TUGAS AKHIR

PENGARUH DOSIS PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR) PADA METABOLIT SEKUNDER TANAMAN MINT (*MENTHA ARVENSIS*) DI TANAH KARST

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

AL HADID JOVAN YUDHISTIRA
20513097

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UMIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

TUGAS AKHIR

PENGARUH DOSIS PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR) PADA METABOLIT SEKUNDER TANAMAN MINT (*MENTHA ARVENSIS*) DI TANAH KARST

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

AL HADID JOVAN YUDHISTIRA
20513097

Disetujui,

Pembimbing I,

Dewi Wulandari, S.Hut.,M.Agr., Ph.D
NIK. 185130401
Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH DOSIS PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR) PADA METABOLIT SEKUNDER TANAMAN MINT (*MENTHA ARVENSIS*) DI TANAH KARST

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu

Tanggal : 16 Oktober 2024

Disusun Oleh:

AL HADID JOVAN YUDHISTIRA

20513097

Tim Penguji :

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

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D ( )

Diah Ayu Prawitasari., S.T., M.T. ( )

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 tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini,maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 21 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Al Hadiu Jovan Yudhistira

NIM: 20513097

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas Rahmat serta karunia-Nya dan juga tidak lupa kami hanturkan *shalawat* kepada Nabi kita Nabi Muhammad SAW sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Dosis *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) pada Metabolit Sekunder Tanaman Mentha arvensis di Tanah Karst" dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun dengan maksud dan tujuan yaitu agar memberikan wawasan terkait Pengaruh Dosis *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang telah diberikan pada Kandungan Metabolit Sekunder Tanaman *Mentha arvensis* di Tanah Karst Selain itu, Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dari Program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan dan juga bantuan dari berbagai pihak. Sehingga, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Andy Antariksa dan Ibu Rouswita selaku orang tua serta Saudara Muhammad Angga Palakka Augitama., S.T., dan Hyckal Anindya Pamungkas selaku kakak dan adik kandung penulis yang selalu memberikan dukungan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
3. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen *Reviewer* I yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
4. Diah Ayu Prawitasari., S.T., M.T. selaku Dosen *Reviewer* II yang memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

5. Seluruh Dosen, Pengajar dan Staf Program Studi Teknik Lingkungan yang selama ini telah memberikan ilmu maupun fasilitas yang sangat bermanfaat untuk penulis selama proses menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
6. Seluruh Laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan yang banyak membantu penelitian di laboratorium.
7. Teman-teman terdekat penulis Bintang Ramadhan Prakasa.,S.T, Noverli Sukma Melani., S.T., Aura Wirya Salsabila, Aiko Sarasvaty Prabowo, Muhammad Rifaldi Harahap, Rendra Zulis Wicaksono, Agakhan Syukron, Hafizh Tri Kusniardi, Salman Saputra, Bondan, Dean A.B, Ardha Pramudya, Muhammad Farid Baihaqi, Muhammad Fathur Hajjan, dan Faiq Purnama yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
8. Teman-teman "akhirnya ad grup" dan "Indonesia Merdeka" yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
9. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2020 yang telah memberikan bantuan selama masa perkuliahan.
10. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis selama menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan penelitian. Semoga laporan Tugas Akhir yang telah disusun oleh penulis dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Yogyakarta, 26 Agustus 2024

Al Hadid Jovan Yudhistira

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dosis Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) terhadap kandungan metabolit sekunder pada tanaman mint (*Mentha arvensis*) di tanah karst. Tanaman mint digunakan karena mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid dan saponin yang memiliki manfaat penting di bidang farmasi. Tanah karst memiliki kandungan unsur hara yang rendah tetapi kaya akan kalsium dan magnesium, sehingga diperlukan PGPR untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan kualitas tanah. Penelitian ini menggunakan tiga dosis PGPR (5 mL, 10 mL, dan 15 mL) serta kontrol (0 mL) pada media tanah karst. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan PGPR meningkatkan biomassa tanaman, terutama pada dosis 15 mL yang memberikan hasil terbaik dengan peningkatan berat daun, akar, dan batang. Selain itu, kandungan flavonoid dan saponin juga mengalami peningkatan yang signifikan pada dosis 15 mL dibandingkan kontrol. Kandungan pH, C-organik, P2O5, dan Ca dalam tanah juga terpengaruh oleh pemberian PGPR. Dosis 15 mL meningkatkan kadar pH tanah hingga mendekati netral dan meningkatkan kadar C-organik serta kalsium secara signifikan. Penggunaan PGPR pada tanah karst terbukti efektif untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman mint dan kandungan metabolit sekundernya.

Kata Kunci: *Mentha arvensis*, PGPR, metabolit sekunder, flavonoid, saponin, tanah karst.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) dosage on the content of secondary metabolites in mint plants (Mentha arvensis) in karst soil. Mint plants are used because they contain secondary metabolites such as flavonoids and saponins which have important benefits in the pharmaceutical field. Karst soil has low nutrient content but is rich in calcium and magnesium, so PGPR is needed to improve plant growth and soil quality. This study used three doses of PGPR (5 mL, 10 mL, and 15 mL) and control (0 mL) on karst soil media. The results showed that the addition of PGPR increased plant biomass, especially at a dose of 15 mL which gave the best results with an increase in leaf, root, and stem weight. In addition, flavonoid and saponin content also increased significantly at a dose of 15 mL compared to the control. The content of pH, C-organic, P2O5, and Ca in the soil was also affected by the application of PGPR. The 15 mL dose increased soil pH levels to near neutral and significantly increased C-organic and calcium levels. The use of PGPR in karst soil is proven effective to increase the growth of mint plants and the content of secondary metabolites.

***Keywords**: Mentha arvensis, PGPR, secondary metabolites, flavonoids, saponins, karst soil.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....**Error! Bookmark not defined.**

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

KATA PENGANTAR iv

ABSTRAK vii

ABSTRACT viii

DAFTAR ISI viii

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR LAMPIRAN xiv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian.....3

1.3 Tujuan Penelitian.....4

1.4 Manfaat Penelitian.....4

1.5 Ruang Lingkup Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 6

2.1 Tanah Karst 6

2.2 Tanaman *Mentha arvensis*.....6

2.3 Metabolisme Sekunder Tanaman 7

2.4 *Plant Growth Promoting Rhizobacter* (PGPR) 9

2.5 Penelitian Terdahulu.....11
BAB III METODE PENELITIAN..... 16
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....16
3.2 Alat dan Bahan 17
3.3 Tahapan Penelitian 17
3.3.1 Pengambilan Sampel Tanah..... 18
3.3.2 Persiapan Media Tanam..... 19
3.3.3 Inokulasi *Planth Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)..... 20
3.3.4 Penanaman 20
3.3.5 Penyiraman dan Perawatan 20
3.3.6 Pengambilan Data Pertumbuhan..... 21
3.3.7 Pemanenan dan Pengambilan Sampel..... 21
3.3.8 Uji Lab 21
3.3.9 Analisis Data..... 32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA 33
4.1 Biomassa Tanaman Mint (*Mentha arvensis*).....33
4.3 Karakteristik Media Tanah Karst 37
4.2 Hasil dan Analisis Pertumbuhan Tanaman Dengan Perlakuan dan Kontrol 40
BAB V..... 43
KESIMPULAN DAN SARAN..... 43
5.1 Kesimpulan.....43
5.2 Saran.....43
DAFTAR PUSTAKA 45
LAMPIRAN..... 53

RIWAYAT HIDUP..... 61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Contoh Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR).....10
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu 11
Tabel 4. 1 Hasil Uji Parameter Tanah pada Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian (BPSIP) Yogyakarta.....37
Tabel 4. 2 Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005.....37
Tabel 4. 3 Hasil Uji Metabolit Sekunder Flavonoid dan Saponin Tanaman Mentha arvensis di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada 40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Peta Lokasi Sampling 16
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian 18
Gambar 3. 3 Diagram Alir Uji Flavonoid (Handayani et al., 2020) 22
Gambar 3. 4 Diagram Alir Uji Saponin (Handayani et al.,2020) 23
Gambar 3. 5 Penetapan pH H20 dan pH KCl menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005 24
Gambar 3. 6 Penetapan P_2O_5 Metode Olsen menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005 25
Gambar 3. 7 Penetapan C- Organik Walkly & Black menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005 27
Gambar 3. 8 Penetapan N-total Kjehdahl menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005 28
Gambar 3. 9 Diagram Alir Ca menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005 30
Gambar 3. 10 Diagram Alir Pengukuran Spektrofotometri Ca menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005 31

Gambar 4. 1 Grafik Berat Basah Tanaman Mint (Mentha arvensis) 33
Gambar 4. 4 Grafik Berat Kering Tanaman Mentha arvensis 35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh Sampel Uji..... 53
Lampiran 2 Pengambilan Sampel Tanah Karst 53
Lampiran 3 Autoclave untuk Sterilisasi Sampel Tanah..... 54
Lampiran 4 Hasil Uji Tanah di Balai Penerapan Instrumen Pertanian Yogyakarta (BPTPYK)..... 55
Lampiran 5 Rata-Rata Data Berat Basah Daun, Batang, dan Akar 56
Lampiran 6 Data Berat Kering tiap Komponen Tanaman Mentha arvensis 56
Lampiran 7 Data Berat Basah Daun, Batang, dan Akar 56
Lampiran 8 Data Berat Kering Daun, Batang, dan Akar..... 58
Lampiran 9 Gambar Hasil Panen Tanaman Mentha arvensis..... 59

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara agraris yang sebagian dari penduduknya bergerak pada bidang pertanian. Hal ini juga didukung oleh lahan pertanian yang berada di indonesia, tetapi lahan pertanian yang berada di indonesia di dominasi dengan lahan kering (Pitaloka., 2018). Salah satu lahan kering yaitu lahan karst, Karst tersebar luas di indonesia dari sabang sampai merauke dikarenakan indonesia memiliki karakteristik geomorfologi yang berbentuk lahan karst (Yulianda., 2018).

Karst merupakan bentangan lahan yang terdiri dari batuan dasar yang mudah terlarut seperti gamping (Pranata *et al.*,2023). Karst adalah hasil dari pelapukan kumpulan dari batuan gamping yang dimana proses itu disebut karstifikasi. Proses karstifikasi membentuk lubang dan rekahan pada batuan dasar yang terbentuk berupa fitur permukaan seperti perbukitan kerucut karst, uvala, polye, ponor dan lain lain. Kemudian fitur karst bawah permukaan berupa jaringan seperti conduit dan goa (Budiyanto, 2016). Karst memiliki kandungan unsur hara yang rendah dan tanah karst mempunyai kandungan kalsium dan magnesium yang tinggi (Suhendar *et al*., 2018). Karst memiliki kawasan yang kering karena memiliki sistem hidrologi yang berbeda dengan kawasan lainnya, hal ini disebabkan oleh kondisi geomorfologi dari tanah karst tersebut yang berupa perbukitan gamping (Pranata *et al*., 2023).

Dalam upaya untuk meminimalisir kerusakan ekosistem pada tanah digunakan pemanfaatan bakteri patogenik yaitu *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR ini sendiri merupakan suatu inovasi dari teknologi pertanian yang mampu meningkatkan produktivitas dari segi tanaman maupun dari media tanaman tersebut. PGPR digunakan sebagai agen untuk memacu pertumbuhan tanaman serta dapat mengendalikan penyakit pada tanaman. Inovasi menggunakan teknologi PGPR ini sering digunakan dalam usaha pertanian dikarenakan lebih ekonomis serta dapat dibuat sendiri (Suryanto *et al*., 2019).

PGPR dinyatakan dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan meminimalisir penyakit pada tanaman dikarenakan peran dari PGPR dapat menekan patogen pada akar serta dapat memberikan toleransi pada akar tanaman terhadap bahaya keracunan (Fernando *et al.,* 2005. Candraningtyas (2023) menyebutkan bahwa PGPR sendiri berpengaruh pada tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat trubus segar dan kering. Adanya interaksi antara takaran dan frekuensi aplikasi PGPR dapat mempengaruhi jumlah daun, luas daun, berat tanaman, berat akar, dan berat trubus (Naihati *et al*., 2018). Pengaruh dari PGPR secara langsung yaitu dapat menyediakan penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah yang dapat memacu pertumbuhan, sedangkan untuk pengaruh secara tidak langsung yaitu menekan terkait patogen dengan cara menghasilkan senyawa atau metabolit seperti *siderophore* dan antibiotik (Kumalawati *et al.,* 2015).

Mint merupakan salah satu tanaman obat yang dapat menghasilkan minyak atsiri. Minyak atsiri yang dihasilkan oleh tanaman mint salah satunya *Mentha arvensis. Mentha arvensis* pada umumnya digunakan sebagai tanaman obat berpotensi untuk dikembangkan di indonesia dikarenakan hal tersebut dapat dilihat dari banyaknya masyarakat yang bergerak di bidang pertanian membudidayakan tanaman mint, tanaman mint sendiri memiliki keuntungan yaitu mudah dibudidaya dikarenakan tanaman mint tidak memerlukan iklim dan tempat yang khusus, maka terbukti tanaman mint dapat tumbuh pada berbagai macam media (Pratiwi, 2019). Tanaman mint ini sendiri terbukti dapat tumbuh pada dataran rendah maupun tinggi sehingga tanaman mint dapat tumbuh tidak dalam suhu tertentu. Tanaman mint banyak digunakan sebagai bahan persediaan dalam farmasi dikarenakan *Mentha* memiliki rasa yang khas sejuk dan menyegarkan. (Sastrohamidjojo, 2004).

Tumbuhan mint menyimpan kandungan kimia senyawa metabolit sekunder. Metabolit sekunder adalah senyawa yang disintesis oleh tumbuhan, proses metabolit sekunder yaitu microba atau hewan melewati proses biosintesis yang dapat menunjang kehidupan non-vital. Metabolit sekunder ini memiliki sifat farmakologi dan biologi khususnya di bidang farmasi yaitu metabolit sekunder sebagai kandidat senyawa penuntun yang mengoptimasi agar memperoleh senyawa yang berpotensi dengan toksisitas minimal (Saefudin, 2012). Senyawa metabolit

sekunder yang umum terdapat pada tumbuhan berupa Alkaloid, Flavanoid, Steroid, Saponin, Terpenoid, dan Tannin. Senyawa metabolit ini berfungsi sebagai pelindung tumbuhan dari gangguan hama tumbuhan itu sendiri dan lingkungannya (Setiana *et al*., 2011). Kandungan senyawa metabolit sekunder pada ekstrak *Mentha arvensis* mengandung senyawa metabolit sekunder saponin dan flavonoid (Rahmadhany, 2023).

Berdasarkan penelitian (Choliq, *et al* 2020) menyatakan bahwa dari peran PGPR dapat dijadikan Pemacu atau Perangsang biostimulan pada fitohormon tumbuhan. Penerapan PGPR pada tanaman mint ini sendiri yaitu berguna untuk menstimulasi kandungan kimia tanaman *Mentha arvensis* yaitu sebagai tanaman yang berperan dalam bidang farmakologi (sebagai obat) (Pratiwi *et al*,. 2019). Dengan adanya penerapan PGPR yang dapat meningkatkan kualitas metabolit sekunder tanaman *Mentha arvensis* maka diharapkan tanaman tersebut akan tumbuh pada media tanah karst yang memiliki kandungan kalsium dan magnesium yang tinggi sesuai dengan fungsi dari tanaman *Mentha arvensis*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dirumuskan masalah dalam penelitian yaitu bagaimana dampak dari pemberian dosis PGPR pada pertumbuhan dari *Mentha arvensis* dan hasil metabolit sekunder pada tanaman Mentha arvensis.

Adapun rumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana pengaruh *Plant Growth Promoting Rhizobacter* (PGPR) terhadap pertumbuhan Mentha Arvensis di tanah karst ?
2. Bagaimana pengaruh dosis PGPR terhadap metabolisme sekunder Mentha arvensis di tanah karst ?
3. Bagaimana pengaruh PGPR terhadap kualitas tanah karst ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Analisis pengaruh PGPR terhadap pertumbuuan tanaman Mentha arvensis.

2. Investigasi pengaruh dosis PGPR terhadap Metabolit Sekunder tanaman *Mentha arvensis* (Mint) di tanah karst.
3. Analisis pengaruh PGPR terhadap kualitas tanah karst.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk menganalisis pengaruh PGPR terhadap pertumbuhan tanaman Mentha arvensis.
2. Untuk menginvestigasi pengaruh dosis PGPR terhadap Metabolit Sekunder Mentha arvensis (Mint) di tanah karst.
3. Untuk menganalisis pengaruh PGPR terhadap kualitas tanah karst.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Sebagai bentuk dari pengembangan inovasi penanaman sehingga dapat memanfaatkan lahan karst dalam proses revegetasi.
2. Sebagai pembuktian bahwa peran mikroorganisme Rhizobacteria pada proses penanaman tanah karst.
3. Pengembangan ilmu teknik lingkungan terutama di bidang teknologi reklamasi, bidang restorasi dan pemanfaatan lahan dengan pendekatan bahan pembenah tanah dengan inokulasi pada tanaman Mentha arvensis (Mint), di lahan karst perbukitan Imogiri.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun Ruang lingkup dari penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan di Perbukitan Imogiri Bantul, D.I. Yogyakarta yang merupakan pegunungan dengan batuan Karst.
2. Metode yang digunakan dengan menanam tanaman Mentha arvensis (Mint)
3. Pengamatan dan pelaksanaan dilakukan dengan skala green house.
4. Parameter yang di teliti.

5. Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 6 bulan

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Karst

Menurut Pranata., *et al* (2023) karst adalah lahan yang terbentuk dari pelarutan batuan yang mudah terlarut oleh air seperti kapu, dolomit, dan gypsum. Karst sendiri terbentuk karena adanya proses pelarutan (Solusional). Pada lahan karst terdapat gua, terowongan, sumur, dan sungai bawah tanah serta kemampuan dari sistem mengalir dan tempat penyimpanan air (Barokah *et al.*, 2023). Karakteristik karst itu sendiri yaitu memiliki daya dukung yang rendah, sehingga rentan terhadap pencemaran. Tanah Karst memiliki aliran sungai bawah permukaan sehingga dapat menyebabkan vegetasi di kawasan karst ini berbeda dibandingkan tanah lainnya. Tanah Karst sendiri mengandung unsur hara yang rendah, tetapi tanah karst mengandung kadar magnesium dan kalsium yang tinggi (Suhendar *et al.*, 2018).

Menurut Siska., *et al* (2017) menyebutkan bahwa karst merupakan daerah batuan karbonat ($CaCO_3$ dan $MgCO_3$), kemudian mengalami adanya pelarutan oleh CO_2 pada hujan dan sisa tanaman. Karst memiliki ciri khas yaitu adanya kandungan kapur yang tinggi sehingga mudah untuk terlarut oleh air. Karst yang memiliki ciri berbentuk kubah dan gua yang dapat menyebabkan adanya akuifer serta aliran air bawah tanah, hal ini dapat menjadi ancaman jika adanya pencemar yang masuk ke dalam aliran air pada kawasan karst (Isnaningsih., 2010).

2.2 Tanaman *Mentha arvensis*

Mentha arvensis berasal dari family *Lamiaceae*. Pada penelitian ini menggunakan spesies *Mentha arvensis*, *Mentha arvensis* biasa dibudidayakan secara luas di daerah beriklim sedang seperti Eropa, Asia barat, dan Tengah. Mentha arvensis adalah mint dengan penghasil mentol tersebut biasa digunakan untuk dikonsumsi sebagai penyedap makanan, bahan industri, dan obat. Tanaman

mint ini juga sudah terbukti memiliki beragam khasiat obat, salah satunya yaitu ekstrak daun tanaman tersebut dapat dijadikan jus untuk pengobatan diare dan disentri (Thawkar, *et al*., 2016). Ciri morfologi dari tanaman *Mentha arvensis* ini sendiri yaitu tanaman tegak, tinggi sekitar 30-60 cm, terdapat stolon yang menjalar di atas tanah, daun yang memiliki panjang 2,5-7 cm dan lebar 1-3 cm, permukaan pada bagian atas memliki bulu sedangkan pada bawah memiliki permukaan licin, panjang tangkai daun 0,5-1 cm. Bunga pada *Mentha arvensis* terdapat daun penumpu dengan panjang 2-4 mm, panjang tangkau bunga 2-2,2 cm, daun kelopak berukuran 2-2,5 mm, dan panjang mahkota bunga sekitar 4,5-5 mm (Hadipoetyanti., 2012).Hasil yang telah dilakukan oleh Puspitasari *et al.,* (2021) dengan menggunakan metode Penapisan Fitokimia, menyatakan bahwa di daun *Mentha sp* positif mengandung kandungan Metabolit Sekunder Flavonoid dan Saponin. Genus *Mentha* mempunyai kandungan metabolit sekunder Flavanoid salah satunya yaitu *Luteolin-7-O-glucoside, eriocitrin,* dan, *hesperidin* yang dilaporkan adalah flavonoid utama pada tanaman *Mentha* (Yousefian *et al.,* 2023).

2.3 Metabolisme Sekunder Tanaman

Metabolit sekunder merupakan senyawa kimia yang mempunyai fungsi untuk melindungi tanaman, menjaga tanaman sebagai pelindung dari hama penyakit melalui proses bioaktivasi. Metabolit sekunder sendiri dibuat melalui proses biosintesis oleh mikroba sehingga dapat menunjang kehidupan dari tumbuhan (Setiana et al., 2011). Senyawa metabolit sekunder pada tanaman herbal itu sendiri terdiri dari Flavonoid, Alkaloid, Triterpenoid, Tanin, Saponin, dan Steroid (Ergina dan Puspitasari, 2014). Metabolit sekunder ini memiliki aktivitas farmakologi dan biologi yang dimana untuk senyawa ini sebagai penuntun untuk melakukan optimalisasi agar memperoleh senyawa yang berpotensi pada tumbuhan dengan kandungan toksisitas yang rendah (Saefudin, 2012). Berikut beberapa komponen dari metabolit sekunder:

1. Flavonoid

Menurut Astati et al., 2017 Komponen Metabolit sekunder Flavonoid ini sendiri dapat beraksi sebagai antioksidan pada tanaman. Metabolit sekunder ini

memiliki fungsi sebagai obat yaitu dengan reduksi inflamasi dan penyakit jantung koroner. Senyawa ini memiliki karakteristik sebagai zat warna merah, ungu, dan biru serta sebagai warna kuning pada tumbuhan. Flavonoid sendiri merupakan senyawa alami yang telah dianalisa bahwa lebih dari 4000 molekul dari senyawa itu sendiri. Contoh tanaman yang mengandung Flavonoid berupa tanaman polong, Bawang merah, Anggur merah, *Cranberry*, Paprika, Teh, Brokoli, dan Kangkung (Ningsih *et al.*, 2023).

2. Alkaloid

Alkaloid adalah senyawa metabolit sekunder yang dapat dijumpai pada bagian daun, ranting, biji, dan kulit batang. Alkaloid ini sendiri mempunyai efek dalam bidang kesehatan yang dapat memicu saraf, menaikkan tekanan darah, mengurangi rasa sakit, antimikroba, obat penenang, obat penyakit jantung, dan lain lain (Simbala, 2009). Alkaloid bersifat basa dan sering dijumpai dalam bentuk garam serta alkaloid memiliki sifat kimia netral atau cenderung asam (Maisarah *et al.*, 2023).

3. Tanin

Tanin merupakan senyawa polifenol dengan mempunyai gugus hidroksil yang kompleks serta mempunyai bentuk yang beragam dengan berat molekul sebesar 20.000 Da (Elgailani dan Christine, 2016). Tanin merupakan senyawa metabolit sekunder yang disintesis oleh tanaman itu sendiri (Jayanegara dan Sofyan, 2008). Tanin juga sering terdapat hampir pada semua bagian tumbuhan seperti contohnya senyawa ini terdapat di bagian daun, batang, kulit kayu, dan juga buah (Dur, 2013). Senyawa ini berfungsi untuk melindungi tanaman dari organisme yang dapat menimbulkan penyakit (Chatri, 2016). Tanin dapat dijumpai pada tanaman *Gymnospermae* dan *Angiospermae*, bahkan Tanin sendiri banyak dijumpai pada tanaman dikotil (berkeping dua) (Hersila *et al.*, 2023).

4. Saponin

Saponin sendiri merupakan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tanaman. Saponin terbentuk dari struktur rangkaian atom C dan H serta dapat beraktivitas sebagai anti bakteri (Adawiyah, 2012). Saponin sendiri sering diaplikasikan pada bidang obat-obatan karena aktivitas sebagai obat antifungal,

antibakteri, serta anti tumor (Bintoro dkk, 2017). Saponin dapat ditemui pada tanaman teh, kedelai, tebu, bunga matahari, kacang tanah, ginseng, dan terong-terongan (Putri *et al.,* 2023).

5. Steroid

Steroid merupakan senyawa yang dapat dijumpai pada hewan maupun tumbuhan. Steroid memiliki peran penting yaitu menjaga kestabilan garam. Steroid pada tanaman dapat menurunkan kolesterol dan anti kanker. Steroid dapat dijumpai pada tanaman seperti Temulawak, Ekstrak biji Mahoni,dan Ekstrak Herba Meniran (Nola *et al*., 2021)

2.4 *Plant Growth Promoting Rhizobacter* (PGPR)

PGPR merupakan bakteri yang hidup bebas yang berkoloni di akar tanaman dan mempercepat pertumbuhan tanaman. Penggunaan PGPR sangat menjanjikan dan banyak digunakan untuk mempertahankan hasil produksi panen. Mikroba r*hizhospheric* memberikan keuntungan akar tanaman karena mensekresi metabolik yang dimanfaatkan sebagai nutrisi (Singh *et al,* 2019).PGPR ini dapat digunakan untuk meningkatkan kesehatan dan laju pertumbuhan tanpa adanya kontaminasi terhadap lingkungan (Nelson *et al*., 2014).Variasi PGPR telah dipelajari dan dikomersilkan antara lain spesies *Pseudomonas, Bacillus, Enterobacter, Klebsiella, Azobacter, Variovorax Azosprillum,* dan *Serratia* (Glick, 2012).

PGPR mempunyai potensi dalam memproduksi regulator pertumbuhan tumbuhan seperti *Indole Acetic Acid* (IAA), *cytokinins, gibberellins*, meningkatkan proses fiksasi nitrogen, dan mempromosikan pelarutan fosfat organik dan anorganik (Singh *et al.*, 2019). PGPR ini sendiri dapat memberikan manfaat bagi tanaman terutama di akar karena akan memicu kandungan nutrien di akar yang dimana di akar mengandung populasi bakteri 10-1000 lebih tinggi dibandingkan pada tanah curah (Lugtenberg *et al*., 2009). PGPR juga bermanfaat untuk melindungi tanaman dari mikroorganisme *phytopathogenic* dengan memproduksi *siderophores*, sistensis antibiotik, enzim, dan juga dapat melawan mikroorganisme

merugikan pada tanah (Lucy *et al*., 2004; Dey *et al*., 2004). Beberapa contoh dari PGPR yaitu:

Tabel 2. 1 Contoh Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

Species Bakteri	Tanaman utama	Utilisasi	References
Azosprillum sp.	Zea mays	N_2 fiksasi (Rizosfer)	Garcia de Salamone et al. (1996)
Bacillus polymyxa	Triticum aestivum	N_2 fiksasi (Rizosfer)	Omar et al. (1996)
Agrobacterium sp.	Lactuca sativa	IAA produksi	Barazani and Friedmand (1999)
Pseudomonas fluourescens	Glycine max	Sitokinin produksi	Garcia de Salamone et al. (2001)
Bacillus sp.	Alnus	Giberelin produksi	Gutierrez-Manero et al. (2001)
Herbaspirillum sp.	Oryza sativa	N_2 fiksasi (Endofit)	James et al. (2002)
Azospirillium lipoferum	Triticum aestivum	Mempromosikan pengembangan akar	Belimov et al. (2004)
Herbaspirillum seropedicae	Oryza sativa	Meningkatkan produksi giberelin	Araujo et al. (2009)
Azotobacter chroococcum	Triticuma estivum	Pelarutan fosfat	Bhattacharyya and Jha (2012)
Azotobacter aceae	Fagopyrum esculentum	N_2 fiksasi	Bhattacharyya and Jha (2012)
Azotobacter brasilence	Zea mays	Produksi IAA	Orlandini et al. (2014)
Rhizobium leguminosarum	Phaseolus vulgaris	Produksi fosfat	Ahemad and Kibret (2014)
Bacillus subtilis	Hordeum vulgare	Pencegahan penyakit embun tepung	Prathap and Ranjitha (2015)

Species Bakteri	Tanaman utama	Utilisasi	References
Paenibacillus polymyxa	Sesamum indicum	Pencegahan penyakit jamur	Ngumbi and Kloepper (2016)

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dijadikan sebagai referensi dan perbandingan terhadap penelitian yang dilakukan. Berikut ini daftar penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dan pembanding.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
1.	Fajarullah et al.,	2014	"Ekstraksi Senyawa Metabolit Sekunder Lamun Thalassodendron ciliatum Pada Pelarut Berbeda"	Metode Fitokimia	Senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada Thalassodendron ciliatum dengan rendemen methanol sebesar 10,09% terdapat 4 senyawa tertinggi yaitu tanin, saponin, triterpenoid, dan steroid a namun dengan menggunakan rendemen kloroform

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
					1,14% terdapat tiga senyawa yaitu saponin, triterpenoid, dan steroid sedangkan pada pelarut n-heksana memiliki rendemen ekstrak terendah yaitu 0,08% dengan tidak ditemukannya metabolit sekunder dikarenakan konsentrasinya yang terlalu rendah
2.	Wiraputra et al.,	2023	"Uji Kualitatif Metabolit Sekunder Pada Beberapa Tanaman yang berkhasiat Sebagai Obat Tradisional"	Uji identifikasi senyawa metabolit dengan menggunakan metode ekstraksi maserasi	Uji Flavonoid, Saponin, Alkaloid, dan Tanin positif pada kelima sampel daun sedangkan pada uji triterpenoid positif pada sampel daun

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
					jeruk purut, serta uji steroid positif pada semua sampel kecuali daun jeruk purut.
3.	Kie et al.,	2021	"Pengaruh Pemberian PGPR Terhadap Pertumbuhan Sawi Hijau (Brassica juncea L.)"	Metode penelitian menggunakan metode Statistik SPSS. pada analisis data metode dibagi menjadi 2 yaitu uji normalitas dan uji hipotesis	Pemberian PGPR berpengaruh pada massa sawi, Tinggi sawi, jumlah daun pada 24 hari setelah tanam, lebar daun.
4.	Naihati *et al.*,	2018	"Pengaruh Takaran dan Frekuensi Aplikasi PGPR terhadap Pertumbuhan dan hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa L.*)	Metode yang digunakan pada penelitian ini yakni Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial	Hasil menunjukkan bahwa adanya interaksi antara frekuensi aplikasi PGPR dengan dosis 25g, 50g, dan 75g pada tinggi tanaman, jumlah

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
				dengan 3 kali ulangan	daun, berat basah maupun berat kering dari akar hingga trubus tanaman selada sendiri.
5.	Candraningtyas *et al.,*	2023	"Analisis Efektivitas Penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) untuk Peningkatan Pertanian Berkelanjutan"	Inkubasi PGPR	Hasil perbandingan antara tanaman Kacang merah yang diberi PGPR mengalami perubahan pada tinggi tanaman,tinggi daun, dan jumlah daun lebih baik dibandingkan tanaman Kacang merah yang tidak diberi PGPR

Perbandingan pada tabel diatas dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu pada penelitian ini menggunakan media dari tanah karst, Kemudian untuk sampel tanaman yang diteliti yaitu menggunakan tanaman mint (Mentha arvensis), dan pada penelitian ini menggunakan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Pada penelitian diatas belum ada yang meneliti penanaman tanaman *Mentha arvensis* pada media tanah karst dan menggunakan *Plant Growth Promoting*

Rhizobacteria (PGPR), maka dari itu adanya pembaharuan terkait media tanah pada penelitian ini serta adanya penggunaan PGPR yang dilakukan agar dapat mengetahui terkait penentuan dosis optimum PGPR terhadap metabolit sekunder pada tanaman *Mentha arvensis.*

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Perbukitan Karst Plencing, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta dengan koordinat 7.901283°” 110.398784° seperti yang ditunjukan pada gambar. Pada lokasi penelitian ini lokasi, kondisi lingkungan penelitian sudah menyesuaikan dengan kondisi sebenarnya seperti di kawasan karst. Persemaian tanaman mint ini dilakukan pada bench, penelitian ini dimulai dengan pembuatan media tanam hingga terakhir adalah analisis data sampel yang diambil. Selanjutnya analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Sampling

3.2 Alat dan Bahan

- Alat

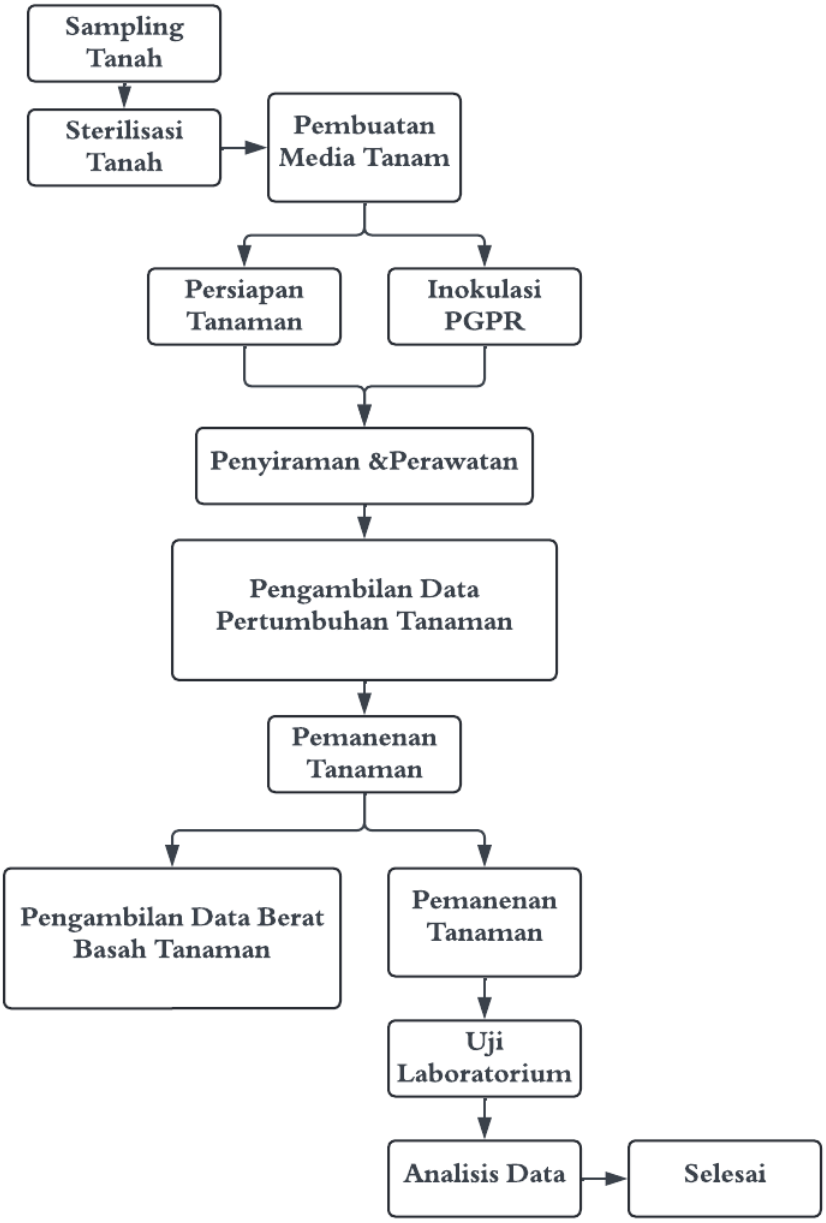
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cawan Petri,Tabung Reaksi, Erlenmeyer, Gelas Ukur, Autoklaf, Oven, Spektrofotometri UV-vis, Buku, Alat tulis, dan Pipet tetes 5 ml.

- Bahan

Bahan dari penilitian yang akan dilakukan yaitu Tanah Karst, Insektisida Curacron, Alkohol 70%, Aquades, dan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) 5 ml, 10 ml, dan 15 ml.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yang disajikan di dalam diagram pada Gambar Berikut ini:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Pengambilan Sampel Tanah

Lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan pada daerah tanah karst, yaitu perbukitan Karst Plencing, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta. Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan metode *Random Sampling* yaitu dengan kedalaman 10-20 cm dari permukaan tanah. Sampel tanah diambil di satu titik dengan

kedalaman 10-20 cm, kemudian dikompositkan ke dalam plastik steril. Metode steril tanah yang dilakukan menggunakan metode autoklaf dengan uap bertekanan yang dapat melepaskan panas sebanyak 636 kalori per gram uap air pada suhu 121^{o}C (Cahyani, 2009).

3.3.2 Persiapan Media Tanam

Sampel tanah yang telah diambil di sterilkan menggunakan autoklaf terlebih dahulu pada suhu tinggi selama 5 jam dengan suhu sebesar 85^{o}C. Kemudian tanah yang sudah di sterilkan dicampur (komposit) dengan tanah kapur dengan rasio 60% sebesar 241 g dan tanah soil sebesar 30% 161 gr. Setelah di kompositkan kemudian dimasukkan kedalam polybag sebanyak 100 buah.

3.3.3 Persiapan Inokulum *Planth Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

Inokulum PGPR dilakukan dengan adanya proses rekultur mikroba induk ke media yang baru. Inokulum PGPR ini diambil dari *degraded mining area* yang merupakan konsorsium mikroba terseleksi dari jenis *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB) yang merupakan bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus* serta *Enterobacter sp* (Rodriguez, 1999). Proses rekultur mikroba induk ini dilakukan dengan menggunakan *laminar airflow* dengan media NA (*Nutrient Agar*) yang sudah disterilkan. Setelah Mikroba induk dimasukkan kedalam media NA dalam cawan petri dibungkus menggunakan kertas sampul dan diinkubasi selama 24 jam. Kemudian dilakukan pengambilan mikroba terseleksi dari media NA dan dimasukkan kedalam larutan media NB (*Nutrient Broth*) lalu, homogenkan menggunakan shaker dan magnetic stirrer dengan kecepatan 130 rpm selama 24 jam.

Kemudian mempersiapkan bahan pembawa (*Carrier*) NaCl. Hal yang dilakukan pertama yaitu mempersiapkan terkait larutan NaCl sebanyak 4 liter dengan kadar NaCl 0,9%. Kemudian NaCl dipindahkan kedalam botol sebanyak 1 liter tiap botol. Kemudian melakukan terkait inokulasi bakteri yang telah terseleksi pada bahan pembawa dengan perlakuan berbeda-beda. Setelah adanya inokulasi

kedalam bahan pembawa NaCl ditutup dengan kertas sampul selama ± 30 hari dengan suhu ruang (Wijaugi, 2022).

3.3.4 Inokulasi *Planth Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

Inokulasi dilakukan dengan memasukan PGPR kedalam tanah. Cara memasukannya yaitu dengan mengangkat 1/3 lapisan tanah atas lalu memasukan PGPR menggunakan pipet tetes sebesar, 5 ml, 10 ml dan 15 ml. Kemudian tutup kembali dengan 1/3 tanah yang sebelumnya. Ini bertujuan agar akar tanaman berdekatan dengan PGPR yang dimasukkan adapun dosis 0 ml yang digunakan sebagai sampel kontrol. Pemberian dosis PGPR ini dilakukan sebanyak 5-6 pengulangan (Naihati *et al*., 2018).

3.3.5 Penanaman

Penanaman dilakukan pada saat pagi hari hingga menjelang siang, hal ini bertujuan agar tanaman tidak layu saat dipindahkan ke media tanam yang sudah di siapkan tadi. Tanaman yang digunakan yaitu *Mentha arvensis* dengan usia 2 minggu, tanaman yang ditanam sebanyak 39 buah, dengan pembagian dengan dosis kontrol (0ml), 5 ml, 10 ml, dan 15 ml. Masing-masing dosis dilakukan pengulangan sebanyak 5-6 kali. Perawatan yang dilakukan yaitu dengan penyiraman yang dilakukan setiap hari pada jam 15.00 dengan menggunakan air biasa. Perawatan selanjutnya yaitu mencabuti rerumputan liar dalam polybag kemdian dilakukan pembatasan dengan tumbuhan lain agar tidak ada hewan lain yang dapat merusak tanaman. Perawatan seperti penyemprotan insektisida menggunakan Insektisida Curacron dengan dosis 1 ml untuk 1 liter. Penyemprotan insektisida ini berguna untuk menghilangkan hama kutu putih pada tanaman.

3.3.6 Penyiraman dan Perawatan

Penyiraman dilakukan dua hari sekali pada saat sore pukul 15.00 dengan air biasa tanpa penambahan pupuk. Perawatan dilakukan dengan mencabut rumput-rumput liar yang tumpuh di polybag. Perawatan yang dilakukan yaitu dengan

penyiraman yang dilakukan setiap hari pada jam 15.00 dengan menggunakan air biasa. Perawatan selanjutnya yaitu mencabuti rerumputan liar dalam polybag kemudian dilakukan pembatasan dengan tumbuhan lain agar tidak ada hewan lain yang dapat merusak tanaman. Perawatan seperti penyemprotan insektisida menggunakan Insektisida Curacron dengan dosis 1 ml untuk 1 liter. Penyemprotan insektisida ini berguna untuk menghilangkan hama kutu putih pada tanaman.

3.3.7 Pengambilan Data Pertumbuhan

Pengambilan data pertumbuhan tanaman dilakukan setiap 2 minggu sekali selama 2 bulan. Data yang diambil dan diukur untuk tanaman Mentha Arvensis ini adalah jumlah daun dan tinggi batang tanaman.

3.3.8 Pemanenan dan Pengambilan Sampel

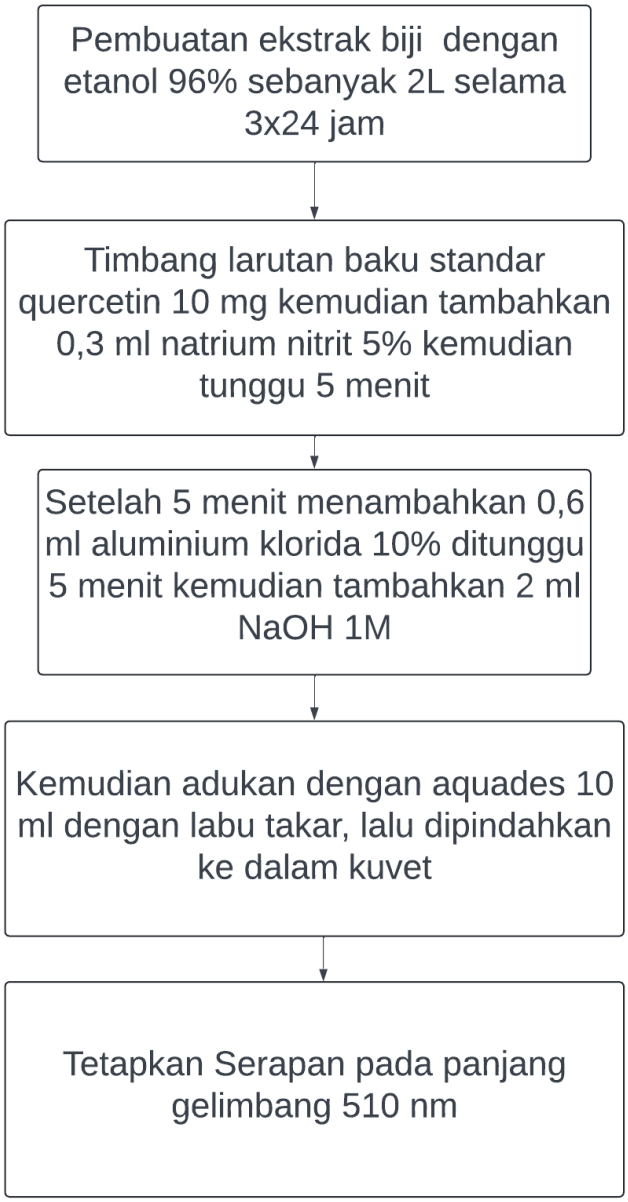
Panen dilakukan pada usia tanam 2 bulan, dengan memisahkan antara jaringan atas dan jaringan akar (*roots*). Bagian akar dicuci sampai bersih tidak ada tanah yang menempel lagi. Setelah bersih, ditimbang berat basah masing-masing bagian tanaman. Setelah ditimbang daun dan akar Mentha Arvensis dimasukan kedalam amplop yang berbeda, dan di beri label sesuai dengan kode tanaman yang sudah ada. Begitu pula dengan tanah media dari tanaman tersebut akan dimasukan ke dalam plastik yang diberi label sesuai tanamannya. Sampel daun kemudian dicari berat kering nya dengan cara dimasukan kedalam oven dengan suhu 70^{o} C selama 48 jam. Setelah Kering sampel di timbang berat kering nya (Wati,2022).

3.3.9 Uji Lab

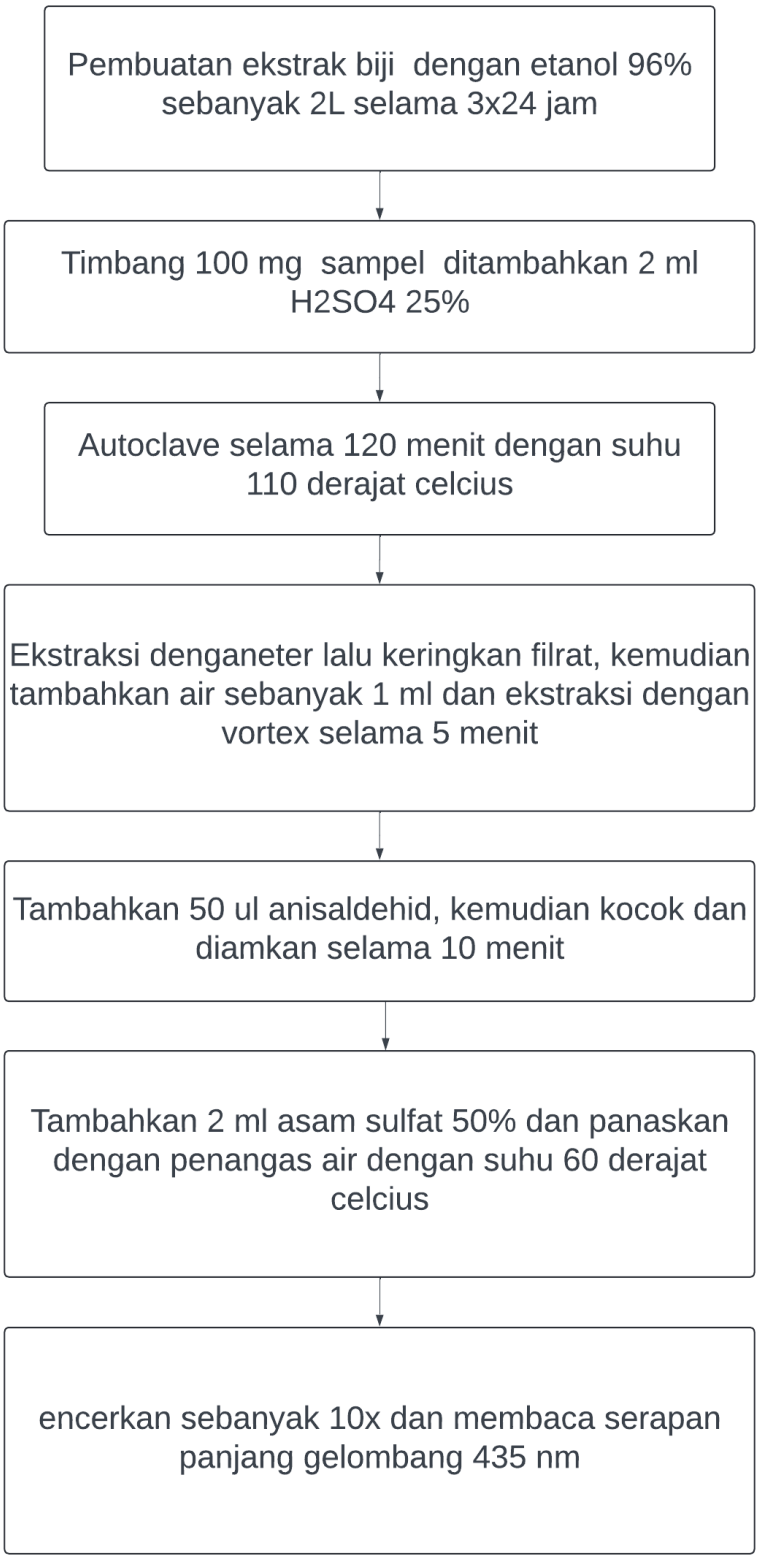
Bioteknologi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi (BPTP) dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada. Sampel yang di uji adalah sampel tanaman dan tanah. Sampel tanaman yang diuji berdasar pada dosis PGPR, diambil daun yang sudah dikeringkan dari 3 tanaman yang memiliki

pertumbuhan yang terbaik. Sampel tanah yang di uji akan menyesuaikan dengan sampel tanaman. Adapun parameter yang akan di uji sebagai berikut :

a. Sampel Tanaman: Metabolit sekunder dari Tanaman Mentha Arvensis yaitu Flavonoid dan Saponin. Uji sampel ini menggunakan metode Spektrofotometri UV-vis



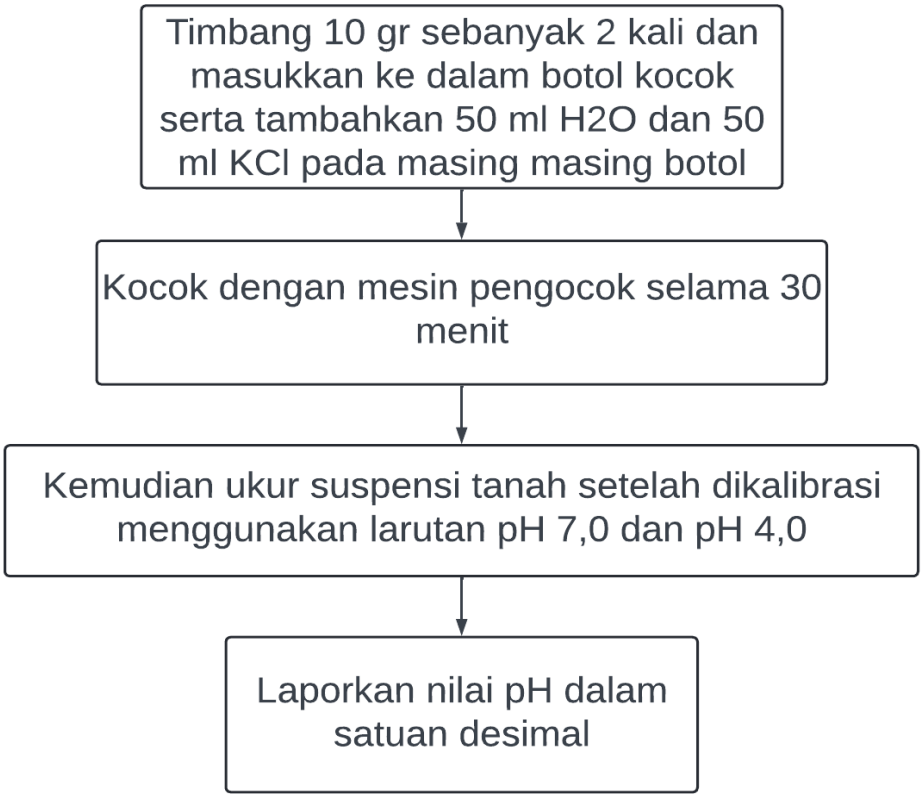
Gambar 3. 3 Diagram Alir Uji Flavonoid (Handayani et al., 2020)



Gambar 3. 4 Diagram Alir Uji Saponin (Handayani et al.,2020)

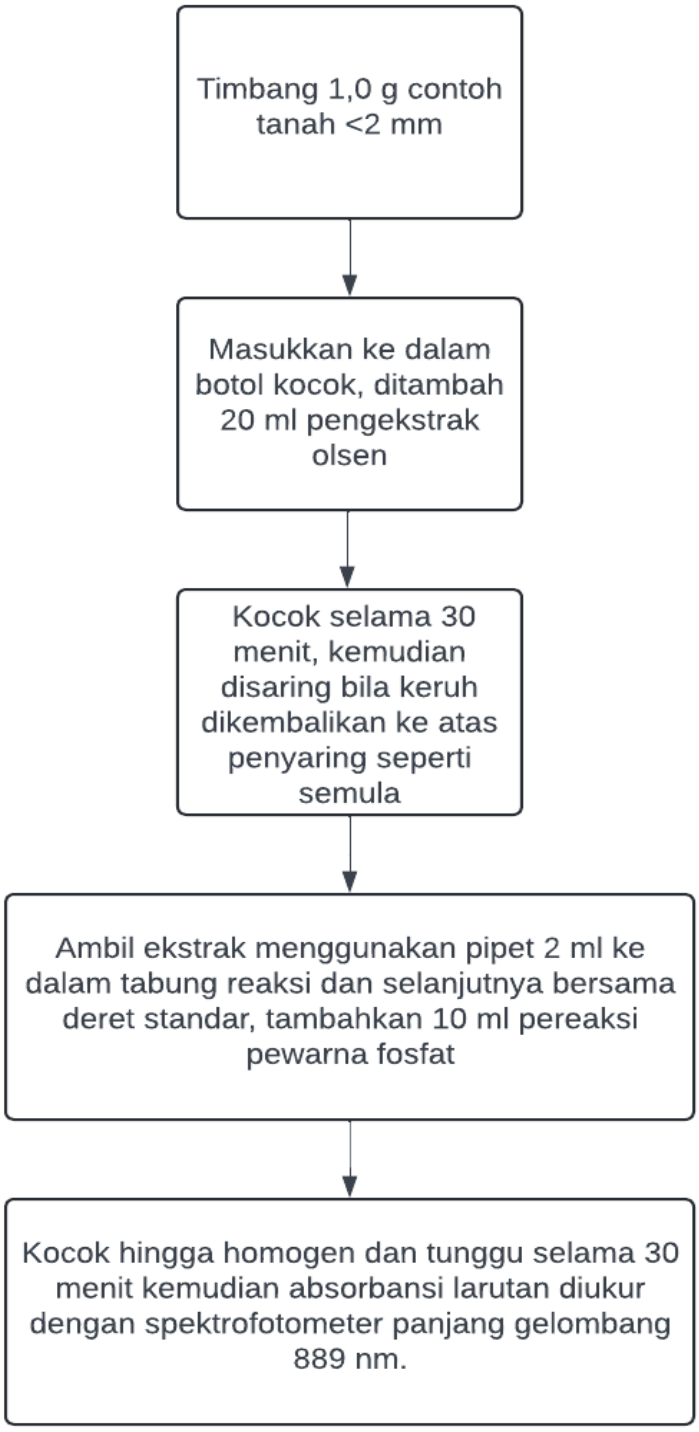
b. Sampel Tanah: pH, C-organik, Nitrogen, P tersedia,Ca, Mg, K, Na, .

- **Ph (H2O dan KCl)**



Gambar 3. 5 Penetapan pH H20 dan pH KCl menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005

- **P_2O_5**



Gambar 3. 6 Penetapan P_2O_5 Metode Olsen menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005

Rumus:

$$= ppm\ kurva\ x\ ml \frac{ekstrak}{1000} ml\ x\ 1.000\ g\ (g\ contoh)^{-1}\ x\ fp\ x \frac{142}{190} x\ fk$$

$$= ppm\ kurva\ x\ ml \frac{20}{1000} ml\ x\ 1.000 \frac{g}{1} x\ fp\ x \frac{142}{190} x\ fk$$

$$= ppm\ kurva\ x\ 20\ x \frac{142}{190} x\ fk$$

Keterangan:

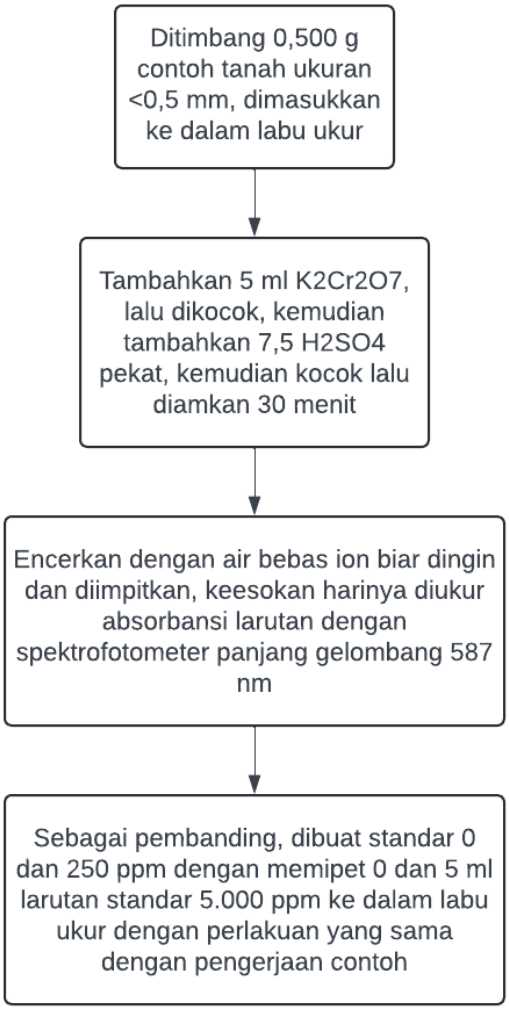
ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko

fp = faktor pengenceran (bila ada)

142/190 = faktor konversi bentuk PO_4 menjadi P_2O_5

Fk = faktor koreksi kadar air – 100 (100-%kadar air)

- **C-Organik**



Gambar 3. 7 Penetapan C- Organik Walkly & Black menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005

Rumus:

$$= ppm\ kurva\ x\ ml\frac{ekstrak}{1000}ml\ x\frac{100}{mg}\ contoh\ x\ fk$$

$$= ppm\ kurva\ x\frac{100}{1.000}x\frac{100}{500}x\ fx$$

$$= ppm\ kurva\ x\frac{10}{500}x\ fk$$

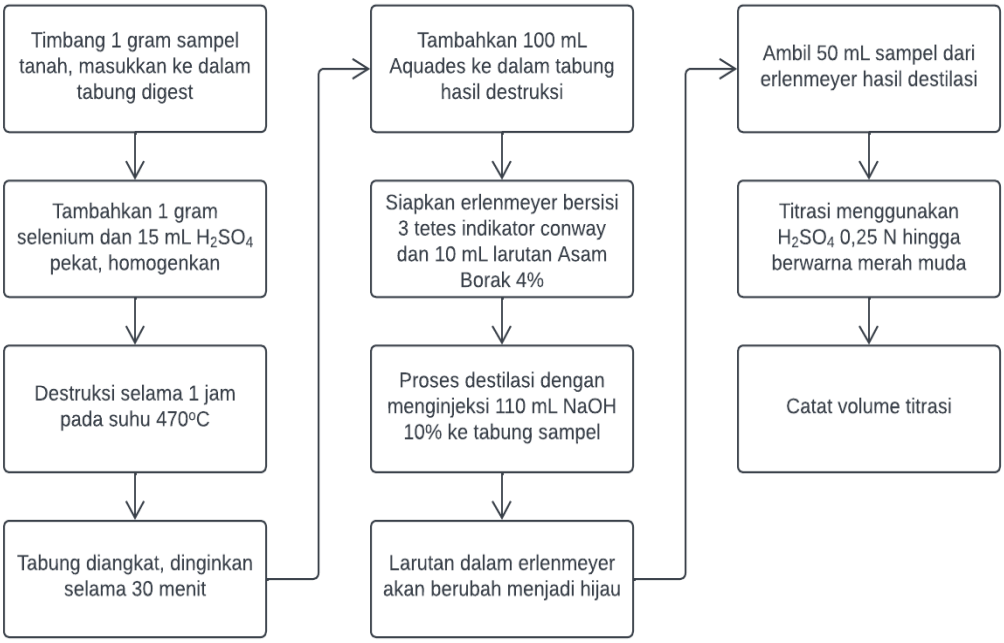
Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

100 = konversi ke 100%

Fk = faktor koreksi kadar air – 100 (100-%kadar air)

- **Penetapan Total Nitrogen**



Gambar 3. 8 Penetapan N-total Kjehdahl menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005

Analisis ini mengacu pada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk oleh Balai Penelitian Tanah.

Destruksi Contoh

Timbang ±1 gram contoh tanah, masukkan ke dalam tabung digest. Tambahkan reagent selenium 1 gram dan 15 mL asam sulfat pekat, homogenkan. Proses destruksi dilakukan selama 1 jam pada alat yang sudah dipanaskan pada suhu 470ºC. Sampel hasil destruksi akan berwarna putih kehijauan. Tabung diangkat, didinginkan ±30 menit sebelum masuk ke tahap destilasi.

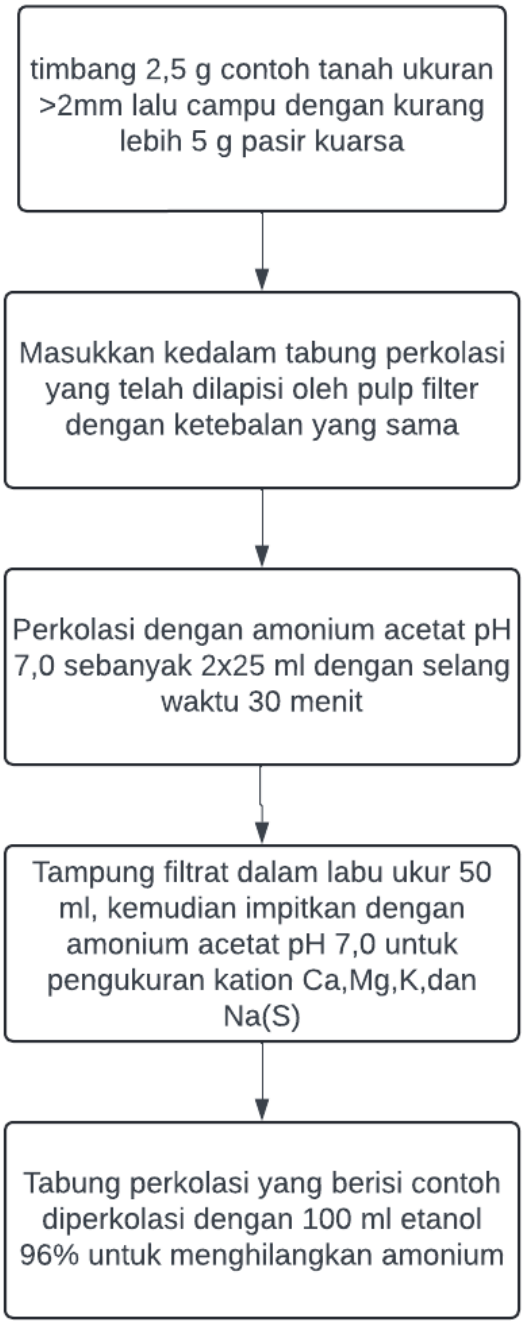
Destilasi Contoh

Tambahkan aquades sebanyak 100 mL ke dalam tabung sampel hasil destruksi. Siapkan labu erlenmeyer yang berisi indikator conway sebanyak 3 tetes dan larutan asam borat 4% sebanyak 10 mL (menghasilkan warna merah). Proses destilasi dilakukan dengan menginjeksi 110 mL NaOH 10% ke tabung sampel, kemudian hasil destruksinya masuk ke labu erlenmeyer yang sudah diberi indikator dan larutan asam. Larutan pada erlenmeyer akan berwarna hijau muda yang mengindikasikan adanya kandungan N organik, semakin hijau larutannya maka semakin tinggi kadar N organik didalamnya.

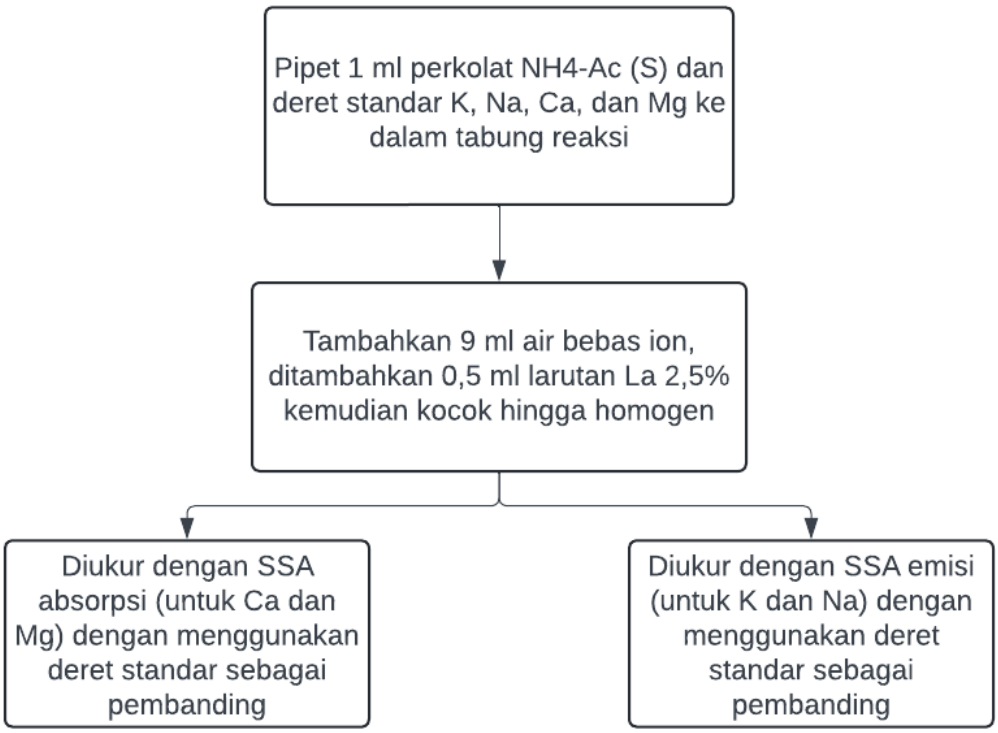
Titrasi Contoh

Ambil sampel sebanyak 50 mL dari erlenmeyer hasil destilasi. Destilat dititrasi dengan H_2SO_4 0,25 N hingga warna merah muda. Catat volume titar contoh (V_1) dan blanko (V_2).

- **Ca**



Gambar 3. 9 Diagram Alir Ca menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005



Gambar 3. 10 Diagram Alir Pengukuran Spektrofotometri Ca menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005

Perhitungan

$$\boldsymbol{Kation}_{ad}(cmol\ (+)kg^{-1})\ (S)$$

$$= \left(\frac{ppm\ kurva}{bst\ kation}\right) x\ \frac{ml\ ekstrak}{1000\ ml}\ x\ 1000\ g\ (g\ contoh)^{-1} x\ 0{,}1$$

$$= \left(\frac{ppm\ kurva}{bst\ kation}\right) x\ 50\ ml\ (1000\ ml)^{-1}\ x\ 1000\ g\ (2{,}5\ g)^{-1} x\ 0{,}1\ x\ fp\ x\ fk$$

$$= \left(\frac{ppm\ kurva}{bst\ kation}\right)\ x\ 2\ x\ fp\ x\ fk$$

Keterangan:

Ppm kurva = Kadar contoh yang didapat dari urva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

0,1 = Faktor konversi dari m.e. ke cmol (+)

Bst kation = Bobot setara: Ca: 20; Mg: 12, 15; K: 39; Na: 23

fp = Faktor pengenceran (bila ada)

fk = Faktor koreksi kadar air = 100/(100 - % kadar air)

S = Jumlah basa-basa tukat (cmol(+)kg^{-1})

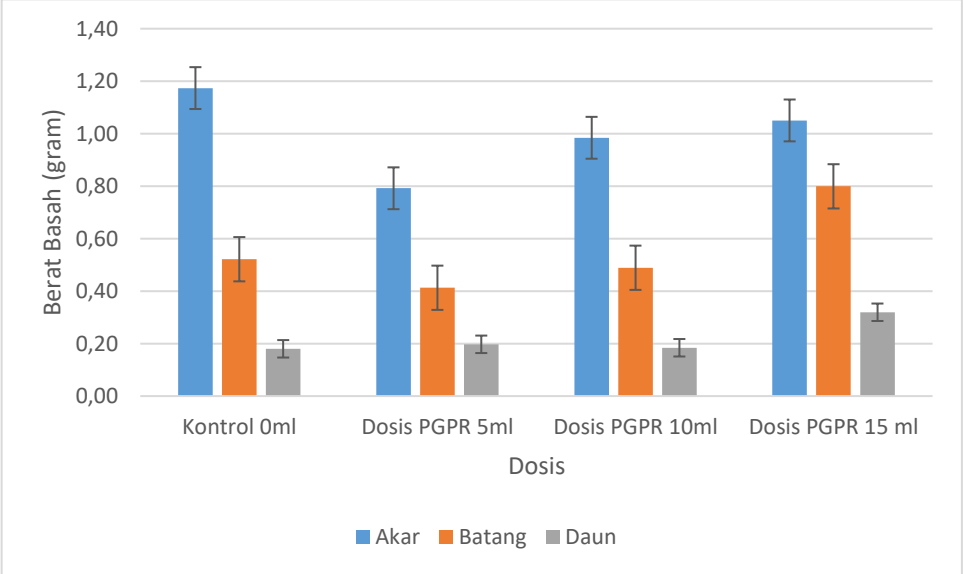
3.3.10 Analisis Data

Prosedur analisis data dilakukan dengan cara membandingkan hasil penimbangan berat basah dan kering tanaman yang diberikan *Planth Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). dengan tanaman kontrol tanpa perlakuan. Data akan disajikan dalam bentuk grafik yang mana dapat mempermudah mengetahui perbedaan dari Biomassa, Kandungan Kimia Tanah, dan Metabolit Sekunder dari kontrol (0 ml) dan tanaman yang diberikan perlakuan Dosis PGPR (5 ml, 10 ml, 15 ml). Uji analisa data metode perbandingan antar dosis. metode membandingkan variansi tiga kelompok sampel atau lebih.

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Biomassa Tanaman Mint (*Mentha arvensis*)

Data biomassa yang telah di analisis yakni berupa pada bagian komponen tanaman. Hasil pengambilan yang didapatkan yaitu pada bagian akar, daun, batang. Berikut adalah data dari hasil pengukuran biomassa pada komponen tanaman. Pengambilan data biomassa yang dilakukan menggunakan penimbangan baik dari berat basah maupun berat kering dari tiap komponen tanaman sampel. Berikut adalah data dari biomassa tiap komponen tanaman.



Gambar 4. 1 Grafik Berat Basah Tanaman Mint *(Mentha arvensis)*

Pengambilan data berat basah dilakukan setelah melakukan proses penanaman selama 5 bulan kemudian dilakukan pemanenan tanaman yang kemudian di timbang menggunakan neraca analitik. Analisis data yang dilakukan yaitu membandingkan terkait Biomassa antara sampel kontrol (0ml) dengan Dosis PGPR 5, 10, 15 ml.Pada data diatas dibagi menjadi 4 golongan yaitu golongan

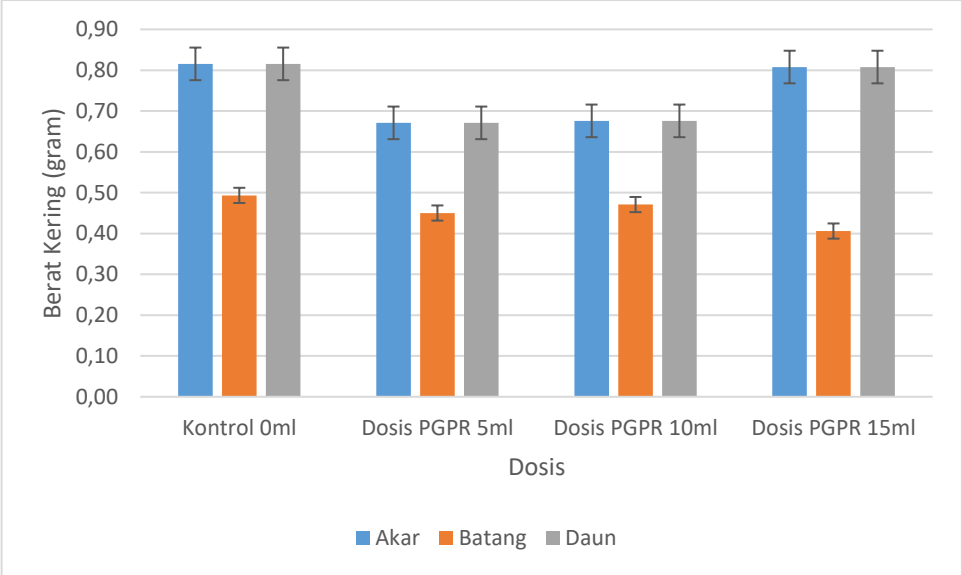
pertama dengan perlakuan dosis kontrol 0 ml, golongan kedua menggunakan dosis dari PGPR sebesar 5 ml, golongan ketiga menggunakan dosis PGPR sebesar 10 ml, dan golongan keempat menggunakan dosis sebesar 15 ml. Pada sampel diatas dapat dianalisis yaitu data yang telah didapatkan bersifat bervariasi, contohnya pada grafik berat basah akar yang mendapatkan hasil dari rata-rata berat basah akar sebesar 1,17 gram pada sampel kontrol (0 ml), kemudian pada sampel dengan dosis 5 ml mendapatkan rata-rata sebesar 0,8 gram, pada dosis 10 ml mendapatkan rata-rata sebesar 1 gram, kemudian pada sampel dengan dosis 15 ml mendapatkan rata-rata 1,05 gram. Hasil dari data rata-rata yang telah didapatkan maka dapat diambil kesimpulan bahwa data berat basah pada akar tanaman mendapatkan nilai tertinggi sebesar 1,17 gram pada rata-rata sampel dosis (0 ml), kemudian untuk nilai terendah sebesar 0,8 gram.

Pada data berat basah daun yang telah didapatkan rata-rata hasil penimbangan pada sampel kontrol 0 ml sebesar 0,18 gram, pada dosis 5 ml mendapatkan rata-rata sebesar 0,2 gram, pada dosis 10 ml mendapatkan rata-rata berat basah sebesar 0,2 gram, serta pada dosis 15 ml mendapatkan rata-rata sebesar 0,3 gram. Dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata pada penimbangan berat basah daun mendapatkan hasil tertinggi sebesar 0,3 gram pada dosis 15 ml dan mendapatkan hasil terendah sebesar 0,18 gram pada dosis 0 ml.

Pada data berat basah batang mendapatkan rata-rata hasil penimbangan pada dosis kontrol 0 ml sebesar 0,5 gram, pada dosis 5 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,4 gram, pada dosis 10 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,5 gram, kemudian pada dosis 15 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,8 gram. Pada hasil penimbangan berat basah batang mendapatkan nilai rata-rata tertinggi pada dosis 15 ml yaitu sebesar 0,8 sedangkan untuk nilai terendah didapatkan pada dosis 5 ml dengan nilai rata-rata sebesar 0,4 gram.

Perolehan data berat basah komponen yang telah ditimbang berdasarkan golongan perlakuan dosis 0 ml, 5ml, 10 ml, 15 ml. Pada berat basah akar mendapatkan hasil pada tiap dosis 0 ml sebesar 1,173 gram, dosis 5 ml sebesar 0,8 gram, dosis 10 ml sebesar 1 gram, dan dosis 15 ml sebesar 1,05 gram. Pada komponen selanjutnya yaitu pada batang mendapatkan hasil sesuai perlakuan yaitu

pada dosis 0 ml sebesar 0,5 gram, dosis 5 ml sebesar 0,4 gram, dosis 10 ml sebesar 0,5 gram, dan pada dosis 15 ml mendapatkan berat sebesar 0,8 gram. Kemudian pada komponen daun pada dosis 0 ml sebesar 0,2 gram, dosis 5 ml sebesar 0,2 gram, dosis 10 ml sebesar 0,2 gram, dan dosis 15 ml sebesar 0,3 gram. Menurut Warisman (2022) menyatakan bahwa pemberian PGPR dapat meningkatkan berat segar tanaman sebesar 12,27%.



Gambar 4. 2 Grafik Berat Kering Tanaman *Mentha arvensis*

Penimbangan berat kering komponen tanaman sebelum adanya proses penimbangan, sampel dikeringkan menggunakan oven. Kemudian dilakukan penimbangan berdasarkan golongan dosis perlakuan mulai dari 0 ml, 5 ml, 10 ml, dan 15 ml. pada data berat kering pada komponen daun pada dosis 0 ml mendapatkan data hasil rata-rata sebesar 0,081 gram, Kemudian pada dosis 5 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,139 gram. Pada dosis 10 ml mendapatkan hasil rata-rata 0,138 gram, dan pada dosis 15 ml mendapatkan hasil rata-rata 0,209 gram. Dari data penimbangan yang dilakukan dapat diambil hasil rata-rata tertinggi pada dosis 15 ml dengan nilai 0,209 gram dan untuk data terendah rata-rata jatuh kepada dosis 0 ml dengan nilai sebesar 0,081 gram.

Data berat kering pada komponen batang yang telah ditimbang mendapatkan hasil rata-rata pada dosis 0 ml sebesar 0,493 gram, kemudian pada dosis 5 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,450 gram, pada dosis 10 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,471 gram, pada dosis 15 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,406. Pada data yang telah didapatkan setelah melakukan penimbangan mendapatkan hasil rata-rata tertinggi sebesar 0,493 gram pada dosis 0 ml dan mendapatkan hasil terendah sebesar 0,406 pada dosis 15 ml. Pada data berat kering komponen akar pada dosis 0 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,81 gram. Pada dosis 5 ml mendapatkan hasil sebesar 0,67 gram. Pada dosis 10 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,67 gram. Pada dosis 15 ml mendapatkan hasil rata-rata sebesar 0,80 gram maka, dari data yang didapatkan pada hasil penimbangan komponen akar sampel tanaman mendapatkan nilai tertinggi sebesar 0,81 gram pada kontrol 0 ml dan mendapatkan hasil terendah sebesar 0,67 gram pada dosis 5 dan 10 ml. Pemberian PGPR dapat meningkatkan bobot kering sebesar 31,76 % (Warisman dan Widaryanto, 2022).

Hasil perolehan data berat basah maupun kering pada setiap perlakuan dosis yang bervariasi terhadap tiap komponen Tanaman *Mentha arvensis*. Tanaman *Mentha arvensis* sangatlah peka terhadap kekeringan, hal ini mengakibatkan produksi biomassa dipengaruhi oleh ketersediaan air pada tanah. Semakin tinggi intensitas terpaparnya pancaran matahari oleh tanaman mengakibatkan adanya penguapan kandungan air pada tanah sehingga dapat menghambat produksi biomassa (Ridwan *et al.,* 2022). Penerapan perlakuan PGPR sangatlah berpengaruh terhadap biomassa pada tanaman, hal ini diaplikasikan mampu membantu tanaman dalam menyerap unsur hara dalam tanah sesuai dikarenakan dari PGPR adalah sebagai *biofertilizer* yang membantu penyerapan unsur hara (Utami *et al*.,2018). PGPR juga dinyatakan dapat meningkatkan berat basah dan berat kering tanaman (Putrie, 2016). PGPR menghasilkan bukti nyata dalam mempengaruhi biomassa pada tanaman sesuai konsentrasi tertentu (Candra *et al.*, 2020).

4.2 Karakteristik Media Tanah Karst

Tabel 4. 1 Hasil Uji Parameter Tanah pada Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian (BPSIP) Yogyakarta

No	Parameter Uji	Satuan	Kontrol (0 ml)	PGPR Dosis 5 ml	PGPR Dosis 10 ml	PGPR Dosis 15 ml	Metode
			TH.24.399	TH.24.340	TH.24.341	TH.24.342	
1	pH (H_2O)		6,34	6,72	6,64	7,00	pH meter 1:5 lK. 5.4.c
2	pH (KCl)		5,49	5,98	5,98	5,94	pH meter 1:5 lK. 5.4.c
3	C-organik	%	0,99	1,12	0,90	1,31	Walkly & Black lK. 5.4.d
6	P_2O_5*	Ppm	8	5	7	6	Olsen lK. 5.4.h
7	Ca-dd*	cmol(+) kg^{-1}	20,04	19,59	19,45	21,84	AAS lK. 5.4.f

Tabel 4. 2 Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah menurut Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah 2005

	Sangat Masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak alkalis	Alkalis
pH H_2O	<4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

Parameter Tanah	Nilai				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C(%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5

P_2O_5* Olsen	<5	5-10	11-15	16-20	>20
Ca-dd*	<2	2-5	6-10	11-20	>20

Berdasarkan hasil analisis kimia tanah dapat dilihat bahwa rata-rata pH pada sampel pada kondisi netral berkisar 6,6 – 7,5 dan satu sampel pada kondisi agak masam yaitu 6,34. Kadar pH tanah tersebut dipengaruhi oleh morfologi pada tanah karst itu sendiri, berdasarkan penelitian Wirawan (2014) menyatakan nilai pH tanah pada landform karst lebih cenderung netral 6,8 – 7,2. Kandungan kapur pada tanah karst yang mengandung Ca berfungsi untuk meningkatkan pH pada tanah (Utami *et al.*, 2018). Peran PGPR dalam parameter pH yaitu sebagai penyeimbang pH semakin banyak dosis PGPR yang diberikan maka, kandungan pH menjadi seimbang seperti pada sampel bakteri 4 yang mendapatkan nilai untuk parameter pH sebesar 7,00. Kandungan pH tanah apabila berada di kisaran netral dapat memberikan ketersediaan unsur hara yang optimal, karena unsur hara bersifat mudah larut dalam air. pH H2O dihasilkan lebih tinggi dari pH KCl disebabkan karena kemasaman yang diukur menggunakan H2O adalah kemasaman aktif sedangkan untuk kemasaman yang diukur menggunakan KCl adalah kemasaman aktif dan kemasaman potensial (Kusuma & Yanti, 2021).

Kemudian, untuk parameter C(%) mendapatkan hasil dengan rentang 0,90-1,35. Terdapat satu sampel yang dapat dinyatakan sangat rendah yaitu dengan nilai sebesar 0,90. Salah satu faktor yang mempengaruhi kadar C Organik pada tanah adalah organisme tanah. Semakin banyak jumlah organisme maka proses penguraian akan berlangsung lebih cepat sehingga akumulasi bahan organik pada tanah juga akan relatif lebih sedikit (Akbari & Jatmiko, 2014). Menurut Siregar (2017) yang mengatakan kadar C-Organik tanah < 0,8% dikategorikan bahwa tingkat kesuburan tanah rendah. Penambahan PGPR dapat meningkatkan tingkat C organik pada tanah dikarenakan jasad renik dapat mengikat terkait unsur hara N,P,K serta yang lain sebagai hasil penguraian (Indriyanti *et al.*, 2017). Hal ini dibuktikan adanya kenaikan pada sampel Kontrol (0 ml), PGPR 5 ml, dan PGPR 15 ml yang terdapat penaikan kadar C organik dari 1%, 1,12%, dan 1,13%. Hal ini mengalami kenaikan dikarenakan adanya penambahan dosis PGPR pada PGPR 5 ml dan PGPR

15 ml. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Cahyani *et al.,* (2018) bahwa perlakuan PGPR dan media tanam mampu meningkatkan kandungan karbon organik. Kemudian pada PGPR 10 ml mendapatkan penurunan hasil yaitu 0,9 %. Faktor yang dapat mengurangi kadar C Organik pada tanah yaitu iklim kering dan temperatur rata-rata yang tinggi sehingga dapat mengakibatkan pelapukan bahan organik yang intensif (Sari & Yusmah, 2023). Kandungan C Organik sendiri memiliki hubungan yang linier dalam pembentukan Metabolit Sekunder terpenoid, alkaloid, flavonoid, tannin, saponin, dan fenol (Salim *et al.,* 2019)

Parameter P_2O_5 mendapatkan hasil sebesar 5-8 ppm, hasil yang telah diuji masuk ke dalam kriteria penilaian kandungan kimia tanah rendah sesuai pada tabel kriteria penilaian. Kandungan Fosfor dipengaruhi oleh ketersediaan pH, bahan organik tanah, dan karakteristik tanah (Hadi *et al.,* 2014). Kandungan P rendah dipengaruhi pada pH tanah yang sangat tinggi (Sarief, 1985). Pemberian PGPR dapat memberikan peningkatan pada kandungan P dikarenakan adanya bakteri *Aspergillus sp, Pseudomonas sp,* dan *Bacillus sp.* Bakteri ini dapat melarutkan kandungan P pada tanah dikarenakan bakteri dari PGPR mengeluarkan asam-asam organik seperti asam sitrat, glutanmate, suksinat, dan glioksalat (Cahyani *et al.,* 2018). Pada dosis kontrol (0 ml) mendapatkan hasil P sebesar 8 ppm, kemudian pada dosis PGPR 5 ml mendapatkan hasil sebesar 5 ppm, pada dosis 10 ml mendapatkan hasil sebesar 7 ppm, serta pada dosis 15 ml mendapatkan hasil sebesar 6 ppm. Kadar fosfat yang sulit larut dan susah untuk diterima oleh tanaman diakibatkan karena adanya kandungan alkali yang berikatan pada Ca (Asra *et al.,* 2024).

Parameter Ca yang telah yang diperoleh pada pengujian kualitas kimia tanah mendapatkan nilai dengan rentang 19,45-21,84 $cmol(+)kg^{-1}$. Berdasarkan kriteria penilaian hasil analisis tanah maka untuk parameter ini sendiri mendapatkan hasil tinggi hingga mencapai sangat tinggi. Kandungan Ca pada tanah dipengaruhi oleh kemasaman tanah (Fageria & Nascente, 2014). Kandungan Ca pada lahan karst mencapai 1-3% bahkan lebih tinggi 2-3 kali lipat dibandingkan tanah batuan lain (Luo *et al.,* 2023). Hal ini bisa dilihat pada sampel kontrol (0 ml) dengan kandungan

Ca yang mencapai 20,04 % dikarenakan kandungan tanah karst memiliki kadar Ca yang tinggi dikarenakan tanah karst tersusun dari 100% (CaCO3) serta karst juga ada yang tersusun dari campuran mineral lain seperti Dolomit (CaMGCO3), Gypsum (CaSO4.2H2O), Mangan, Aluminium atau kwarsa dll (Sulistiawaty *et al.*, 2018). Kandungan Ca dapat bertambah dikarenakan adanya proses fermentasi yang didukung oleh mikroorganisme seperti *Pseudomonas fluorescens, Bacillus subtilis* dan *Azotobacter sp* yang bermanfaat untuk menyuburkan tanah dan mempercepat proses pengomposan (Rahyuni *et al.,* 2023). Pada dosis 5 ml dan 10 ml mendapatkan data Ca sebesar 19,59 dan 19,45 sedangkan pada dosis PGPR 15 ml mendapatkan hasil Ca sebesar 21,84. PGPR memberikan pengaruh terhadap pelarutan mineral yang mengandung kalsium seperti kalsium karbonat dan kalsium fosfat (Ahemad *et al.,* 2014).

4.3 Hasil dan Analisis Metabolit Sekunder Dengan Perlakuan dan Kontrol

Hasil uji kandungan Metabolit Sekunder Flavonoid dan Saponin dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan metode Spektrofotometri UV-vis.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Metabolit Sekunder Flavonoid dan Saponin Tanaman *Mentha arvensis* di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada

Hasil Uji Lab PGPR LPPT UGM			
Metode	Sampel	Total Flavonoid (%b/b)	Total Saponin (%b/b)
Spektrofotometri UV-vis	Kontrol (0 ml)	19,32	0,53
	PGPR (5 ml)	20,57	0,60
	PGPR (10 ml)	22,29	0,69
	PGPR (15 ml)	30,85	0,79

Pada penelitian Puspitasari *et al.,* (2021) menyatakan bahwa daun mint positif memiliki kandungan metabolit sekunder Flavonoid dan Saponin. Kandungan flavonoid utama yang terdapat pada mint adalah *Luteolin-7-O-glukosida*,eriocitrin,

dan hesperidin. Kandungan flavonoid terdapat pada rimpang daun berkisar 0,96 - 2,18% serta dapat dinyatakan melalui metode spektrofotometri sebagai *luteolin-7-O-glukosida* (Fiavola,2012). Flavonoid sebagai pertahanan penting terhadap penyakit, pigmentasi, dan ketahanan UV (Tuladhar *et al.*,2021). Kemudian kandungan metabolit sekunder saponin pada tanaman *Mentha* arvensis dapat diperoleh dari bagian tanaman yang berupa daun dan batang dari tanaman tersebut (Sharma *et al*,.2018). Metabolit sekunder saponin memiliki aktivitas antijamur yang tinggi dengan cara mengikat membran sel tanaman dan mestimulasi jalur *phosphotyrosine* kinase serta G-protein (Zaynab *et al.*, 2019).

Pada data diatas terdapat data hasil pengujian Flavonoid dengan beberapa perlakuan dosis dari PGPR yaitu sampel 1(0ml), Sampel 2 (5ml), Sampel 3 (10ml), dan Sampel 4 (15ml). Terdapat hasil yaitu pada Sampel 1 total dari flavonoid sebesar 19,32, pada sampel 1 dengan perlakuan dosis 0 ml . pada Sampel 2 mendapatkan hasil 20,57 , pada Sampel 3 mendapatkan 22,29 , kemudian pada Sampel 4 mendapatkan hasil 30,85 maka, dari hasil pengujian metabolit sekunder flavonoid mendapatkan hasil tertinggi pada dosis 15 ml dengan nilai sebesar 30,85 dan mendapatkan hasil terendah dengan nilai 19,32 pada dosis kontrol 0ml. Pada sampel pertama dengan tidak adanya perlakuan dosis PGPR (0 ml) menyatakan bahwa tanaman Mint mengandung Flavonoid dengan jumlah 19,32 karena menurut Tuladhar *et al*,. (2021) tanaman *Mentha arvensis* ini sendiri memiliki kandungan pertahanan terhadap penyakit dan ketahanan sinar UV.

Inokulasi PGPR mempengaruhi peningkatan total fenol dikarenakan dengan adanya rendaman *Pseudomonas fluorescens, Bacillus subtilis* dan *Azotobacter sp* yang menyebabkan peningkatan metabolit sekunder Flavonoid (Wijayanti *et al.*, 2017). Hal ini dibuktikan bahwa adanya peningkatan kandungan Flavonoid pada sampel 2,3,dan 4 karena adanya inokulasi PGPR dengan dosis yang berbeda. Semakin tinggi dosis yang telah diberikan menyebabkan adanya akumulasi terkait bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *Azotobacter sp* yang dapat meningkatkan kualitas tanaman serta *Bacillus subtilis* yang dapat meningkatkan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) (Muthiah *et al.*, 2023).

Indikasi adanya kandungan Metabolit sekunder Saponin ditandai dengan adanya busa karena bertemunya kombinasi struktur senyawa yaitu rantai sapogenin *non-polar* dan rantai samping polar yang dapat larut dalam air. Terdapat adanya variasi biologis dan respon yang berbeda beda pada masing-masing subjek terhadap tiap perlakuan, serta Saponin dipengaruhi oleh faktor *non-fisik* dan lingkungan (Maya *et al.,* 2015). Kandungan Saponin memiliki struktur kimia dari senyawa glikosida kompleks yang tersusun atas glikon dan aglikon, (Putri *et al.*,2023). Senyawa Glikosida termasuk kedalam kandungan senyawa fenol (Soesanto *et al.*, 2010).Fungsi dari senyawa Glikosida ini memiliki potensi sebagai bahan farmasi sebagai obat (Rijai, 2016).

Pada hasil pengujian total saponin yang telah dilakukan mendapatkan hasil pada Sampel 1 (0 ml) mendapatkan hasil sebesar 0,53 kemudian pada Sampel 2 (5 ml) mendapatkan hasil sebesar 0,60 lalu, pada Sampel 3 (10 ml) mendapatkan hasil sebesar 0,69 dan pada Sampel 4 (15 ml) mendapatkan hasil sebesar 0,79. Hasil dari pengujian total metabolit sekunder saponin ini mendapatkan hasil tertinggi dengan nilai sebesar 0,79 pada dosis 15 ml dan mendapatkan hasil terendah dengan nilai sebesar 0,53 pada sampel 1 dengan dosis 0 ml. Pada sampel 1,2,3, dan 4 memiliki perbedaan data kandungan Saponin dikarenakan adanya perbedaan perlakuan dosis yang telah diberikan. Pada sampel 2,3,dan 4 terdapat peningkatan kandungan Saponin dikarenakan pada PGPR terdapat bakteri *Pseudomonas fluorescens* yang dapat meningkatkan kandungan glikosida, dengan demikian kandungan Saponin mengalami peningkatan dikarenakan adanya akumulasi terkait bakteri *Pseudomonas fluorescens* (Soesanto *et al.*, 2010).

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpula berupa:

- Pengaruh Dosis *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dalam Biomassa pada Tanaman *Mentha arvensis* memberikan pengaruh terhadap berat biomassa berat basah maupun berat kering. Pada dosis 15 ml Berat basah dan pada dosis 10 ml mendapatkan pengaruh yang cukup antar selisih pada tiap komponen tanaman.
- Pengaruh PGPR pada kandungan pH yaitu dapat menetralkan pH hingga mencapai nilai 7,00. Pada kandungan C-Organik, PGPR dapat memberikan pengaruh yang dapat meningkatkan terkait kandungan C-Organik. Pada Kandungan P dan Ca yang saling berkaitan dinyatakan bahwa PGPR dapat memberikan pengaruh sehingga dapat meningkatkan Kandungan Ca yang tinggi sehingga pada kandungan P rendah.
- Pengaruh PGPR terhadap Flavonoid dan Saponin memberikan pengaruh yang berbeda pada tiap dosisnya. Semakin tinggi terkait dosis PGPR maka terdapat akumulasi terkait bakteri yang dapat meningkatkan metabolit sekunder Flavonoid dan Saponin.

5.2 Saran

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan perlakuan dosis yang berbeda dengan selisih antar dosis yang berbeda sehingga dapat diketahui perlakuan antar dosis yang terbaik dengan penerapan dosis yang lebih banyak, serta dapat dilakukan di media tanah dan tanaman yang lainnya supaya bisa mendapatkan informasi lebih terkait ruang lingkup dari peran *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah R. 2012. Analisis Kadar Saponin Ekstrak Metanol Kulit Batang Kemiri (*Aleurites Moluccana L. Willd*) Gravimetri. Dengan Skripsi. Metode Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar: Makassar

Agoesdy, R., Hanum, H., Rauf, A., & Harahap, F. S. (2019). Status hara fosfor dan kalium di lahan sawah di Kecamatan Tanjung Morawa Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, *6*(2), 1387-1390.

Ahemad, M., & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King saud University-science*, *26*(1), 1-20.

Asra, R.H., Advinda, L., Anhar, A., Irdawati. (2024). Peran *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dalam Pertanian Berkelanjutan, *Serambi Biologi*, 9(1) 1-7.

Astati, & Kasmawati. (2017). Pengaruh Tepung Okra Terhadap Berat Badan Tikus Wistar Diabetes. *Jurnal Sains Dan Teknologi Teknologi Pangan (JSTP)*, 2(1): 335-341.

Bintoro,A, Ibrahim, A. M,& Situmeang, B., 2017. Analisis Dan Identifikasi Senyawa Saponin Dari Daun Bidara (Zhizipus Mauritania L.). *Jurnal ITEKIMA.* 2(1):84-94. Jurusan Kimia Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Banten.

Cahyani, V. R. (2009). Pengaruh beberapa metode sterilisasi tanah terhadap status hara, populasi mikrobiota, potensi infeksi mikorisa dan pertumbuhan tanaman. *Jurnal Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, *6*(1), 43-52.

Cahyani, C. N. (2018). Potensi Pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan Berbagai Media Tanam terhadap Populasi

Mikroba Tanah serta Pertumbuhan dan Produksi Kentang, *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan,* 5(2) 887-899.

Calvo,P., Nelson, L.M., Kloepper,J.W. (2014). Agricultural Uses of Plant Biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3-41.

Candra, A. (2020). Pengaruh Konsentrasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) Di POLYBAG''. *Jurnal Sains Agro*, *5*(1).

Chatri, M. 2016. "Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Padang: Kencana.

Choliq, F. A., Martosudiro, M., & Jalaweni, S. C. (2020). Aplikasi plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) terhadap infeksi *Chrysanthemum mild mottle virus* (CMMV), pertumbuhan, dan produksi tanaman krisan (*Chrysanthemum sp*.). *AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, *3*(2), 31-49.

Elgailani, I. E. H., Christina Y. I. 2016. "Methods for Extraction and Characterization Of Tannins From Some Acacia Species of Sudan. Pak. J. *Anal. Environ. Chem*, 17(1): 43-49.

Endarto, R., Gunawan, T., & Haryono, E. (2015). Kajian kerusakan lingkungan karst sebagai dasar pelestarian sumberdaya air (kasus di DAS Bribin Hulu Kabupaten Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Majalah Geografi Indonesia*, 29(1), 51-59.

Ergina, Nuryanti, S., & Purpitasari, P. 1. 2014. Uji Kualitatif Senyawa Metabolit Sekunder pada Daun Palado (*Agave angustifolia*) yang Diekstraksi dengan Pelarut Air dan Etanol. *Jurnal Akademika Kimia*, 3(3), 165-172.

Eviati., Suparto., Sulaeman. (2005). Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk Edisi 3. Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, Badan Standarisasi Instrumen Pertanian, Kementerian Pertanian: Bogor, Jawa Barat.

Fageria & Nascente, (2014), Management of Soil Acidity of South American Soils for Sustainable Crop Production, *National Rice and Bean Research Center of EMBRAPA, Santo Antonio Brazil.*

Fajarullah, A., Irawan, H., & Pratomo, A. (2014). Ekstraksi Senyawa Metabolit Sekunder Lamun Thalassodendron Ciliatum Pada Pelarut Berbeda. *Repository Umrah*, 1(1), 1-15.

Fialová, S., Tekeľová, D., & Grančai, D. (2012). The content of phenolic compounds in underground and aerial parts of different species. *European Pharmaceutical Journal*, 59(1), 30-38.

Glick, B.R. Planth Growth Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications; Hindawi Publishing Corporation, *Scientifica: Waterloo*, Canada, 2012

Gunn, J. (2004). Encyclopedia of Caves and Karst Science. Fitzroy Dearborn Publishers.

Hadi, M. A., Razali, R., & Fauzi, F. (2014). Pemetaan status unsur hara fosfor dan kalium di perkebunan nanas (Ananas comosus L. Merr) rakyat Desa Panribuan Kecamatan Dolok Silau Kabupaten Simalungun. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 2(2), 97967.

Hakim, N., M.Y. Nyakpa, A. N. Lubis, S. G. Nugroho, M. A. Diha, G. B. Hong, H. Bailey. 1987. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung . 488 hal.

Handayani, T. W., Yusuf, Y., & Tandi, J. (2020). Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Metabolit Sekunder Ekstrak Biji Kelor (Moringa oleifera Lam.) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. KOVALEN: *Jurnal Riset Kimia*, 6(3), 230-238.

Hersila, N., MP, M. C., Si, V. M., & Si, I. M. (2023). Senyawa Metabolit Sekunder (Tanin) pada Tanaman sebagai Antifungi. *Jurnal Embrio*, *15*(1), 16-22.

Indriyanti, I., Dewi, E. N., & Susanto, E. (2017). PENGARUH PENAMBAHAN PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) dan BUAH NANAS (Ananas comosus) TERHADAP SPESIFIKASI PUPUK ORGANIK CAIR RUMPUT LAUT Euchema cottonii (Effect of Adding PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) and Pineapple (Ananas comosus) for Specifications of Organic Liquid Fertilizer Euchema cottonii). Saintek Perikanan: *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 12(2), 139-145.

Kie, K., Sutardi, S., Sari, E. M., Maulina, N. N. (2021). Pengaruh Pemberian PGPR terhadap Pertumbuhan Sawi Hijau (*Brassica juncea L.*), Agrimuda Agribisnis, Media Usaha dan Alam Papua, 1(1), 15-29.

Kafrawi, K. (2015). Skrining isolat Plant Growth Promoting Rhizobacteri (PGPR) dari pertanaman bawang merah (Allium ascalonicum) di Gorontalo. In Prosiding Seminar Nasional Biologi (Vol. 1, No. 1).

Kusuma & Yanti. (2021),Pengaruh Kadar Air dalam Tanah terhadap Kadar C-Organik dan Keasaman (pH) Tanah, *Indonesian Journal of Chemical Research (IJCR).* 6(2) 92-97.

Khafid, A., Wiraputra, M. D., Putra, A. C., Khoirunnisa, N., Putri, A. A. K., Suedy, S. W. A., & Nurchayati, Y. (2023). UJi Kualitatif Metabolit Sekunder pada Beberapa Tanaman yang Berkhasiat sebagai Obat Tradisional. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 8(1), 61-70.

Luo, Y., Shi, C., Yang, S., Liu, Y., Zhao, S., & Zhang, C. (2023). Characteristics of soil calcium content distribution in karst dry-hot valley and its influencing factors. Water, 15(6), 1119.

Maisarah, M., & Chatri, M. (2023). Karakteristik dan Fungsi Senyawa Alkaloid sebagai Antifungi pada Tumbuhan. Jurnal Serambi Biologi, 8(2), 231-236.

Maya, S. W. (2015). Phytochemical screening and antipyretic effect of stem juice from kepok banana (Musa paradisiaca L) on white male rats stain wistar (Rattus norvegicus) induced with DTP-Hb. Pharmacon, 4(1).

Meng, W., Dai, Q., Ren, Q., Tu, N., & Leng, T. (2021). Ecological stoichiometric characteristics of soil-moss C, N, and P in restoration stages of karst rocky desertification. *PloS one*, 16(6), e0252838.

Muthiah, A., Advinda, L., Anhar, A., Putri, I. L. E., & Farma, S. A. (2023). Pseudomonas fluorescens as Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). *Jurnal Serambi Biologi*, 8(1), 67-73.

Nafiah, V. I., & Suryanto, A. (2019). Kajian PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Pada Berbagai Tingkat Aplikasi Nitrogen Terhadap Padi Gogo (Oryza Sativa L.) Varietas Situ Bagendit. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(7), 1588– 1596.

Ningsih, I. S., & Advinda, L. (2023). Senyawa Aktif Flavonoid yang Terdapat Pada Tumbuhan. *Jurnal Serambi Biologi*, *8*(2), 257-263.

Nola, F., Putri, G. K., Malik, L. H., & Andriani, N. (2021). Isolasi senyawa metabolit sekunder steroid dan terpenoid dari 5 tanaman. *Syntax Idea*, 3(7), 1612-1619.

Palmer, A.N. (2011). Cave Geology. Cave Books.

Parman, (2007).Kandungan Protein dan Abu Tanaman Alfalfa (*Medicago sativa L*.) setelah Pemupukan Biorisa. *BIOMA.* Universitas Diponegoro. 9(2).

Pitaloka, D. 2018. Lahan Kering dan Pola Tanam untuk Mempertahankan Kelestarian Alam. *Jurnal Teknologi Terapan,* 2(1), 119-126.

Pranata, M. F. Y., Antriyandarti, E., & Barokah, U. (2023, May). Analisis Pola Tanam Beras Merah Di Pegunungan Karst Kabupaten Gunungkidul. In Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS (Vol. 7, No. 1, pp. 390-400).

Putri, P. A., Chatri, M., & Advinda, L. (2023). Karakteristik saponin senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan. Jurnal Serambi Biologi, 8(2), 252-256.

Putrie, R.T.W 2016, *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Penghasil Ekspolisakaraida sebagai Inokulan Area Pertanian Lahan Kering, *Biotrends,* 7(1) 35-41.

Puspitasari, L., Mareta, S., Thalib, A., (2021). Karakteristik Senyawa Kimia Daun Mint (*Mentha sp.*) dengan Metode FTIR dan Kemometrik. Jurnal Ilmu Kefarmasian, 14(1) 5-11.

Rahma, S., Rasyid, B., & Jayadi, M. (2019). Peningkatan unsur hara kalium dalam tanah melalui aplikasi POC batang pisang dan sabut kelapa. *Jurnal Ecosolum*, 8(2), 74-85.

Rahmadhany, W. D. (2023). Skrining Fitokimia pada Ekstrak Etanol 96% Daun Mint (*Mentha arvensis). Doctoral dissertation*, Akademisis Farmasi Surabaya.

Rahyuni, D. R., Lusiana, L., Yuniyarti, S., & Zulkoni, A. (2023). Pengaruh Mikroorganisme Lokal (Mol) Terhadap Kualitas Kompos Daun Jati (*Tectona Grandis*) Kering. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(1).

Ridwan, D. F., & Suryanto, A. (2022). Pengaruh Perbedaan Intensitas Radiasi Matahari pada Sistem Vertikultur Wall Planter Bag terhadap Produktivitas Tanaman Mint (Mentha spicata L.) dari Berbagai Bahan Stek. *Jurnal Produksi Tanaman*, 10(3), 140-148.

Rijai, (2016).Senyawa Glikosida sebagai Bahan Farmasi Potensial secara Kinetik. *Research Gate*, 3(3) 213-218.

Rodríguez H, Fraga R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnol Adv. (4-5), 319-39.

Saefudin A (2012), buku senyawa alam metabolit sekunder: teori, konsep dan teknik pemurnian.

Salim, M., Yahya, Y., Sitorus, H., Ni'mah, T., & Marini, M. (2019). Hubungan kandungan hara tanah dengan produksi senyawa metabolit sekunder pada tanaman duku (Lansium domesticum Corr var Duku) dan potensinya sebagai larvasida.

Sari & Yusmah. (2023),Penentuan C-Organik pada Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman dan Keberlanjutan Umur Tanaman dengan Metoda Spektrofotometri Uv- Vis.Politeknik ATI Padang, 12(1) 11-19

Sarief. E.S. (1985). Kesuburan dan Pemupukan. Bandung, CV, Pustaka Buana , Bandung.

Sastrohamidjojo, H. (2004). Minyak Atsiri. Kimia Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.

Setiana, A., 2011, Pembentukan Senyawa Alkaloid Dan Terpenoid. Universitas Muhammadiyah. Sukabumi.

Simbala, Herny E.I.2009. Analisis Senyawa Alkaloid beberapa Jenis Tumbuhan Obat sebagai Bahan Aktif Fitofarmaka.http://moko31.files.wordpress.com/2011/05/gandarusa-22.pdf.

Siregar, B. (2017). Analisa Kadar C-Organik Dan Perbandingan C/N Tanah Di Lahan Tambak Kelurahan Sicanang Kecamatan Medan Belawan. *Jurnal Warta*, *53*, 1–14.

Soesanto, L., Mugiastuti, E., & Rahayuniati, R. F. (2010). Kajian mekanisme antagonis Pseudomonas fluorescens P60 terhadap *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* pada tanaman tomat in vivo. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 10(2), 108-115.

Supriyadi, (2009), Status Unsur -Unsur basa (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, dan Na^{+}) di Lahan Kering Madura, *AGROVIGOR*, Universitas Trunojoyo, 2(1) 35-41.

Tuladhar, P., Sasidharan, S., & Saudagar, P. (2021). Role of phenols and polyphenols in plant defense response to biotic and abiotic stresses. In Biocontrol agents and secondary metabolites (pp. 419-441). Woodhead Publishing.

Utami, A. P., Agustiyani, D., & Handayanto, E. (2018). Pengaruh PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), Kapur, dan Kompos Pada Tanaman Kedelai Di Ultisol Cibinong, Bogor. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5(1), 629-635.

Warisman & Widaryanto. (2022), Pengaruh Aplikasi PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria)* dan Pupuk Nitrogen pada Pertumbuhan Tanaman Sukini (*Cucurbita pepo L.). Jurnal Produksi Tanaman,* 10(7) 370-378.

Wati, 2022. Pengaruh Berbagai Macam Pupuk Organik Dan *Herbafram* Terhadap Pertumbuhan Setek Sirih Merah *(Piper Crocatum Ruiz Dan Pav)* (*Doctoral dissertation*, Universitas Islam Riau).

Wijayanti, K. S., Rahardjo, B. T., & Himawan, T. (2017). Pengaruh Rizobakteri Dalam Meningkatkan Kandungan Asam Salisilat Dan Total Fenol Tanaman Terhadap Penekanan Nematoda Puru Akar. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 9(2), 53-62.

Wunangkolu, R., Rismaneswati, R., & Lopulisa, C. (2019). Karakteristik Dan Produktivitas Lahan Sawah Irigasi Di Kecamatan Duampanua Kabupaten Pinrang. *Jurnal Ecosolum*, 8(1), 34-49.

Zaynab, M., Fatima, M., Sharif, Y., Zafar, M. H., Ali, H., & Khan, K. A. (2019). Role of primary metabolites in plant defense against pathogens. Microbial pathogenesis, 137, 103728.

Zhang, L., Xiong, K., & Wan, P. (2023). Effects of Heavy Metals on Nitrogen in Soils of Different Ecosystems in the Karst Desertification of South China. Forests, 14(7), 1497.

Yousefian, S., Esmaeili, F., Lohrasebi, T., (2023). *A Comprehensive Review of the Key Characteristics of the Genus Mentha, Natural Compounds and Biotechnological Approach for the Production of Secondary Metabolites*, J. Biotechnol. Iran. 21(4).

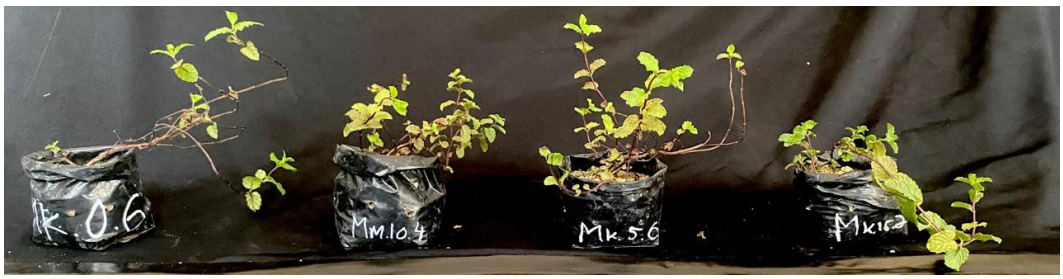
Wijaugi, A. S. L., (2022). Potensi Penggunaan Bahan Pembawa (*Carrier*) Mikroorganisme dengan NaCl untuk Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut, Universitas Islam Indonesia DI Yogyakarta.

Zaynab, M., Fatima, M., Sharif, Y., Zafar, M. H., Ali, H., & Khan, K. A. (2019). Role of primary metabolites in plant defense against pathogens. Microbial pathogenesis, 137, 103728.

Zhang, L., Xiong, K., & Wan, P. (2023). Effects of Heavy Metals on Nitrogen in Soils of Different Ecosystems in the Karst Desertification of South China. Forests, 14(7), 1497.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh Sampel Uji



Lampiran 2 Pengambilan Sampel Tanah Karst



Lampiran 3 Autoclave untuk Sterilisasi Sampel Tanah



Lampiran 4 Hasil Uji Tanah di Balai Penerapan Instrumen Pertanian Yogyakarta (BPTPYK)

Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, Air
BADAN STANDARDISASI INSTRUMEN PERTANIAN
Laboratorium Penguji BALAI PENERAPAN STANDAR INSTRUMEN PERTANIAN YOGYAKARTA
Jl. Stadion Maguwoharjo No.22, Wedomartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta
Telp. (0274) 884662, 4477053 Fax. (0274) 4477052; e-mail: bsip.yogyakarta@pertanian.go.id
STANDARD . SERVICES . GLOBALIZATION

HASIL ANALISIS CONTOH TANAH DF.7.8.2. b

Nomor SPK : CE.1/03.24/76
Nama Pemohon : Dewi Wulandari
Alamat Pemohon : Jl. Kaliurang Km 14, Sleman
Asal Sampel : Imogiri
Uraian Kondisi Sampel Uji : Utuh
Jumlah Sampel Uji : 7 (tujuh)
Tanggal Penerimaan : 14 Maret 2024
Tanggal Pengujian : 2 - 31 Mei 2024

No.	Parameter Uji	Satuan	Bakteri 1 TH. 24. 339	Bakteri 2 TH. 24. 340	Bakteri 3 TH. 24. 341	Metode
1	pH (H_2O)*		6,34	6,72	6,64	pH meter 1:5 IK. 5.4.c
2	pH (KCl)*		5,49	5,98	5,98	pH meter 1:5 IK. 5.4.c
3	C-organik*	%	0,99	1,12	0,90	Walkly & Black IK. 5.4.d
4	N-total*	%	0,07	0,05	0,07	Kjeldahl IK. 5.4.e
5	C/N ratio		13,22	21,30	13,76	Kalkulasi
6	P_2O_5*	ppm	8	5	7	Olsen IK.5.4.h
7	Ca-dd*	cmol(+)kg^{-1}	20,04	19,59	19,45	AAS IK. 5.4.f
8	Mg-dd*	cmol(+)kg^{-1}	2,97	2,94	2,97	AAS IK. 5.4.f
9	K-dd*	cmol(+)kg^{-1}	0,48	0,73	0,72	AAS IK. 5.4.f
10	Na-dd*	cmol(+)kg^{-1}	4,22	3,83	4,26	AAS IK. 5.4.f
11	KTK*	cmol(+)kg^{-1}	54,51	50,71	26,99	Spektrofotometri
12	Kejenuhan basa*	%	50,83	53,43	> 100	Kalkulasi

No.	Parameter Uji	Satuan	Bakteri 4 TH. 24. 342	Mycoriza 1 TH. 24. 343	Mycoriza 2 TH. 24. 344	Metode
1	pH (H_2O)*		7,00	7,16	7,35	pH meter 1:5 IK. 5.4.c
2	pH (KCl)*		5,94	5,94	5,89	pH meter 1:5 IK. 5.4.c
3	C-organik*	%	1,31	1,08	1,01	Walkly & Black IK. 5.4.d
4	N-total*	%	0,08	0,07	0,07	Kjeldahl IK. 5.4.e
5	C/N ratio		16,45	14,64	14,14	Kalkulasi
6	P_2O_5*	ppm	6	3	12	Olsen IK.5.4.h
7	Ca-dd*	cmol(+)kg^{-1}	21,84	21,29	19,25	AAS IK. 5.4.f
8	Mg-dd*	cmol(+)kg^{-1}	2,97	2,96	2,91	AAS IK. 5.4.f
9	K-dd*	cmol(+)kg^{-1}	0,50	0,52	0,74	AAS IK. 5.4.f
10	Na-dd*	cmol(+)kg^{-1}	3,65	4,00	4,07	AAS IK. 5.4.f
11	KTK*	cmol(+)kg^{-1}	48,39	19,44	48,07	Spektrofotometri
12	Kejenuhan basa*	%	59,85	> 100	56,13	Kalkulasi

Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang dimaksud

" Tidak dibenarkan menggandakan sebagian / seluruh isi hasil analisis ini, tanpa izin Laboratorium BPSIP Yogyakarta dan pemilik hasil analisis"

Yogyakarta, 5 Juni 2024
Deputy Manajer Teknis,

Widada, A.Md
NIP. 196907121999031001

Keterangan : * Parameter terakreditasi

Hal. 1/2

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 5 Rata-Rata Data Berat Basah Daun, Batang, dan Akar

Rata-Rata Berat Basah Daun			
Kontrol (0 ml)	PGPR Dosis 5 ml	PGPR Dosis 10 ml	PGPR Dosis 15 ml
0,180	0,19725	0,184125	0,319375

Rata-Rata Berat Basah Batang			
Kontrol (0 ml)	PGPR Dosis 5 ml	PGPR Dosis 10 ml	PGPR Dosis 15 ml
0,5215	0,413	0,489	0,79925

Rata-Rata Berat Basah Akar			
Kontrol (0 ml)	PGPR Dosis 5 ml	PGPR Dosis 10 ml	PGPR Dosis 15 ml
1,173625	0,791875	0,98425	1,050375

Lampiran 6 Data Berat Kering tiap Komponen Tanaman Mentha arvensis

Rata-Rata Berat Kering Daun			
Kontrol 0 ml	PGPR Dosis 5 ml	PGPR Dosis 10 ml	PGPR Dosis 15 ml
0,081	0,139	0,138	0,209

Rata-Rata Berat Kering Batang			
Kontrol 0 ml	PGPR Dosis 5 ml	PGPR Dosis 10 ml	PGPR Dosis 15 ml
0,493	0,450	0,471	0,406

Rata-Rata Berat Kering Akar			
Kontrol 0 ml	PGPR Dosis 5 ml	PGPR Dosis 10 ml	PGPR Dosis 15 ml
0,8155	0,671	0,675875	0,80775

Lampiran 7 Data Berat Basah Daun, Batang, dan Akar

Berat Basah Daun			
0ml	5ml	10ml	15ml
0,510	0,339	0,156	0,317
0,109	0,167	0,067	0,872
0,160	0,020	0,402	0,322
0,064	0,313	0,315	0,102
0,048	0,137	0,066	0,309
0,088	0,122	0,309	0,239
0,428	0,142	0,097	0,316
0,034	0,338	0,061	0,078

Berat Basah Batang			
0ml	5ml	10ml	15ml
0,496	0,490	0,278	1,311
0,788	0,48	0,161	1,562
0,559	0,497	0,579	0,420
0,597	0,242	0,497	0,147
0,434	0,329	0,217	1,247
0,382	0,122	0,793	0,577
0,281	0,506	0,950	0,494
0,635	0,636	0,437	0,636

Berat Basah Akar			
0ml	5ml	10ml	15ml
1,218	1,293	1,106	0,641
0,845	0,788	0,896	0,782
1,285	0,682	1,109	1,079
1,089	1,428	1,096	1,627
1,342	1,184	1,063	1,526
0,976	0,32	0,847	0,827
0,937	0,32	0,761	0,917
1,697	0,32	0,996	1,004

Lampiran 8 Data Berat Kering Daun, Batang, dan Akar

Berat Kering Daun			
0ml	5ml	10ml	15ml
0,067	0,065	0,062	0,227
0,171	0,081	0,040	0,371
0,090	0,264	0,322	0,244
0,015	0,257	0,253	0,033
0,114	0,091	0,129	0,230
0,046	0,054	0,245	0,239
0,059	0,239	0,040	0,285
0,086	0,060	0,016	0,039

Berat Kering Batang			
0ml	5ml	10ml	15ml
0,465	0,118	0,269	1,085
0,694	0,494	0,158	0,244
0,547	0,610	0,569	0,386
0,566	0,459	0,473	0,133
0,384	0,462	0,208	0,994
0,372	0,489	0,762	0,170
0,276	0,230	0,886	0,220
0,643	0,739	0,442	0,016

Berat Kering Akar			
0ml	5ml	10ml	15ml
0,898	0,676	0,789	0,759
0,525	0,507	0,776	1,307
0,965	0,597	0,743	1,206
0,769	0,468	0,321	0,656
1,022	0,362	0,462	0,617
1,377	1,108	0,684	0,584
0,527	0,864	0,887	0,239
0,441	0,786	0,745	1,094

Lampiran 9 Gambar Hasil Panen Tanaman Mentha arvensis







RIWAYAT HIDUP



AL HADID JOVAN YUDHISTIRA, lahir pada tanggal 21 Mei 2002 di Kota Jayapura, Papua. Anak kedua dari tiga bersaudara, dengan pasangan dari Andy Antariksa dan Rouswita. Peneliti menyelesaikan pendidikan SD di SD Islam Al Azhar 31 Yogyakarta pada tahun 2014. Kemudian peneliti melanjutkan pendidikan SMP Islam Al Azhar 26 Yogyakarta dan tamat pada tahun 2017. Tahun 2017 melanjutkan pendidikan di SMA Islam Al Azhar 9 Yogyakarta dan tamat pada tahun 2020. Pada tahun itu juga, peneliti melanjutkan pendidikan hingga saat sekarang. Selama menjadi mahasiswa menjadi mahasiswa di Universitas Islam Indonesia peneliti pernah menjabat menjadi Wakil Kepala Departemen Hubungan Luar pada Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Selain itu, peneliti memiliki pengalaman menjalankan Kerja Praktik di PT Adaro Indonesia Kalimantan Selatan.