. no. 2, 2021, pp. 67–71.**

Supandi, G. A. (2022). **Uji Kandungan Beberapa Unsur Logam Berat pada Air Irigasi, Tanah dan Sayuran Kangkung (Ipomoea aquatica Forsk) di Kawasan Industri Kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung. *Biosfer : Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi, 7*(2). https://doi.org/10.23969/biosfer.v7i2.6820**

Syarifuddin Liong, Alfian Noor, Paulina Taba, dan Hazirin Zubair. 2009 **"Dinamika Akumulasi Kadmium Pada Tanaman Kangkung Darat (Ipomoae Reptans Poir)." *Indonesia Chimica Acta*, vol. 2, no. 1, 2009, pp. 1–14.**

Thamrin Herijanto. 2020. **"PENGUKURAN TINGGI DAN DIAMETER TANAMAN MERANTI MERAH (Shorea Pauciflora C.F. Gaertn) DI KEBUN RAYA UNMUL SAMARINDA (KRUS)." *Jurnal Agriment*, vol. 5, no. 1, 2020, pp. 62–65.**

Ullah, F., Liqun, C., Coulter, J. A., Alam, S., Wu, J., Zhang, R., Wenjun, M., & Farooq, M. (2021). **Ecotoxicology and Environmental Safety Cadmium toxicity in plants : Impacts and remediation strategies. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 211*, 111887. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111887**

UU_2008_11. "Pengelolaan Sampah" *Phys. Rev. E*, no. 1, 2008.

Widowati, H. (2012). **PENGARUH LOGAM BERAT Cd, Pb TERHADAP PERUBAHAN WARNA BATANG DAN DAUN SAYURAN.** ***El–Hayah,*** ***1*****(4), 167–173. https://doi.org/10.18860/elha.v1i4.1786**

Wiwik Hartatik, Husnain, dan Ladiyani R. Widowati Balai. ***Peranan Pupuk Organik Dalam Peningkatan Produktivitas Tanah Dan Tanaman*****. 2015, pp. 107–20.**

Zidni, I., Iskandar, I., Rizal, A., Andriani, Y., dan Ramadan, R. (2019). **The Effectiveness of Aquaponic Systems with Different Types of Plants on the Water Quality of Fish Culture Media.** ***Jurnal Perikanan Dan Kelautan, 9*****(1), 81. https://doi.org/10.33512/jpk.v9i1.7076**

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Rumus Perhitungan Logam Berat

Kadar logam (mg/kg) = $\frac{C \times V}{W}$ × Fp

Lampiran 1. 2 Hasil Perhitungan Tinggi Tanaman Selada

Hari Setelah Tanam (HST)	Tanggal	Pipa	Tinggi Tanaman (cm)		
			Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
Minggu 1	14-May-24	Pipa 1 (bawah)	1,5	2	1
			3	1,5	1,8
			2,9	1,9	1,9
			2	2	1,6
			1,9	2	2,6
		Rata-rata	2,26	1,88	1,78
		Pipa 2	2	2,8	1,5
			2,7	2,3	1,4
			2,2	1,7	1,7
			2,4	1,9	1,2
			2,6	2,2	2
		Rata-rata	2,38	2,18	1,56
		Pipa 3	1,5	2	2,8
			2,1	1,4	1,6
			2,2	2,2	2,4
			1,5	1,9	2
			2	2,1	2
		Rata-rata	1,86	1,92	2,16
		Pipa 4 (atas)	2,2	2,2	1,5
			1,9	1,2	1,8
			2,3	2	2,1
			2	1,5	2
			1,5	2,1	2,4
		Rata-rata	1,98	1,80	1,96
Minggu 2		Pipa 1 (bawah)	6	4	2,3

			6,6	3,2	5,5
			5,5	5,1	5,8
			4,8	5,1	5
			5,7	5,5	4,7
		Rata-rata	5,72	4,58	4,66
			6	4,8	5,4
			4,9	4,3	6
		Pipa 2	5,5	4,1	5
			0	2	5,1
			5,7	2,2	5,2
		Rata-rata	4,42	3,48	5,34
	21-May-24		5,7	4,1	6,3
			5,5	6	6,5
		Pipa 3	5,7	5,5	5,4
			4,9	2,3	5,5
			4,8	2,5	5,5
		Rata-rata	5,32	4,08	5,84
			4,6	4	6,3
			4,6	2,9	6,5
		Pipa 4 (atas)	5,7	3,4	5,4
			6	2,5	5,5
			6,2	3,5	5,5
		Rata-rata	5,42	3,26	5,84
			7,6	6,8	4,1
			12	8	9,3
		Pipa 1 (bawah)	8,3	8,8	8,5
			7,9	9,5	9
			8,6	9,7	8,4
		Rata-rata	8,88	8,56	7,86
			10,2	8,1	10,1
			10,5	8	11,1
Minggu 3	28-May-24	Pipa 2	8,4	7,1	10,1
			0	4,4	9,1
			10,7	3	8,5
		Rata-rata	7,96	6,12	9,78
			10,1	6,5	11
			9	6,6	11,9
		Pipa 3	9,8	6,5	12,1
			8,8	9,6	10,6
			9	9,7	7,3

		Rata-rata	9,34	7,78	10,58
			9,7	6,5	10,2
			5,7	4,6	10,5
		Pipa 4 (atas)	9	5,7	11,1
			10,1	5,7	6
			12,5	4,5	9,4
		Rata-rata	9,40	5,40	9,44
			0	10,6	5,9
			15,4	12,3	12,6
		Pipa 1 (bawah)	12,4	12,7	13
			11,3	15	12,8
			13,2	14,1	13,1
		Rata-rata	10,46	12,94	11,48
			13,6	14	15,9
			13,6	12,7	18,5
		Pipa 2	11,6	13,9	14,7
			0	8,1	14,3
			15	5,5	15
Minggu 4	04-Jun-24	Rata-rata	10,76	10,84	15,68
			14,5	11,2	16,5
			13,7	9,2	16,9
		Pipa 3	14	9,5	17,9
			14,2	16,1	16
			13,8	14,4	11,7
		Rata-rata	14,04	12,08	15,80
			11,9	12,8	16,8
			7,1	8,8	15,5
		Pipa 4 (atas)	10,6	10,3	17,5
			12,4	10	10
			15,1	8,4	14,8
		Rata-rata	11,42	10,06	14,92
			0	18	12,3
			19,6	19,6	19,6
		Pipa 1 (bawah)	20	20	19
			15,5	20,8	20,7
Minggu 5			20,2	19,7	19,5
		Rata-rata	15,06	19,62	18,22
			15,8	21,9	21,5
		Pipa 2	17,1	20	24,1
			15	19,5	22

	0	13,5	20,5
	19,2	7,9	20,5
Rata-rata	13,42	16,56	21,72
	22,5	16,5	20,5
	19,9	13,3	22,3
Pipa 3	20	16,1	23,1
	20,5	22	21,4
	21,1	23	17,8
Rata-rata	20,8	18,18	21,02
	15,6	20	24
	9	14,9	25,5
Pipa 4 (atas)	17,5	19,5	22,7
	19,7	16,1	16
	18,7	15	20
Rata-rata	16,1	17,1	21,64

Lampiran 1. 3 Hasil Perhitungan Luas Daun Tanaman Selada

Hari Setelah Tanam (HST)	Tanggal	Pipa	Luas Daun (cm)											
			Reaktor 1				Reaktor 2				Reaktor 3			
			p	l	c	Total	p	l	c	Total	p	l	c	Total
Minggu 1	14-May-24	Pipa 1 (bawah)	0,8	0,5	0,6825	0,273	0,8	0,4	0,6825	0,2184	0,9	0,6	0,6825	0,36855
			0,8	0,6		0,3276	0,7	0,4		0,1911	1,1	0,7		0,52553
			0,9	0,6		0,36855	0,8	0,5		0,273	1	0,7		0,47775
			1	0,6		0,4095	0,7	0,4		0,1911	0,7	0,4		0,1911
			1	0,5		0,34125	0,6	0,4		0,1638	0,6	0,3		0,12285
			Rata-rata			0,34398				0,20748				0,33716
		Pipa 2	0,7	0,6		0,28665	1	0,6		0,4095	1	0,6		0,4095
			0,6	0,7		0,28665	1	0,6		0,4095	1	0,6		0,4095
			0,8	0,5		0,273	0,9	0,5		0,30713	1,1	0,7		0,52553
			0,7	0,5		0,23888	0,9	0,6		0,36855	1	0,6		0,4095
			0,7	0,5		0,23888	1,2	0,6		0,4914	0,8	0,6		0,3276
			Rata-rata			0,26481				0,39722				0,41633
		Pipa 3	0,9	0,5		0,30713	1	0,5		0,34125	1	0,6		0,4095
			1	0,5		0,34125	0,9	0,5		0,30713	1	0,5		0,34125
			0,9	0,5		0,30713	1	0,5		0,34125	0,8	0,5		0,273
			1	0,5		0,34125	0,9	0,5		0,30713	0,9	0,5		0,30713
			0,9	0,5		0,30713	1	0,5		0,34125	0,7	0,4		0,1911
			Rata-rata			0,32078				0,3276				0,3044
		Pipa 4 (atas)	0,6	0,4		0,1638	0,9	0,5		0,30713	1	0,5		0,34125
			0,7	0,5		0,23888	1	0,6		0,4095	1,1	0,6		0,45045
			0,8	0,4		0,2184	0,7	0,4		0,1911	0,9	0,5		0,30713
			0,7	0,4		0,1911	0,6	0,4		0,1638	1	0,5		0,34125
			0,9	0,5		0,30713	1	0,6		0,4095	0,9	0,5		0,30713
			Rata-rata			0,22386				0,29621				0,34944
Minggu 2	21-May-24	Pipa 1 (bawah)	2,1	1,2		1,7199	1	0,6		0,4095	1,1	0,6		0,45045
			2,3	1,7		2,66858	1,5	1		1,02375	1,6	1,2		1,3104
			1,8	1,2		1,4742	2,1	1,2		1,7199	2,1	1,1		1,57658
			1,4	0,8		0,7644	2,1	1,2		1,7199	1,5	0,9		0,92138
			2,2	1,5		2,25225	2,2	1,4		2,1021	1,4	0,7		0,66885
			Rata-rata			1,77587				1,39503				0,98553
		Pipa 2	2,1	1,2		1,7199	2	1,3		1,7745	2,5	1,4		2,38875
			1,5	0,9		0,92138	1,5	1		1,02375	2,3	1,5		2,35463
			2,3	1,7		2,66858	1,6	1,1		1,2012	1,5	1,2		1,2285
			0	0		0	0,8	0,5		0,273	1,9	1		1,29675

			2	1,4		1,911	0,6	0,4		0,1638	2,5	1,4	2,38875
			Rata-rata			1,44417				0,88725			1,93148
		Pipa 3	1,9	1,2		1,5561	1,5	1		1,02375	2,2	1,4	2,1021
			2,1	1,3		1,86323	2,8	1,8		3,4398	2,6	1,7	3,01665
			2,4	1,7		2,7846	2,1	1,2		1,7199	3	1,8	3,6855
			2	1,3		1,7745	1,2	0,7		0,5733	1,9	1,2	1,5561
			2,3	1,5		2,35463	1,2	0,7		0,5733	2,3	1,2	1,8837
			Rata-rata			2,06661				1,46601			2,44881
		Pipa 4 (atas)	2,2	1,5		2,25225	2	1,3		1,7745	1,8	1,4	1,7199
			2	1,5		2,0475	1	0,6		0,4095	2,5	1,5	2,55938
			2,8	1,8		3,4398	1,2	0,7		0,5733	2,4	1,4	2,2932
			3	2		4,095	1	0,6		0,4095	2,1	1,2	1,7199
			3,2	2		4,368	1,7	1,2		1,3923	1,9	1,3	1,68578
			Rata-rata			3,24051				0,91182			1,99563
		Pipa 1 (bawah)	2,6	1,6		2,8392	1,7	0,9		1,04423	1,4	0,9	0,85995
			3,4	2		4,641	1,9	1,1		1,42643	2,6	1,6	2,8392
			2,9	1,7		3,36473	2,3	1,4		2,19765	2,4	1,4	2,2932
			2,4	1,1		1,8018	2,5	1,5		2,55938	2,9	1,7	3,36473
			2,9	1,8		3,56265	2,5	1,5		2,55938	3	1,5	3,07125
			Rata-rata			3,24188				1,95741			2,48567
		Pipa 2	3,4	1,9		4,40895	2,7	1,4		2,57985	3,5	2	4,7775
			2,8	1,5		2,8665	2,2	1,4		2,1021	5	2,6	8,8725
			3,2	2		4,368	2,2	1,2		1,8018	4	2,4	6,552
			0	0		0	1,2	0,6		0,4914	3,7	2,3	5,80808
			3,7	1,8		4,54545	1	0,6		0,4095	3,4	1,9	4,40895
Minggu 3	28-May-24		Rata-rata			3,23778				1,47693			6,08381
		Pipa 3	3,7	2		5,0505	2,2	1,5		2,25225	5,3	2,8	10,1283
			3,4	1,7		3,94485	1,8	1		1,2285	6,6	3,6	16,2162
			3,5	1,9		4,53863	1,9	1		1,29675	7,2	3,3	16,2162
			3,4	1,8		4,1769	3,2	2		4,368	4	2	5,46
			4	2,6		7,098	3	1,6		3,276	2,8	1,7	3,2487
			Rata-rata			4,96178				2,4843			10,2539
		Pipa 4 (atas)	4,1	2		5,5965	2,3	1,6		2,5116	5,9	2,7	10,8722
			2,1	1,5		2,14988	1,6	1,2		1,3104	6,3	3,5	15,0491
			4,3	2,2		6,45645	1,5	1		1,02375	6,7	3,3	15,0901
			4,5	2,5		7,67813	1,6	1,1		1,2012	2,6	1,7	3,01665
			5,4	2,8		10,3194	2	1,8		2,457	5,4	2,5	9,21375

			Rata-rata			6,44007				1,70079			10,6484
Minggu 4	04-Jun-24	Pipa 1 (bawah)	0	0		0	3,4	1,3		3,01665	1,6	1,1	1,2012
			5,2	2,5		8,8725	3,9	2		5,3235	3,6	1,9	4,6683
			4,9	3,7		12,3737	3,7	2,3		5,80808	3,3	2	4,5045
			3,3	1,9		4,27928	4,2	2		5,733	4,1	2,2	6,15615
			4	2,5		6,825	5,1	2,4		8,3538	3,1	1,8	3,80835
			Rata-rata			6,4701				5,64701			4,0677
		Pipa 2	4,1	2,5		6,99563	5	2,6		8,8725	5,2	2,5	8,8725
			4	2,1		5,733	4,4	2,4		7,2072	6,3	3,1	13,3292
			4,3	2,6		7,63035	4,3	2,2		6,45645	5,4	3	11,0565
			0	0		0	2,2	1,3		1,95195	5,8	2,8	11,0838
			4,3	2,4		7,0434	1,6	1		1,092	4,7	2,3	7,37783
			Rata-rata			5,48048				5,11602			10,344
		Pipa 3	5,3	2,8		10,1283	4	2,2		6,006	7,2	3,5	17,199
			4,9	2,7		9,02948	2,7	1,4		2,57985	9,9	4,4	29,7297
			5,6	2,7		10,3194	2,7	1,5		2,76413	8,8	4	24,024
			5,6	3,1		11,8482	5,9	2,3		9,26153	5,6	3,1	11,8482
			6,5	3,5		15,5269	3,7	3		7,57575	4,3	2,9	8,51078
			Rata-rata			11,3705				5,63745			18,2623
		Pipa 4 (atas)	7,4	3,5		17,6768	5,3	2,3		8,31968	7,5	3,6	18,4275
			3	1,9		3,89025	3,8	1,8		4,6683	8,9	4,7	28,549
			6,6	3,5		15,7658	3,5	1,6		3,822	9,4	5	32,0775
			7,3	3		14,9468	4,6	2,3		7,22085	4,6	2,4	7,5348
			7	4,2		20,0655	3,6	2,1		5,1597	7,8	3,7	19,697
			Rata-rata			14,469				5,83811			21,2571
Minggu 5		Pipa 1 (bawah)	0	0		0	5,3	2,8		10,1283	4	2,1	5,733
			5,7	2,8		10,8927	5,5	3,4		12,7628	6,5	3,2	14,196
			6,1	3,4		14,1551	6,1	3,2		13,3224	5,4	3,1	11,4251
			4,6	2,5		7,84875	7,8	4,3		22,8911	5,8	3,4	13,4589
			5,3	3,2		11,5752	6,8	3,7		17,1717	5	2,9	9,89625
			Rata-rata			8,89434				15,2552			10,9418
		Pipa 2	4,2	2,2		6,3063	7	3,7		17,6768	7,7	4,7	24,6997
			4,5	2,3		7,06388	5,5	3,1		11,6366	9,5	5,5	35,6606
			4,6	2,9		9,10455	6,5	3		13,3088	6	3,2	13,104
			0	0		0	4,1	2,1		5,87633	6,5	3,3	14,6396
			5,2	3,1		11,0019	3,3	1,9		4,27928	5,8	4	15,834
			Rata-rata			6,69533				10,5555			20,7876

Pipa 3	7	4,2		20,0655	6,2	3,2		13,5408	9,3	5,5	34,9099
	5,6	3		11,466	3,7	2,4		6,0606	12	6,5	53,235
	4,8	3		9,828	4,3	2,6		7,63035	9,4	5,8	37,2099
	8,6	4,1		24,065	8,2	4,2		23,5053	8	3,9	21,294
	9,8	5,1		34,1114	6	3,1		12,6945	8,2	4,5	25,1843
	Rata-rata			19,9072				12,6863			34,3666
Pipa 4 (atas)	8,3	5,6		31,7226	7,2	3,8		18,6732	11	6,5	48,7988
	3,4	2,1		4,87305	6,5	3,5		15,5269	12,5	7,3	62,2781
	8,1	4,8		26,5356	5,7	3,5		13,6159	12,6	8,3	71,3759
	9	5,7		35,0123	7	3,6		17,199	9,3	5,3	33,6404
	8,7	5,7		33,8452	6,2	3,3		13,964	11,1	6,7	50,7575
	Rata-rata			26,3977				15,7958			53,3701

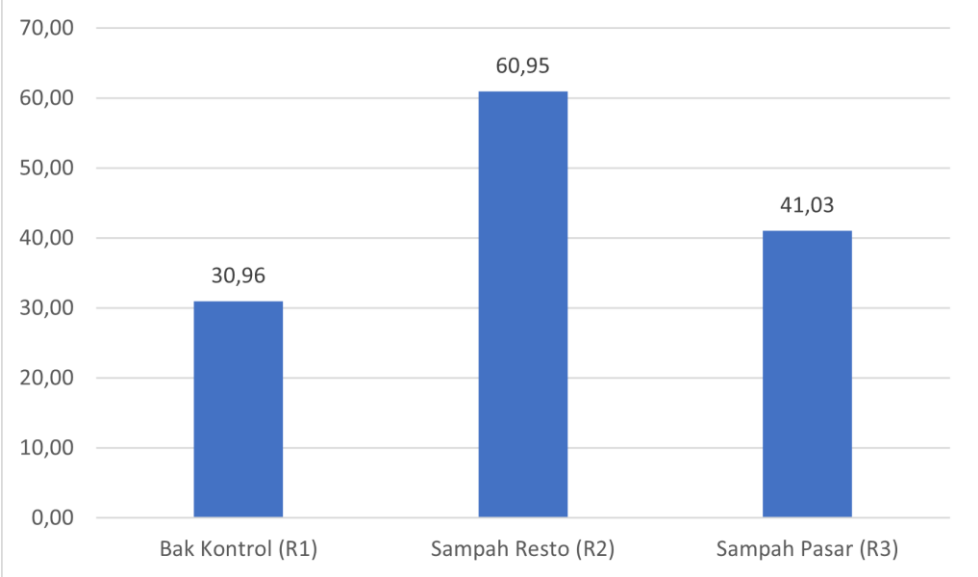
Lampiran 1. 4 Hasil Perhitungan Berat Basah Tanaman Selada

Tanaman Selada	Berat Basah (g)		
	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
Rata-rata	67,03	50,20	125,19
Total Hasil Panen	535,24	401,6	1,001,52

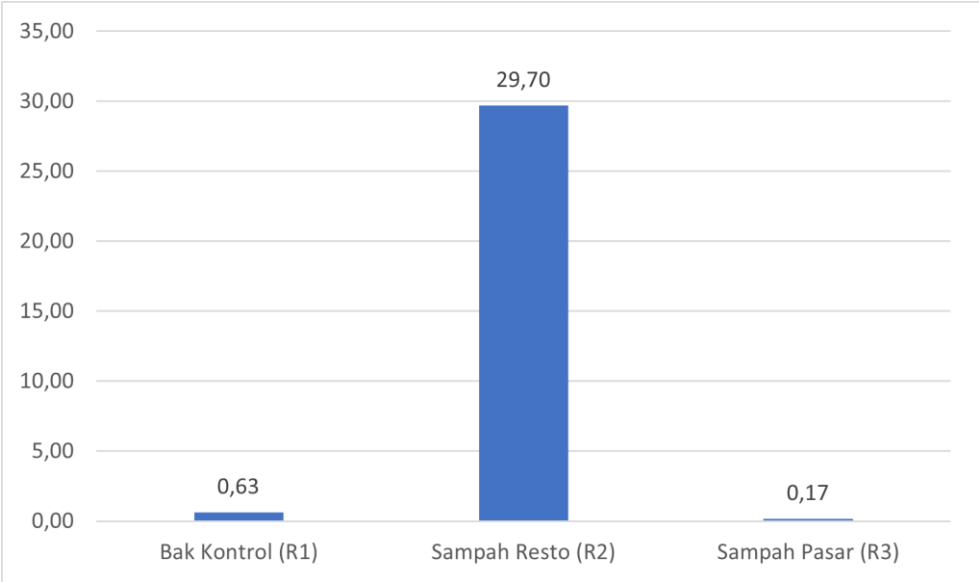
Lampiran 1. 5 Hasil Perhitungan Berat Kering Tanaman Selada

Tanaman Selada	Berat Basah (g)		
	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
Rata-rata	2,36	1,35	2,03
Total Hasil Panen	18,88	10,8	16,24

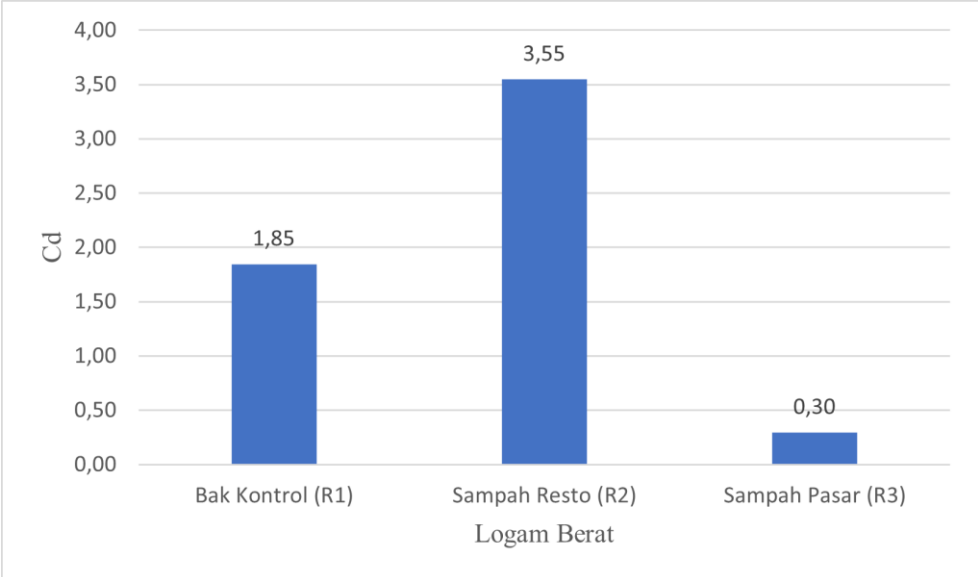
Lampiran 1. 6 Grafik Hasil Kandungan Logam Berat Fe



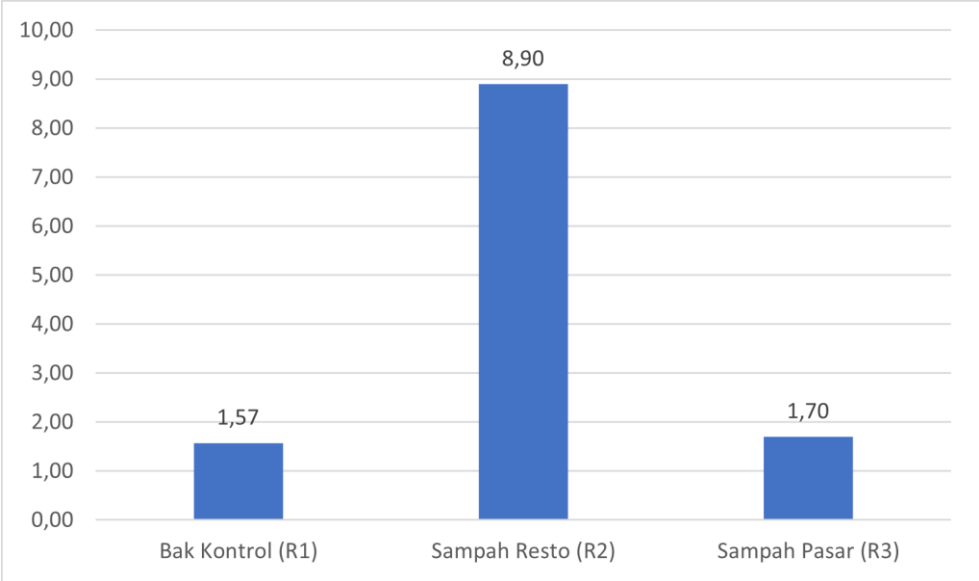
Lampiran 1. 7 Grafik Hasil Kandungan Logam Berat Pb



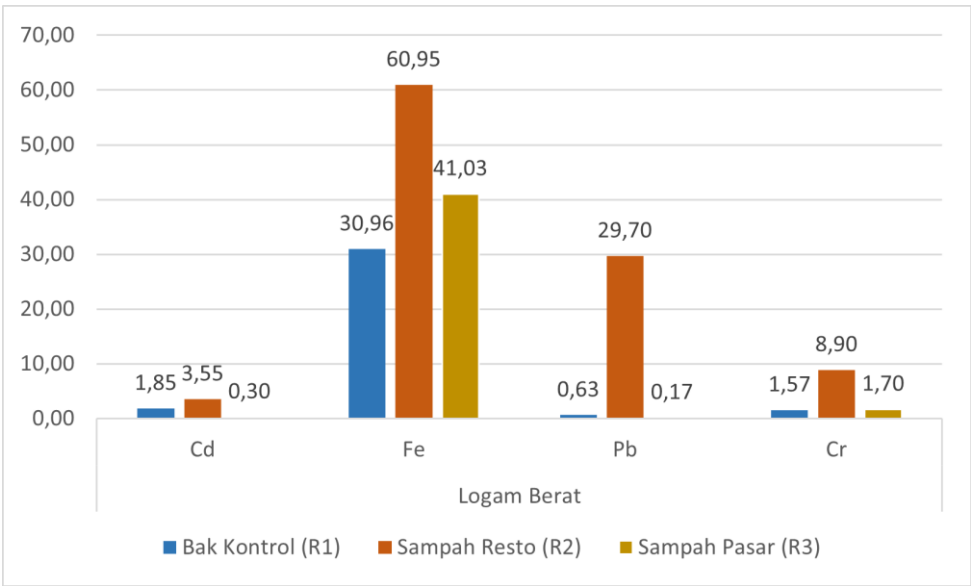
Lampiran 1. 8 Grafik Hasil Kandungan Logam Berat Cd



Lampiran 1. 9 Grafik Hasil Kandungan Logam Berat Cr



Reaktor	Logam Berat			
	Cd	Fe	Pb	Cr
Bak Kontrol (R1)	1,85	30,96	0,63	1,57
Sampah Resto (R2)	3,55	60,95	29,70	8,90
Sampah Pasar (R3)	0,30	41,03	0,17	1,70



Lampiran 1. 10 Baku Mutu Logam

Baku Mutu Logam Berat Pada Tanaman				
Acuan Baku Mutu	Parameter			
	Cd	Cr	Fe	Pb
BPOM Nomor 5 Tahun 2018	0,05	-	-	2,5
WHO/FAO	0,2	0,5	425,5	0,3
SNI 7387 : 2009	0,2	-	-	0,5
Pasaribu, 2017	0,2 - 0,8	-	-	0,1 - 10

Lampiran 1. 11 Semai Tanaman Selada



Lampiran 1. 12 Reaktor 1



Lampiran 1. 13 Reaktor 2



Lampiran 1. 14 Reaktor 3



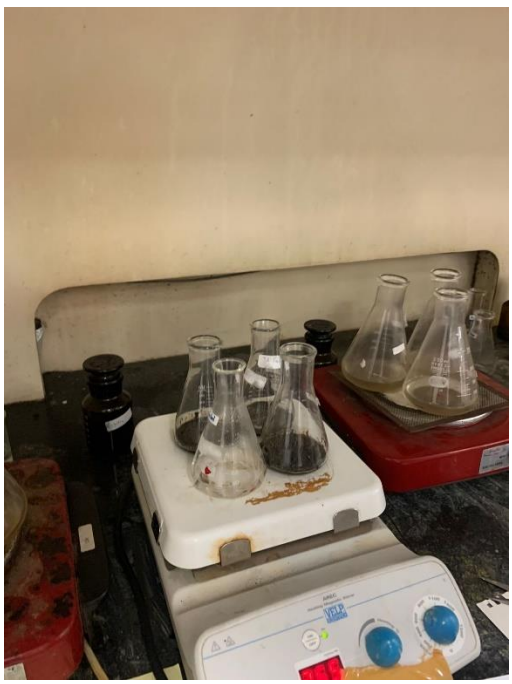
Lampiran 1. 15 Pengambil Sampel Tanaman Selada



Lampiran 1. 16 Sampel Tanaman Selada Sebelum Destruksi



Lampiran 1. 17 Destruksi Sampel Tanaman Selada



Lampiran 1. 18 Hasil Destruksi 3 Sampel Reaktor Tanaman Selada



RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Aqshal Faturrachman Buamona Putra lahir di Ternate, 12 Juli 2001. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Adapun riwayat pendidikan penulis adalah TK Al-Qur'an (2004-2006), SD Negeri 5 Sanana (2006-2013), SMP Negeri 1 Kota Ternate (2013-2017), SMA Negeri 1 Kota Ternate (2017-2019), dan Universitas Islam Indonesia Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (2020-2024).

Berikut beberapa kegiatan yang pernah diikuti oleh penulis selama perkuliahan :

1. Lembaga Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
2. Tim Kerja Zerowaste Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
3. Peserta Lomba Fotografi Enviro Champions Unviersitas Islam Indonesia Tahun 2022.
4. Peserta Lomba Fotografi Kuliah Lapangan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia 2023.
5. Kepanitiaan Kegiatan Orientasi Kemahasiswaan di Tingkat Program Studi.