

TA/TL/2023/1596

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI *CARRIER* MIKROORGANISME PADA
PERTUMBUHAN *EUCALYPTUS SP.* DI TANAH BEKAS
TAMBANG ASPAL: STUDI SKALA RUMAH KACA**

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



LM SILAHUDDIN AL AYUBI

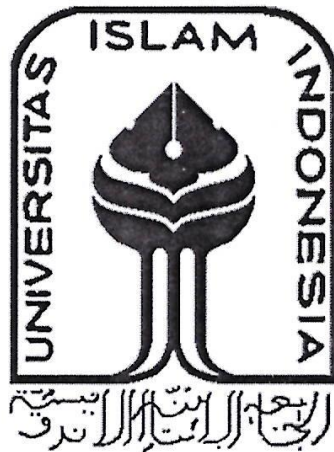
17513077

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI *CARRIER* MIKROORGANISME PADA PERTUMBUHAN *EUCALYPTUS SP.* DI TANAH BEKAS TAMBANG ASPAL: STUDI SKALA RUMAH KACA

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



Disusun Oleh :
LM Silahuddin Al Ayubi
17513077

Disetujui,
Dosen Pembimbing :

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D
Tanggal : 2-3 - 2023

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.
Tanggal : 2/3 2023

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Anv Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
Tanggal : 2-3 - 2023

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI *CARRIER* MIKROORGANISME PADA
PERTUMBUHAN *EUCALYPTUS SP.* DI TANAH BEKAS TAMBANG
ASPAL: STUDI SKALA RUMAH KACA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis

Tanggal : 2-3-2023

LM SILAHUDDIN AL AYUBI

17513077

Tim Penguji:

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

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.

()

()

()

LEMBAR 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.
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 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



10000
METERAN
TEMPEL
E796CAKX331578018

LM Silahuddin Al Ayubi

NIM: 17513077

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini yang berjudul “PENGARUH VARIASI CARRIER MIKROORGANISME PADA PERTUMBUHAN EUCALYPTUS SP. DI TANAH BEKAS TAMBANG ASPAL: STUDI SKALA RUMAH KACA” yang dilaksanakan sejak Juli 2022 Tugas ini disusun untuk memenuhi syarat penyelesaian program sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini tentu tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari beberapa pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah subhananu wa ta'ala berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak La Ode Hayari dan Ibu Seri Suhartin selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan kesehatan, kelancaran dan selalu memberikan dukungan moril maupun materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang selalu sabar dan meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan arahan mulai dari penelitian hingga penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan arahan dan masukan dari awal penelitian hingga penyusunan laporan tugas akhir.
5. Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan pada penelitian sampai dengan penyusunan laporan akhir.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar laporan ini dapat lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dijadikan untuk referensi penelitian berikutnya.

Yogyakarta, 13 Desember 2022



DE8E4AKX331578017
LM Shafiqul Huda Al Fyubi

ABSTRAK

LM SILAHUDDIN AL AYUBI. PENGARUH VARIASI CARRIER MIKROORGANISME PADA PERTUMBUHAN EUCALYPTUS SP. DI TANAH BEKAS TAMBANG ASPAL: STUDI SKALA RUMAH KACA. Dibimbing oleh Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D dan Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

Aspal terdiri beberapa jenis, ada aspal minyak, aspal emulsi dan aspal alam. Kegiatan penambangan yang dilakukan untuk mengambil aspal alam ini, dilakukan dengan sistem open pit mining, dimana sistem tersebut akan menyebabkan beberapa dampak pada lingkungan, kondisi fisik, kimia dan biologi berupa penurunan produktivitas tanah, erosi dan sedimentasi, gangguan terhadap flora dan fauna, serta perubahan iklim mikro. Salah satu bentuk reklamasi dengan melakukan alih fungsi lahan bekas tambang menjadi lahan pertanian tanaman pangan dengan melakukan tiga tahapan reklamasi: Pemulihan fungsi lahan, peningkatan fungsi lahan, dan pemeliharaan fungsi lahan. Tujuan dari penelitian ini adalah potensi *carrier* mikroorganisme dalam meningkatkan pertumbuhan *eucalyptus* sp. di tambang aspal. Proses penelitian dimulai dari penanaman tanaman selama 12 minggu dan pemantauan pertumbuhan selama 2 minggu sekali. Pengolahan data menggunakan *Analysis of Variance (One Way)* terhadap parameter pertumbuhan (tinggi, diameter, dan biomassa) dan *Standard Error (SE)* untuk uji konsentrasi logam. Hasil uji Anova terhadap parameter menunjukkan bahwa carrier mempengaruhi Sebagian besar pertumbuhan. Hasil uji pH H₂O ada di rentang 7-7,43 dengan hasil pH tertinggi ada di kontrol mikroorganisme dengan pH 7,43 dan pH terendah ada di *carrier Nutrient Broth* dengan pH 7. Hasil uji pH KCl ada di rentang 7,3-7,96 dengan hasil pH tertinggi ada di *carrier* molase dengan pH 7,96 dan pH terendah ada di kontrol mikroorganisme. Hasil Uji selanjutnya menunjukkan adanya perbedaan efek pengaplikasian carrier terhadap uji P-Total, kadar Mangan (Mn), dan Kadar Cadmium (Cd) pada tanah dan jaringan tanaman yang diuji.

Kata Kunci : Aspal alam, *eucalyptus* sp., Carrier, pH, Mangan, Cadmium

ABSTRACT

LM SILAHUDDIN AL AYUBI. MICROORGANISM CARRIER VARIATION EFFECTS ON EUCALYPTUS SP GROWTH IN POST ROCK ASPHALT MINING SITE: GREENHOUSE SCALE STUDY. Guided by Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D and Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

Asphalt consists of several types, there are oil asphalt, emulsified asphalt and natural asphalt. Mining activities carried out to extract this natural asphalt are carried out with an open pit mining system, which will cause several impacts on the environment, physical, chemical and biological conditions in the form of decreased soil productivity, erosion and sedimentation, disturbances to flora and fauna, and changes in microclimate. One form of reclamation is by converting former mining land into food crop agricultural land by carrying out three stages of reclamation: Restoration of land function, improvement of land function, and maintenance of land function. The purpose of this study is the potential of microorganism carriers in increasing the growth of eucalyptus sp. in asphalt mines. The research process starts from planting plants for 12 weeks and monitoring growth for 2 weeks. Data processing used Analysis of Variance (One Way) on growth parameters (height, diameter, and biomass) and Standard Error (SE) for metal concentration test. The results of the ANOVA test on the parameters showed that the carrier affected most of the growth. The results of the H₂O pH test are in the range of 7-7.43 with the highest pH results in the microorganism control with pH 7.43 and the lowest pH is in the Nutrient Broth carrier with pH 7. The results of the KCl pH test are in the range of 7.3-7.96 with the highest pH results in the molasses carrier with pH 7.96 and the lowest pH is in the microorganism control. Further test results showed differences in the effect of carrier application on the P-Total test, Manganese (Mn) levels, and Cadmium (Cd) levels in the soil and plant tissues tested.

Keywords: Natural asphalt, eucalyptus sp., Carrier, pH, Manganese, Cadmium

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
NOTASI DAN SINGKATAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tambang Aspal di Indonesia	5
2.2 Lahan Bekas Tambang Aspal	6
2.3 Bioremediasi.....	7
2.4 <i>Carrier</i> Mikroba	9
2.5 Penelitian Terdahulu.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1. Waktu Dan Lokasi Penelitian	13
3.2. Tahapan Penelitian	13
3.3. Sampling Tanah.....	15
3.4. Persiapan Inokulum Mikroba	15
3.5. Persiapan Media <i>Carrier</i>	15

3.6. Persiapan Tanaman.....	16
3.7. Inokulasi Mikroba.....	16
3.8. Pengamatan dan Pemanenan	16
3.9. Analisis pH, Nutrien Dan Logam	18
3.10. Analisis Data.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil dan Analisis Pertumbuhan Tanaman <i>Eucalyptus sp.</i>	19
4.1.1 Tinggi Tanaman.....	19
4.1.2 Diameter Tanaman	27
4.1.3 Biomassa Tanaman.....	36
4.2 Hasil dan Analisis Pengujian pH Sampel Tanah	62
4.3 Hasil dan Analisis Nutrisi dan Logam.....	63
4.3.1 Uji Kadar Fosfat Total (P-total).....	64
4.3.2 Uji Kadar Cadmium.....	65
4.4.3 Uji Kadar Mangan	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	11
Tabel 3.1 Tabel Perlakuan Carrier dan Mikroba	17
Tabel 4.1 Urutan Pertumbuhan Tinggi	27
Tabel 4.2 Urutan Pertumbuhan Diameter.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Flowchart Tahapan Penelitian	14
Gambar 4.1 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 15.....	20
Gambar 4.2 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 16 (n=3).....	21
Gambar 4.3 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri R3 (n=3)	22
Gambar 4.4 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 15+R3 (n=3).....	23
Gambar 4.5 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 16+R3 (n=3).....	24
Gambar 4.6 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan 3 Konsorsium Bakteri (n=3).....	26
Gambar 4.7 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 15 (n=3)	28
Gambar 4.8 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 16 (n=3)	29
Gambar 4.9 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri R3 (n=3).....	30
Gambar 4.10 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 15+R3 (n=3)	32
Gambar 4.11 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 16+R3 (n=3)	33
Gambar 4.12 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter eucalyptus sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan 3 Konsorsium Bakteri (n=3).....	34
Gambar 4.13 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 15.....	37
Gambar 4.14 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 16.....	39
Gambar 4.15 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri R3.....	41

Gambar 4.16 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 15+R3.....	43
Gambar 4.17 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 16+R3.....	45
Gambar 4.18 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Konsorsium Bakteri 15+16+R3.....	47
Gambar 4.19 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 15.....	50
Gambar 4.20 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 16.....	52
Gambar 4.21 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri R3.....	54
Gambar 4.22 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 15+R3.....	56
Gambar 4.23 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 16+R3.....	58
Gambar 4.24 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Konsorsium Bakteri 15+16+R3.....	60
Gambar 4.25 Grafik pH H ₂ O dan pH KCl.....	63
Gambar 4.26 Konsentrasi P-Total pada Sampel Tanah, Jaringan Akar, dan Batang Eucalyptus Sp.	65
Gambar 4.27 Konsentrasi Mn pada Sampel Tanah, Jaringan Akar, dan Batang Eucalyptus Sp.	67

NOTASI DAN SINGKATAN

C. MO = Kontrol Mikroorganisme

NB = *Nutrient Broth*

PSB = *Phosphate Solubilizing Bacteria*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring pertumbuhan populasi manusia, kebutuhan manusia akan hasil barang tambang juga meningkat, salah satunya adalah aspal yang menjadi kebutuhan dari segi infrastruktur. Aspal terdiri beberapa jenis, ada aspal minyak, aspal emulsi dan aspal alam. Aspal alam diperoleh dari kegiatan penambangan, dan sumber aspal alam hanya berada di dua tempat, di Trinidad dan di Pulau Buton atau sering disebut dengan asbuton (Asphalt, 1993).

Sejarah pertambangan asbuton (aspal buton) berawal pada masa kolonial belanda tepatnya pada tanggal 21 Oktober 1924 dan konsesi pertambangan dimiliki oleh pebisnis belanda A. Volker selama 30 tahun. 21 Oktober 1924 – 19 Agustus 1926 manajemen dan kepemilikan perusahaan dijalankan oleh A. Volker sebagai pemilik kontrak eksplorasi dan eksploitasi tambang di Pulau Buton dan dialihkan ke perusahaan milik belanda bernama V. Mijnbouw En Cultuur Maatschappij Boeton (MMB) hingga 21 Oktober 1954. Pada tahun 1961, kepemilikan dan manajemen dari perusahaan diambil alih oleh kementrian pekerjaan umum, jalan, dan jembatan, lalu diteruskan ke Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yakni PT Sarana Karya (Persero) pada tahun 1984. Berdasarkan PP no. 91/2013 pada tanggal 24 Desember 2013, semua saham dari PT Sarana Karya (Persero) dijual kepada PT Wijaya Karya (Persero) Tbk, lalu nama perusahaan diganti secara resmi menjadi PT Wijaya Karya Bitumen pada tanggal 7 Juli 2014 (Bitumen, 2020).

Hasil tambang dari PT Wijaya Karya Bitumen berupa raw material yang dapat digunakan sebagai bahan induk untuk pengolahan aspal dan granular asphalt yang diperoleh dari hasil proses seperti penghancuran dan pengeringan, lalu penghalusan dan pengemasan. Granular asphalt dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal dan bahkan digunakan sebagai pengganti dari aspal minyak (Bitumen, 2020).

Kegiatan penambangan yang dilakukan untuk mengambil aspal alam ini, biasanya dilakukan dengan sistem open pit mining, dimana sistem tersebut akan menyebabkan beberapa dampak pada lingkungan. Kondisi kerusakan lingkungan pascatambang akan berdampak pada kondisi fisik, kimia dan biologi berupa penurunan produktivitas tanah, erosi dan sedimentasi, gangguan terhadap flora dan fauna, serta perubahan iklim mikro (Hasibuan, 2006) serta dapat menyebabkan penurunan kualitas fisik tanah seperti porositas tanah, porositas drainase dan bulk density yang meningkat (Utami, 2009), dan juga pada sisi kimia yang menyebabkan rendahnya nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan perubahan pH sehingga berdampak negatif terhadap fungsi dan perkembangan akar tanaman.

Berdasarkan Undang-undang Nomor 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, bahwa reklamasi didefinisikan sebagai kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya. Sesuai dengan definisi tersebut, maka reklamasi pada lahan bekas tambang dapat berupa penataan lahan yang kemudian dilanjutkan dengan revegetasi ataupun penataan lahan untuk peruntukan lain. Salah satu bentuk reklamasi dengan melakukan alih fungsi lahan bekas tambang menjadi lahan pertanian tanaman pangan dengan melakukan tiga tahapan reklamasi: Pemulihan fungsi lahan, peningkatan fungsi lahan, dan pemeliharaan fungsi lahan. Biomonitoring merupakan salah satu cara untuk memperlihatkan kondisi peningkatan fungsi lahan (Subowo, 2011). Namun dengan kondisi yang tanah yang diakibatkan oleh sistem open pit mining menyebabkan dibutuhkan pendekatan yang efektif untuk langsung menuju ke akar permasalahan, yakni introduksi mikroorganisme yang bersimbiosis dengan akar tanaman. Rhizobacteria yang diaplikasikan ke tanah bekas tambang bisa menyediakan supply hara yang cukup banyak sehingga dapat memacu pertumbuhan segala jenis tanaman cover crop (Leomo, 2013) dan juga menyediakan nitrogen untuk dimanfaatkan langsung oleh tanaman dalam proses metabolisme. Bakteri ini terbukti cukup efektif dalam pertumbuhan tanaman, khususnya tanaman marginal (Widawati, 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Kewajiban untuk melakukan remediasi lahan pasca tambang diatur dalam Undang-undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang pertambangan mineral dan batubara, sedangkan PT Wijaya Karya Bitumen belum melakukan usaha-usaha tersebut.

1. Bagaimana potensi *carrier* mikroorganisme untuk rehabilitasi tanah bekas tambang aspal?
2. Bagaimana efisiensi penggunaan *carrier* mikroorganisme untuk rehabilitasi tanah bekas tambang aspal?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Investigasi potensi *carrier* mikroorganisme dalam meningkatkan pertumbuhan *eucalyptus* di tambang aspal.
2. Analisis efisiensi penggunaan *carrier* mikroorganisme dibandingkan dengan kontrol mikroorganisme.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apa saja pendekatan yang bisa dilakukan untuk remediasi lahan tambang aspal alam di PT Wijaya Karya Bitumen, sehingga dapat menerapkan beberapa upaya untuk memulihkan kondisi lahan pasca tambang menjadi seperti sebelum ada kegiatan tambang. Adapun manfaat lain yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Bagi Ilmu Pengetahuan
Hasil penelitian dapat menjadi bahan pembelajaran pada mata kuliah yang berhubungan dengan remediasi lahan tambang.
2. Bagi Masyarakat
Dapat digunakan sebagai referensi tambahan dalam pengaplikasian remediasi lahan.

3. Bagi Pemerintah

Dapat digunakan sebagai referensi untuk pembaruan peraturan yang telah berlaku.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tambang Aspal di Indonesia

Aspal atau bitumen adalah cairan kental yang termasuk dalam golongan senyawa hidrokarbon dengan kandungan oksigen, klor, dan sulfur. Kegunaan aspal yang utama adalah sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur memiliki sifat viskoelastis, dimana viskoelastis merupakan sifat ketika tegangan permukaan dihilangkan maka bahan tersebut tidak langsung kembali ke bentuk semula. Ketika dihadapkan pada suhu yang berbeda, sifat dari aspal akan berbeda, seperti ketika aspal ditempatkan pada suhu ruang, aspal akan bersifat padat dan bersifat cair bila dipanaskan (The Blue Book–Building & Construction, 2009). Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum ter karakterisasi dengan baik. Kandungan utama yang ada di aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, alifatik dan aromatik yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul (Asphalt, 1993).

Atom penyusun aspal selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang dan beberapa atom lain yang secara kuantitatif 80% dari massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Senyawa-senyawa tersebut sering dikelaskan atas massa molekulnya, aspalten (yang massa molekulnya kecil) dan malten (yang massa molekulnya besar). Kandungan aspal biasanya mengandung 5%-25% asphaltene (Chioronis, 1987). Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2003).

Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang

ditemukan bersama-sama material lain dan terbentuk dari beberapa senyawa kompleks seperti Asphaltenes, Resins dan Oils. Aspal mempunyai sifat viskoelastis dan tergantung dari waktu pembebanan (The Blue Book–Building & Construction, 2009). Penggunaan aspal sebagai perekat agregat menyebabkan kemampuan aspal harus dipertahankan terhadap kelekatan, titik lembek dan kelenturannya. Hal tersebut dapat menggunakan penambahan aditif untuk meningkatkan daya rekat, titik lembek maupun kelenturannya (Rianung, 2007). Aspal merupakan material yang berwarna hitam sampai coklat tua dimana pada temperatur ruang berbentuk padat sampai semi padat. Jika temperatur tinggi aspal akan mencair dan pada saat temperatur menurun aspal akan kembali menjadi keras (padat) sehingga aspal merupakan material yang termoplastis (Mashuri, 2010).

Pada umumnya sistem penambangan aspal alam di Indonesia menggunakan cara tambang terbuka (open pit mining) dengan metoda gali-isi kembali (backfilling methods) yang mengikuti kondisi dan struktur geologi lokasi. Cara penerapan penambangan terbuka menyesuaikan dengan perhitungan cadangan bahan tambang yang berlapis-lapis dengan kemiringan, sedangkan metode backfilling berfungsi sebagai upaya untuk memperkecil luasan lahan yang terbuka karena kegiatan pertambangan, sehingga kegiatan penimbunan seiring dengan pergerakan tambang aktif berjalan (Adman, 2012).

2.2 Lahan Bekas Tambang Aspal

Tambang terbuka (open pit mining) adalah salah satu tipe jalur tambang dimana bahan galian terdapat berada jauh di dalam tanah (Adman, 2012). Pendekatan operasi tambang dengan melakukan tambang terbuka lebih sering dilakukan karena biaya teknis yang lebih murah dibandingkan dengan penggalian terowongan bawah tanah. Pemakaian alat-alat berat pada kegiatan penambangan aspal alam juga diketahui dapat mengakibatkan terdapatnya lubanglubang besar bekas galian yang kedalamannya mencapai 3 sampai 4 meter (Hasibuan, 2006). Aspal alam merupakan bahan tambang yang berbentuk batuan dan terletak jauh di bawah tanah, sehingga harus dilakukan penggalian dengan cara tambang terbuka.

Kegiatan tambang terbuka diketahui dapat menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati, terjadinya degradasi pada daerah aliran sungai, perubahan bentuk lahan dan terlepasnya logam-logam berat yang dapat masuk ke lingkungan perairan (Adman, 2012). Selain itu, juga berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem permukaan tanah, menurunkan produktivitas tanah serta mutu lingkungan. Itu juga, permukaan lahan menjadi tidak teratur, kesuburan tanah rendah dan rawan erosi sehingga daya dukung tanah untuk tanaman rendah. Tanah bagian atas digantikan tanah dari lapisan bawah yang kurang subur, sebaliknya tanah lapisan atas yang subur berada di lapisan bawah. Demikian juga populasi hayati tanah yang ada di tanah lapisan atas menjadi terbenam, sehingga hilang/mati dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya (Subowo, 2011).

Oleh karenanya, dampak lingkungan akibat penambangan dapat berupa penurunan produktivitas tanah, pemadatan tanah, erosi dan sedimentasi, gerakan tanah dan longsor, gangguan terhadap flora dan fauna, gangguan terhadap keamanan dan kesehatan penduduk serta perubahan iklim mikro. Namun dengan kondisi yang tanah yang diakibatkan oleh sistem open pit mining menyebabkan dibutuhkan pendekatan yang efektif untuk langsung menuju ke akar permasalahan, yakni introduksi mikroorganisme yang bersimbiosis dengan akar tanaman. Rhizobacteria yang diaplikasikan ke tanah bekas tambang bisa menyediakan supply hara yang cukup banyak sehingga dapat memacu pertumbuhan segala jenis tanaman cover crop (Leomo, 2013) dan juga menyediakan nitrogen untuk dimanfaatkan langsung oleh tanaman dalam proses metabolisme. Bakteri ini terbukti cukup efektif dalam pertumbuhan tanaman, khususnya tanaman marginal (Widawati, 2015).

2.3 Bioremediasi

Menurut US EPA, bioremediasi merupakan proses alami untuk membersihkan bahan-bahan kimia yang berbahaya (Surtikanti, 2011). Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut

merupakan peristiwa yang disebut biotransformasi. Dalam beberapa contoh, biotransformasi berlanjut menjadi biodegradasi, yaitu kondisi polutan terdegradasi, struktur yang menjadi sederhana, dan tidak beracun. Ketika mikroba mendegradasi polutan tersebut, akan dihasilkan air dan gas tidak berbahaya seperti CO₂. Bioremediasi dikembangkan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan menggunakan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran. Selain murah, bioremediasi juga dapat dilakukan in situ (langsung di tempat) dan prosesnya alami (Hardiani, 2011). Laju degradasi mikroba terhadap logam berat tergantung pada beberapa faktor, yaitu aktivitas mikroba, nutrisi, derajat keasaman dan faktor lingkungan. Adapun jenis-jenis bioremediasi adalah sebagai berikut:

1. Biostimulasi

Biostimulasi adalah metode introduksi nutrisi dan oksigen dalam bentuk cair atau gas yang dimasukkan ke dalam air atau tanah tercemar untuk menyediakan nutrisi bagi pertumbuhan dan aktivitas bakteri yang telah ada di lingkungan tersebut.

2. Bioaugmentasi

Bioaugmentasi adalah penambahan mikroorganisme yang mampu mendegradasi polutan ke dalam tanah atau air yang tercemar. Ini metode yang paling sering dipakai untuk mendegradasi kontaminan di suatu lingkungan. Namun, bioaugmentasi memiliki beberapa kekurangan, seperti sulit mengontrol kondisi lingkungan yang tercemar agar mikroorganisme mampu bekerja dengan optimal.

3. Bioremediasi Intrinsik

Bioremediasi ini terjadi secara alami di lingkungan air atau tanah yang tercemar. Dengan kata lain, sudah tersedia nutrisi untuk mendukung aktivitas mikroorganisme begitu pula keberadaan mikroorganisme itu sendiri secara alami (Brooker, 2008).

Pembangunan berwawasan lingkungan menjadi kebutuhan penting bagi setiap negara yang ingin mencapai kelestarian dari sumber daya alam yang dimiliki

oleh negara tersebut. Sehingga, sumber daya alam harus dijaga dan dipertahankan untuk kelangsungan hidup manusia, baik itu untuk manusia kini, atau generasi yang akan datang (Arif, 2007).

Penyebab utama dari kerusakan lingkungan adalah manusia sehingga dengan bertambahnya jumlah populasi manusia, kebutuhan hidup pun meningkat sehingga akan berdampak pada peningkatan permintaan lahan. Sejalan dengan hal tersebut dan kemampuan teknologi manusia meningkat, membuat manusia itu sendiri yang menjadi keypoint dalam merestorasi alam yang telah rusak.

2.4 Carrier Mikroba

Carrier atau bahan pembawa inokulum pada dasarnya adalah bahan yang dapat digunakan sebagai tempat hidup inokulum pupuk hayati sebelum diterapkan dengan tujuan agar inokulum tetap hidup selama jangka waktu tertentu sehingga bisa mengaktifkan kegiatan mikroba agar mampu tumbuh dan berkembang ketika digunakan. Menurut Burton, keberhasilan dari inokulan mikroba tergantung dari beberapa pengaruh, dimana bahan pembawa (*carrier*) menjadi faktor terpenting (Tyas, 2008). *Carrier* pada umumnya berbentuk padat, semi padat atau substansi cair, yang bisa menunjang kehidupan bakteri dalam jangka waktu tertentu. Salah satu sifat terpenting yang dibutuhkan dari *carrier* adalah kemampuannya untuk mempertahankan populasi dari inokulan mikroba agar tetap tinggi selama jangka waktu penyimpanan (Karnataka, 2007). Syarat *carrier* yang baik (Burton dalam Aji, 1994) adalah :

- Tidak beracun bagi mikroba inokulan
- Kapasitas penyerapan dan kelembaban relatif baik
- Mudah diproses dan tidak berbongkah
- Mudah disterilisasi dengan menggunakan autoklaf maupun sinar Gamma
- Tersedia sumber daya yang cukup
- Murah
- Kisaran pH netral

- Tidak beracun bagi tanaman

Agar tidak terjadi pertumbuhan mikroba indigenous, *carrier* perlu disterilisasi karena jika pertumbuhan mikroba indigenous sama dengan jumlah mikroba inokulan maka ada kemungkinan lebih banyak mikroba yang tidak diinginkan pada hasil akhir pupuk hayati (Gupta, 2007).

Kompos merupakan salah satu jenis pupuk organik yang sudah ada sejak lama. Pengertian kompos adalah bahan-bahan organik yang sudah mengalami proses pelapukan karena terjadi interaksi antara mikroorganisme atau bakteri pembusuk yang bekerja di dalam bahan organik tersebut. mikro bagi tanaman. Penggunaannya bisa sekaligus menggemburkan tanah yang tandus, meningkatkan porositas, aerasi, dan komposisi mikroorganisme di dalam tanah. Kompos juga berguna untuk meningkatkan daya ikat tanah terhadap air sehingga dapat menyimpan air tanah lebih lama. Ketersediaan air di dalam tanah dapat mencegah lapisan kering pada tanah. Penggunaan kompos bermanfaat untuk menjaga kesehatan akar serta membuat akar tanaman mudah tumbuh. Kandungan hara pada kompos memang terbilang lebih sedikit dibandingkan pupuk anorganik. Oleh karena itu, penggunaannya harus dilakukan dengan volume yang sangat banyak untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman. Namun, dilihat dari keuntungan yang bisa diberikan kompos untuk tanah dan tanaman, rasanya tidak rugi harus menggunakannya meskipun harus dalam volume yang besar.

Media tanam dalam kondisi salin adalah media yang memiliki kandungan garam terlarut yang antara lain tersusun oleh Natrium (Na^+) dan Klor (Cl^-). Pengaruh konsentrasi larutan garam tinggi dapat merusak dan meracuni tanaman yang disebabkan oleh daya osmotik. Media tanam dengan kondisi salinitas tinggi memiliki potensi yang terbatas untuk budidaya tanaman, namun masing-masing tanaman memiliki ketahanan dan daya adaptasi yang berbeda-beda. Beberapa tanaman hortikultura memiliki toleransi garam baik dalam konsentrasi tinggi maupun sedang (Kusmiyati, 2017). Garam dapur (NaCl) juga bersifat bakteriostatik dan bakterisidal. Ini disebabkan natrium dari garam dapat menaikkan tekanan

osmotik yang menyebabkan plasmolisis pada sel mikroba, mengurangi kelarutan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba, serta menghambat aktivitas enzim proteolitik yang berperan pada proses penguraian protein (Yuniati, 2011).

2.5 Penelitian Terdahulu

Pada tabel di bawah ini merupakan rangkuman dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Alloway B. J.	1995	Heavy Metals in Soil	<ul style="list-style-type: none"> • Pengertian logam berat • Jenis logam berat di tanah • Dampak logam berat bagi lingkungan
2	Momoh L. Rilwani dan Fred E. Agbanure	2010	An Assessment of the Environmental Impact of Asphalt Production in Nigeria	<ul style="list-style-type: none"> • Beberapa parameter logam berat yang terdeteksi seperti Kadmium di tanah bekas tambang aspal
3	Erman Munir	2006	Pemanfaatan Mikroba Dalam Bioremediasi:	<ul style="list-style-type: none"> • Mikroba yang dapat menurunkan cemaran logam di lingkungan

			Suatu Teknologi Alternatif Untuk Pelestarian Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Faktor yang mempengaruhi degradasi polutan
4	J. Purwani	2010	Remediasi Tanah Dengan Menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi (<i>Vetiveria zizanioides</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> • Pemanfaatan tanaman akumulator logam berat sebagai fitoremediator sangat bermanfaat untuk mengurangi toksisitas kontaminan lebih cepat pada konsentrasi kontaminan tinggi. • Tanaman yang ideal untuk fitoremediasi adalah harus memiliki produktivitas biomassa yang tinggi, harapan hidup pendek, dan toleransi tinggi terhadap kapasitas akumulasi konsentrasi logam yang tinggi

BAB III

METODE PENELITIAN

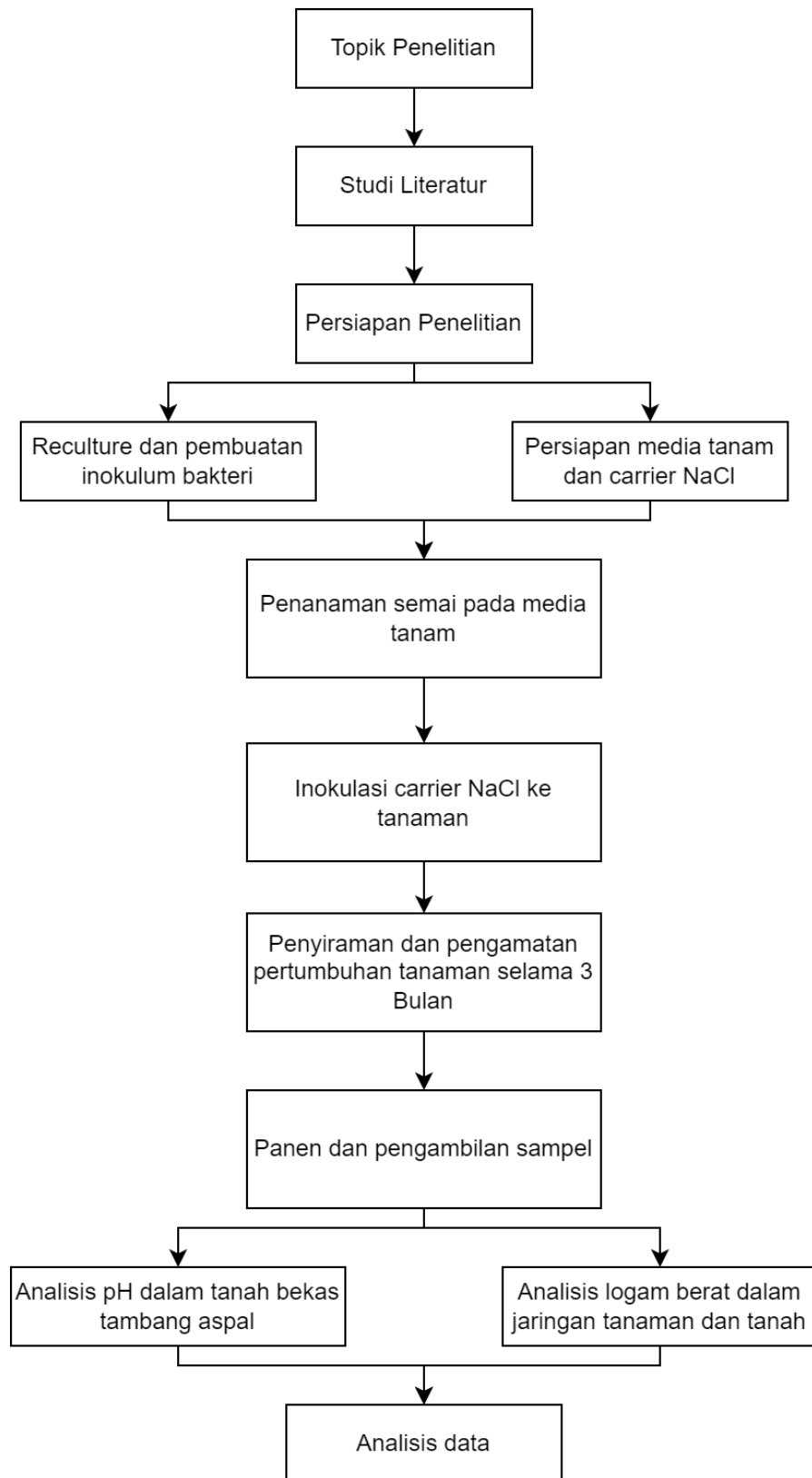
3.1. Waktu Dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dimulai dari bulan Juni 2022 hingga Oktober 2022, dilakukan dalam skala rumah kaca yang terletak di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan urutan penelitian persiapan media tanam, penanaman tanaman, pengamatan dan pemanenan tanaman. Tanaman yang digunakan *Eucalyptus* Sp.

Sampel tanah bekas tambang aspal diambil dari tambang aspal alam milik PT Wijaya Karya Bitumen di Kelurahan Banabungi, Kecamatan Pasarwajo, Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Untuk analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam penelitian pertumbuhan mikroba dianalisis di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan dirangkum dalam bentuk *flowchart* seperti berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

3.3. Sampling Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada hari Jum'at tanggal 18 Desember 2020 di Kelurahan Banabungi, Kecamatan Pasarwajo, Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Sampel yang diambil merupakan sampel tanah bekas tambang aspal alam yang terletak di 6 Pit milik PT Wijaya Karya Bitumen dengan dibekali izin dari penanggung jawab dari tambang aspal alam tersebut.

3.4. Persiapan Inokulum Mikroba

Reculture dilakukan kepada indukan mikroba untuk memindahkan mikroba ke media yang baru melalui 4 kali pengulangan pada setiap cawan petri yang berisi *Nutrient Agar* (NA) steril. Kemudian dari media NA tersebut diambil 1 oca koloni mikroba dan dimasukkan media *Nutrient Broth* (NB) steril sebanyak 250 ml untuk memperbanyak mikroba dalam media cair. Kemudian dilakukan shaker dengan kecepatan 200 rpm selama 24 jam dan dicek jumlah mikroba dalam satu gelas beaker atau cek *Colony Forming Unit* (CFU). Selanjutnya dilakukan pengenceran untuk melakukan inokulasi mikroba ke media *carrier*. Bakteri yang akan digunakan adalah bakteri 15 (*Phosphate Solubilizing Bacteria*), bakteri 16 (*Phosphate Solubilizing Bacteria*) dan bakteri R3 (*enterobacter*)

3.5. Persiapan Media Carrier

Pada penelitian ini menggunakan media *carrier* kompos dan NaCl. Sebelum dilakukan inokulasi, *carrier* harus disterilkan menggunakan autoklaf yang bertekanan tinggi selama lebih kurang 1 jam. Sterilisasi bertujuan untuk membunuh mikroba lain yang sebelumnya hidup di media tersebut. pada media kompos, inokulasi mikroba dilakukan dengan cara disuntikkan ke kompos steril menggunakan hasil pengenceran mikroba sebelumnya, dan pada media NaCl, inokulasi mikroba dengan cara dimasukkan menggunakan pipet tetes ke NaCl steril menggunakan hasil pengenceran mikroba sebelumnya.

3.6. Persiapan Tanaman

Tanaman yang digunakan adalah tanaman *Eucalyptus* Sp. yang telah melalui proses penyemaian selama 2 bulan. Kemudian tanaman dipindahkan ke polybag baru dengan penambahan tanah bekas tambang aspal alam yang telah tersampling sebelumnya. Sampel tanah terdiri dari tanah bekas tambang aspal alam. Penanaman dilakukan pada skala rumah kaca yang berlangsung selama 3 bulan sebelum panen. Penyiraman dilakukan setiap dua hari sekali tanpa pemupukan.

3.7. Inokulasi Mikroba

Inokulasi mikroba dilakukan setelah 1 bulan penanaman tanaman *Eucalyptus* Sp. ke tanah bekas tambang aspal alam. dilakukan 4 perlakuan ke media tanam tersebut, yaitu inokulasi menggunakan media *carrier* kompos, *carrier* molase, *carrier* NaCl, dan *carrier Nutrient Broth*. Sebagai kontrol digunakan tanaman yang tidak diberi perlakuan. Media *carrier* kompos diinokulasikan dengan memasukkan kompos ke media tanam sebanyak 7 gram, inokulasi dengan media *carrier* molase dengan menginjektikan ke media tanaman dengan pipet sebanyak 7 mL, inokulasi dengan media *carrier* NaCl dengan menginjektikan ke media tanam dengan pipet sebanyak 7 mL, dan inokulasi dengan media *carrier Nutrient Broth* dengan menginjektikan ke media tanam dengan pipet sebanyak 7 mL.

3.8. Pengamatan dan Pemanenan

Pengamatan pertumbuhan dilakukan setelah perlakuan diterapkan dengan parameter yang diamati adalah diameter batang dan tinggi tanaman. pengamatan dilakukan dengan frekuensi 2 minggu sekali. Pemanenan dilakukan di waktu 3 bulan setelah penanaman semai ke media tanam dengan memisahkan tanah dan jaringan batang. setelah pemanenan selanjutnya dilakukan pengukuran biomassa kering dan biomassa basah tanaman untuk menganalisis logam berat. Pengukuran biomassa basah menggunakan timbangan analitik kemudian masing-masing sampel jaringan batang dan jaringan akar dimasukkan ke dalam amplop untuk identitas tanaman. Untuk sampel tanah dari tanaman dimasukkan kedalam plastik klip agar

udara tidak masuk dan diberi identitas kode tanaman untuk memudahkan proses pendataan. Pengukuran biomassa kering dilakukan dengan memasukan jaringan tanaman ke dalam oven dengan suhu 70°C selama 72 jam dan setelah kering dilakukan penimbangan kembali di timbangan analitik (ketelitian 0,001 gram).

Dalam tabel perlakuan di Tabel 3.1, satu ulangan dengan tendensi pertumbuhan yang baik akan diambil untuk diuji lab dengan parameter ujinya adalah pH tanah, nutrisi (P-Total), dan logam (Cd dan Mn), dan untuk pengujian biomassa tanaman (berat basah dan berat kering), dilakukan terhadap semua tanaman uji pada Tabel 3.1. Berikut adalah tabel perlakuan yang akan dilakukan :

Tabel 3.1 Tabel Pengulangan Perlakuan Carrier dan Mikroba

Carrier	Jumlah Pengulangan						
	Bakteri 15	Bakteri 16	Bakteri R3	Bakteri 15+R3	Bakteri 16+R3	Konsorsium 3 Bakteri	Tanpa Bakteri
Kontrol Mikroorganisme	-	-	-	-	-	-	4
<i>Nutrient Broth</i>	3	4	3	3	3	3	-
Kompos	3	4	3	3	3	3	-
Molase	3	4	3	3	3	3	-
NaCl	3	4	3	3	3	3	-

Keterangan :

- Bakteri 15 = PSB (*Phosphate Solubilizing Bacteria*)
- Bakteri 16 = PSB (*Phosphate Solubilizing Bacteria*)
- Bakteri R3 = *Enterobacter sp.*

3.9. Analisis pH, Nutrien Dan Logam

Jaringan batang dan tanah selanjutnya akan dianalisis nutrient dalam hal ini adalah pH tanah, P-Total untuk Nutrien, logam Cadmium (Cd) dan Mangan (Mn) menggunakan alat AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer).

3.10. Analisis Data

Analisis data membandingkan kinerja perlakuan kepada tanaman yang berisi bakteri terseleksi dengan tanaman yang tidak diberi perlakuan (kontrol) dengan analisis statistik menggunakan pendekatan standard error (SE) dengan jumlah pengulangan sebanyak 3 kali. Hasil akhir dari penelitian ini berupa pengaruh variasi *carrier* mikroorganisme terhadap perumbuhan *eucalyptus sp.* Di tanah bekas tambang aspal dan disajikan dalam bentuk diagram batang.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Pertumbuhan Tanaman *Eucalyptus sp.*

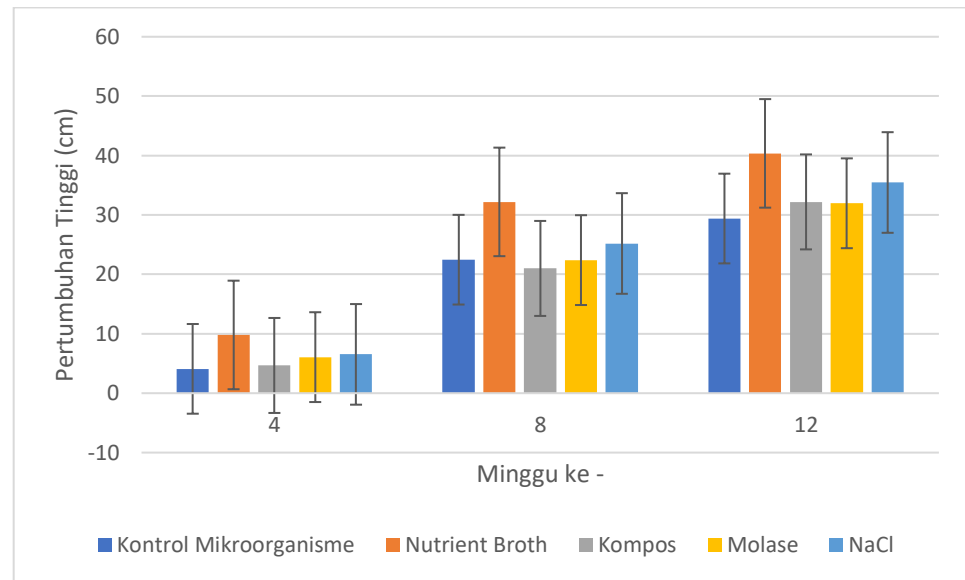
Pengamatan pertumbuhan tanaman *Eucalyptus sp.* dilakukan selama 3 bulan dengan parameter yang diukur adalah tinggi dan diameter tanaman. Pengamatan dilakukan dengan interval setiap 2 minggu dalam sekali pengukuran. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari setiap *carrier* terhadap pertumbuhan tanaman. Analisis statistika menggunakan pendekatan *Standard Error* (SE) dengan jumlah pengulangan setiap *carrier* 3 kali.

4.1.1 Tinggi Tanaman

Dapat dilihat bahwa rerata pertumbuhan tinggi yang dari setiap *carrier* berbeda jika dibandingkan dengan tanaman kontrol mikroorganisme. Tinggi dari setiap mikroba akan dibandingkan dengan setiap *carrier*.

A. Bakteri 15

Pada gambar 4.1 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan tinggi tanaman untuk setiap *carrier* dengan bakteri 15, hal ini disebabkan oleh perbedaan *carrier* untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan tinggi pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 29,4 cm, *carrier Nutrient Broth* yaitu 40,3 cm, *carrier kompos* yaitu 32,2 cm, *carrier molase* yaitu 31,9 cm, *carrier NaCl* yaitu 35,4 cm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di *carrier Nutrient Broth*.



Gambar 4.1 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 15 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan antara 5 treatment).

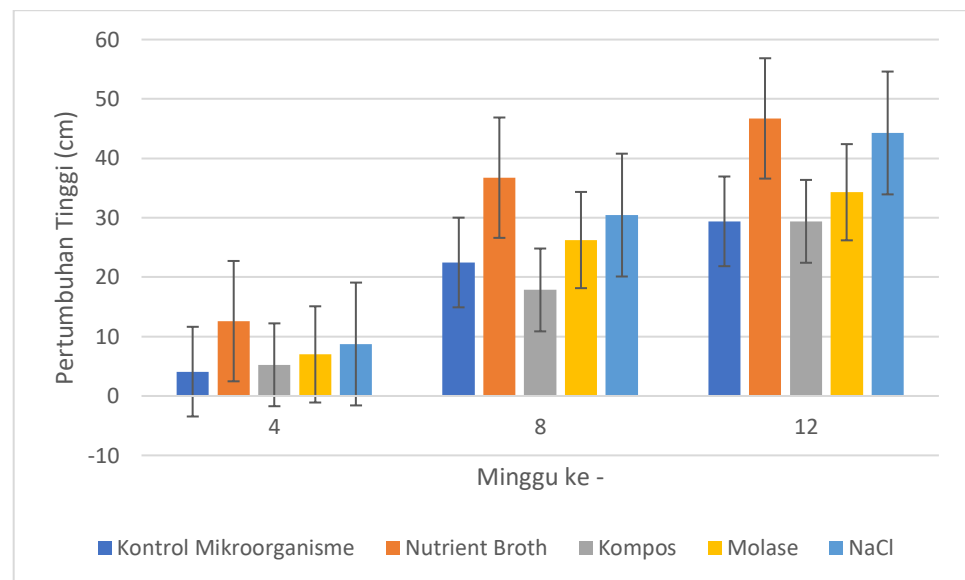
Tabel 4.1 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Bakteri 15 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	232,26	4	58,065	0,826046	0,535462	3,35669
Within Groups	773,22	11	70,29273			
Total	1005,48	15				

B. Bakteri 16

Pada gambar 4.2 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan tinggi tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 16, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan tinggi pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 29,4 cm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 46,7 cm, carrier kompos yaitu 29,4 cm, carrier molase yaitu 34,3 cm,

carrier NaCl yaitu 44,2 cm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.



Gambar 4.2 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 16 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai F hitung > F crit, maka tolak H_0 (ada perbedaan pertumbuhan tinggi antara 5 treatment).

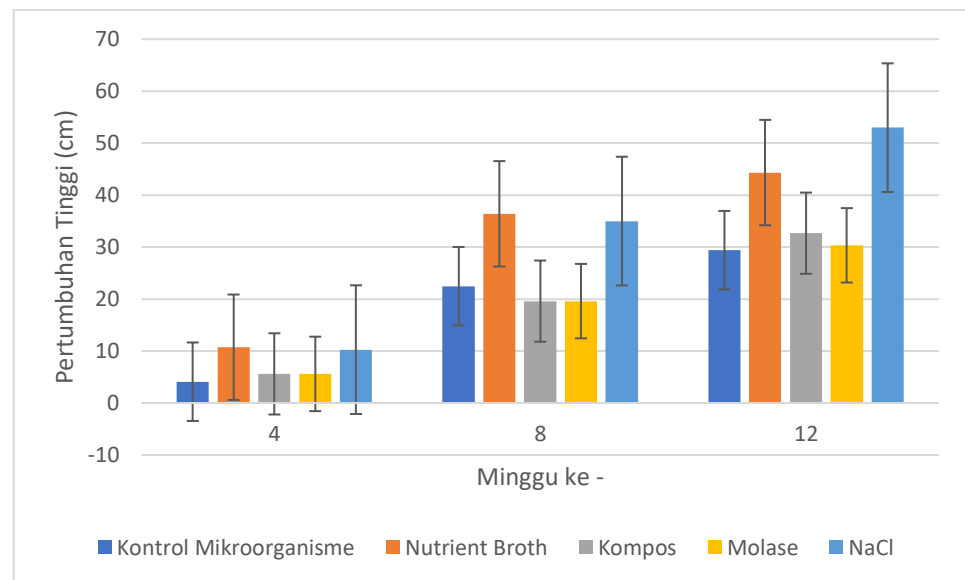
Tabel 4.2 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Bakteri 16 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1080,597	4	270,1493	4,647303	0,012191	3,055568
Within Groups	871,955	15	58,13033			
Total	1952,552	19				

C. Bakteri R3

Pada gambar 4.3 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan tinggi tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah

Eucalyptus sp. Dengan rerata pertumbuhan tinggi pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 29,4 cm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 44,3 cm, carrier kompos yaitu 32,6 cm, carrier molase yaitu 30,3 cm, carrier NaCl yaitu 52,9 cm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier NaCl.



Gambar 4.3 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri R3 (n=3)

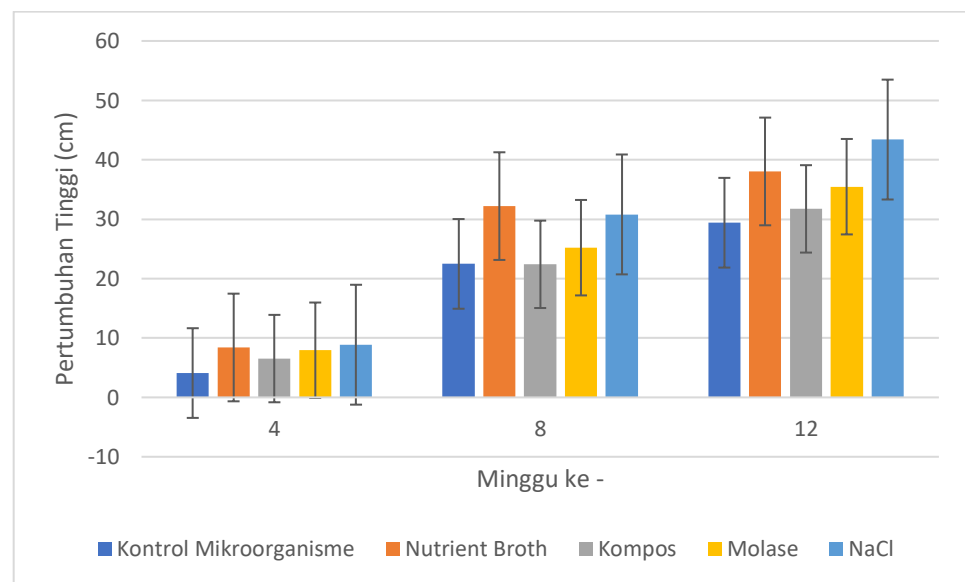
Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai F hitung > F crit, maka tolak H_0 (ada perbedaan pertumbuhan tinggi antara 5 treatment).

Tabel 4.3 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Bakteri R3 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1344,203	4	336,0507	10,95449	0,000786	3,35669
Within Groups	337,4467	11	30,67697			
Total	1681,649	15				

D. Bakteri 15+R3

Pada gambar 4.4 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan tinggi tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 15+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan tinggi pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 29,4 cm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 38 cm, carrier kompos yaitu 31,7 cm, carrier molase yaitu 35,5 cm, carrier NaCl yaitu 43,4 cm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier NaCl.



Gambar 4.4 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 15+R3 (n=3)

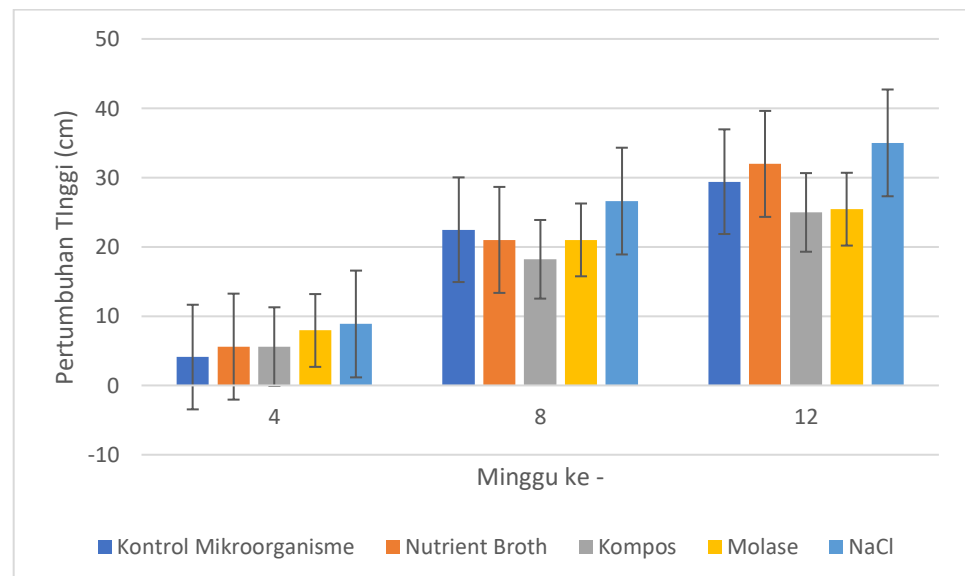
Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai F hitung > F crit, maka tolak H_0 (ada perbedaan pertumbuhan tinggi antara 5 treatment).

Tabel 4.4 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Bakteri 15+R3 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	396,6244	4	99,15609	5,564883	0,010653	3,35669
Within Groups	196	11	17,81818			
Total	592,6244	15				

E. Bakteri 16+R3

Pada gambar 4.5 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan tinggi tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 16+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan tinggi pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 29,4 cm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 31,9 cm, carrier kompos yaitu 24,9 cm, carrier molase yaitu 25,4 cm, carrier NaCl yaitu 35 cm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier NaCl.



Gambar 4.5 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 16+R3 (n=3)

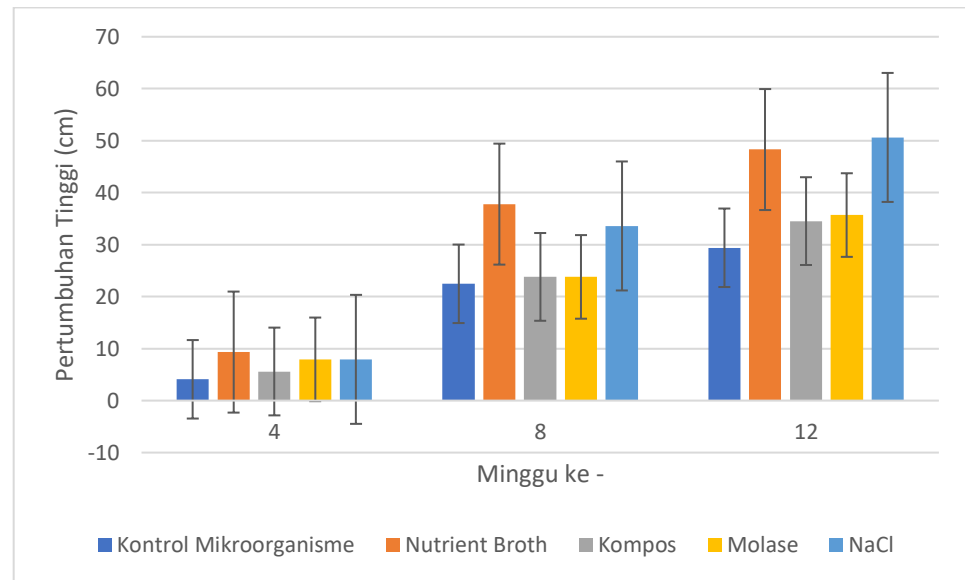
Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.5 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus sp.* Bakteri 16+R3 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	219,9773	4	54,99433	1,598765	0,249058	3,47805
Within Groups	343,98	10	34,398			
Total	563,9573	14				

F. Konsorsium Bakteri 15+16+R3

Pada gambar 4.6 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan tinggi tanaman untuk setiap carrier dengan 3 Konsorsium Bakteri, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan tinggi pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 29,4 cm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 48,3 cm, carrier kompos yaitu 34,5 cm, carrier molase yaitu 35,7 cm, carrier NaCl yaitu 50,6 cm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier NaCl.



Gambar 4.6 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus* sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan 3 Konsorsium Bakteri (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan pertumbuhan tinggi antara 5 treatment).

Tabel 4.6 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Tinggi *eucalyptus* sp. 3 Konsorsium Bakteri 15+16+R3 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1126,561	4	281,6403	6,8923	0,004969	3,35669
Within Groups	449,4933	11	40,86303			
Total	1576,054	15				

G. Rangkuman hasil perhitungan Anova pertumbuhan tinggi

Pada tabel berikut terdapat rangkuman mengenai hasil perhitungan anova pertumbuhan diameter pada setiap bakteri.

Tabel 4.7 Kesimpulan Anova Pertumbuhan Tinggi

Mikroba	Kesimpulan
Bakteri 15	Tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
Bakteri 16	Ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
Bakteri R3	Ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
Bakteri 15+R3	Ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
Bakteri 16+R3	Tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
3 Konsorsium Bakteri	Ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier

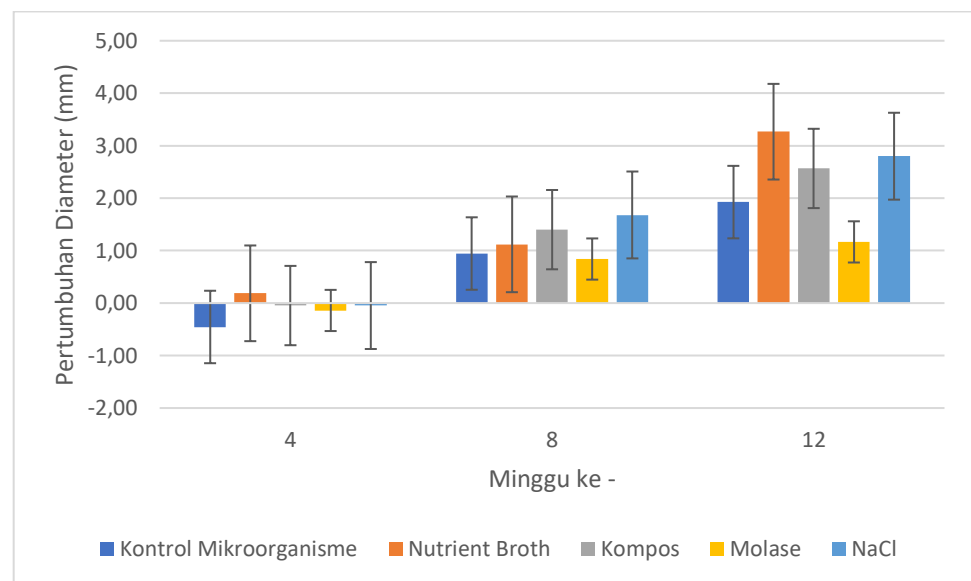
Dapat diperhatikan di Tabel 4.7, dapat diperhatikan bahwa mayoritas di beberapa bakteri, penggunaan carrier memberikan perbedaan pertumbuhan diameter.

4.1.2 Diameter Tanaman

Diameter Tanaman merupakan tanaman yang sering diamati sebagai indicator pertumbuhan setelah tinggi tanaman. Diameter dari setiap carrier akan dibandingkan setiap mikroba yang ada.

A. Bakteri 15

Pada gambar 4.7 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan diameter tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 15, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan diameter pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 1,93 mm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 3,27 mm, carrier kompos yaitu 2,57 mm, carrier molase yaitu 1,17 mm, carrier NaCl yaitu 2,83 mm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.



Gambar 4.7 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 15 (n=3)

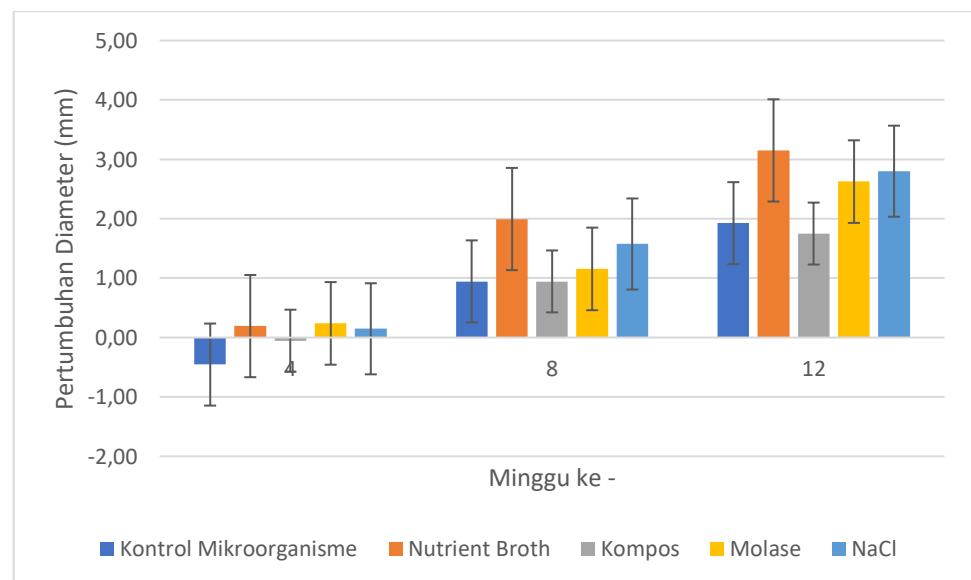
Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment, didapatkan nilai F hitung < F crit, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment).

Tabel 4.8 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Bakteri 15 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	8,176875	4	2,044219	5,244643	0,013015	3,35669
Within Groups	4,2875	11	0,389773			
Total	12,46438	15				

B. Bakteri 16

Pada gambar 4.8 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan diameter tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 16, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan diameter pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 1,93 mm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 3,15 mm, carrier kompos yaitu 1,75 mm, carrier molase yaitu 2,63 mm, carrier NaCl yaitu 2,87 mm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.



Gambar 4.8 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 16 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment,

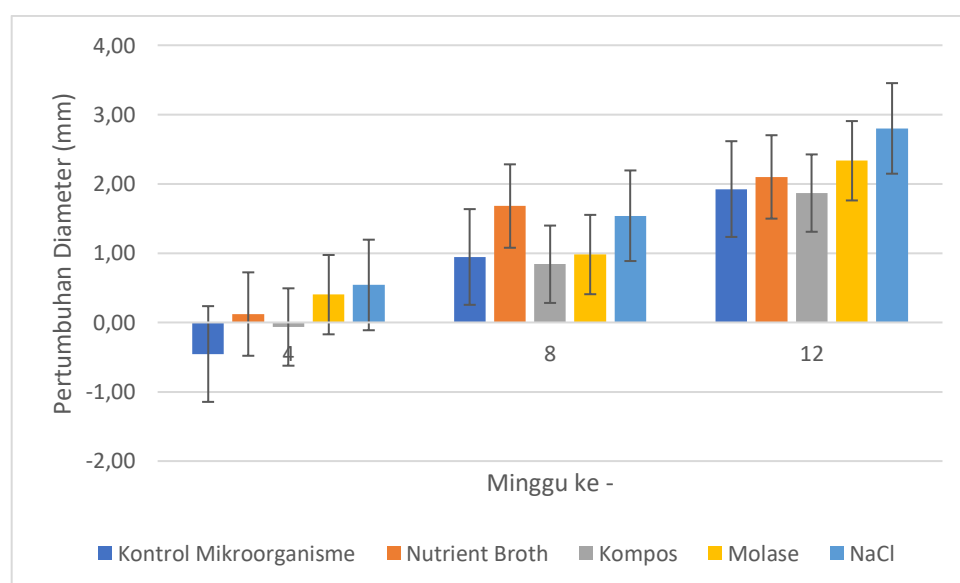
didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment).

Tabel 4.9 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Bakteri 16 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	5,635	4	1,40875	5,75	0,005197	3,055568
Within Groups	3,675	15	0,245			
Total	9,31	19				

C. Bakteri R3

Pada gambar 4.9 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan diameter tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan diameter pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 1,93 mm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 2,10 mm, carrier kompos yaitu 1,87 mm, carrier molase yaitu 2,39 mm, carrier NaCl yaitu 2,80 mm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier NaCl.



Gambar 4.9 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri R3 (n=3)

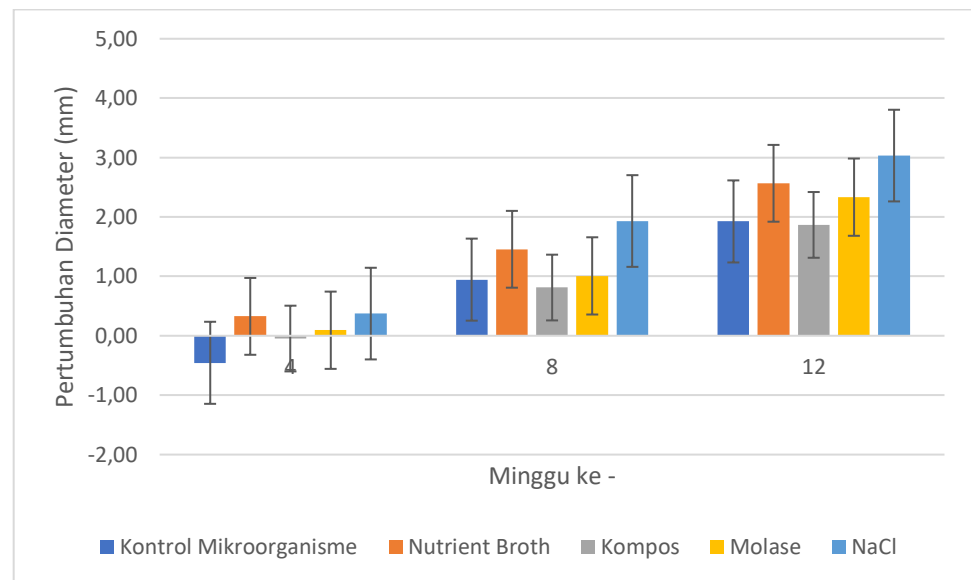
Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment).

Tabel 4.10 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Bakteri R3 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1,796667	4	0,449167	2,469388	0,106166	3,35669
Within Groups	2,000833	11	0,181894			
Total	3,7975	15				

D. Bakteri 15+R3

Pada gambar 4.10 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan diameter tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 15+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan diameter pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 1,93 mm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 2,57 mm, carrier kompos yaitu 1,87 mm, carrier molase yaitu 2,33 mm, carrier NaCl yaitu 3,03 mm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier NaCl.



Gambar 4.10 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 15+R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment, didapatkan nilai F hitung < F crit, maka terima Ho (tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment).

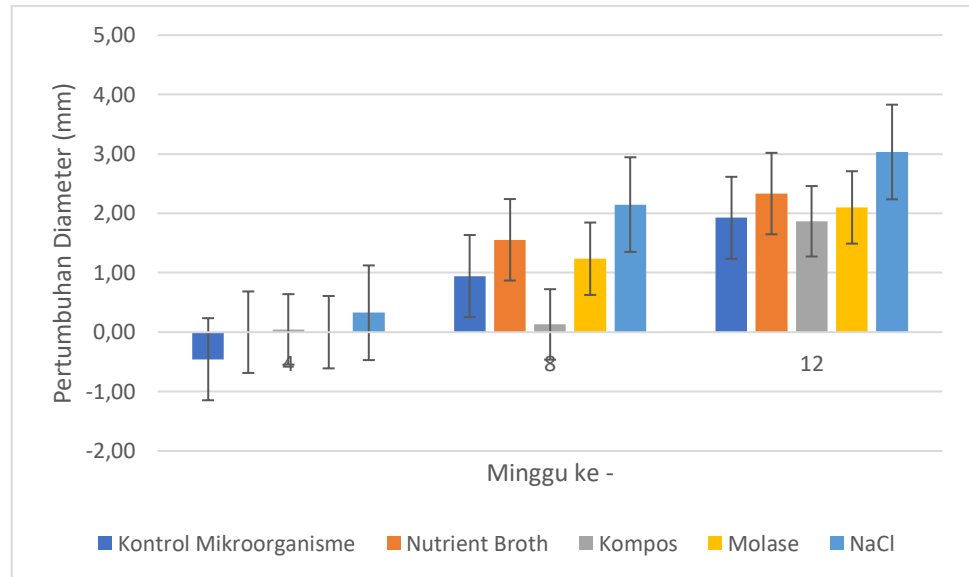
Tabel 4.11 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Bakteri 15+R3 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2,950208	4	0,737552	1,234084	0,351943	3,35669
Within Groups	6,574167	11	0,597652			
Total	9,524375	15				

E. Bakteri 16+R3

Pada gambar 4.11 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan diameter tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 16+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan diameter pada pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 1,93 mm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 2,33 mm, carrier kompos yaitu 1,87 mm, carrier molase yaitu

2,13 mm, carrier NaCl yaitu 3,07 mm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier NaCl.



Gambar 4.11 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan Bakteri 16+R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment, didapatkan nilai F hitung > F crit, maka tolak H_0 (ada perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment).

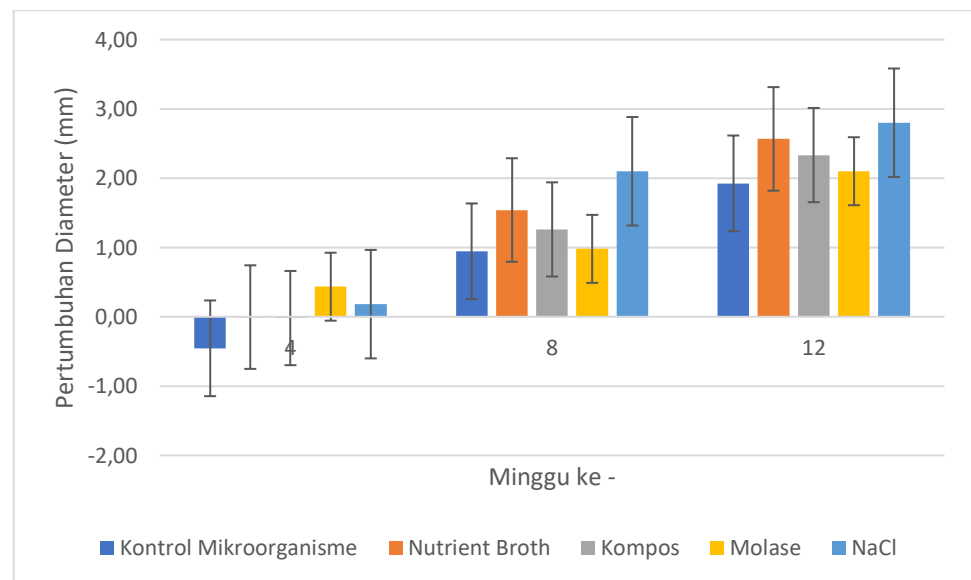
Tabel 4.12 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Diameter *eucalyptus sp.* Bakteri 16+R3 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2,786875	4	0,696719	5,6875	0,009884	3,35669
Within Groups	1,3475	11	0,1225			
Total	4,134375	15				

F. Konsorsium Bakteri 15+16+R3

Pada gambar 4.12 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari pertumbuhan diameter tanaman untuk setiap carrier dengan 3 Konsorsium Bakteri, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata pertumbuhan diameter pada

pengukuran minggu ke 12 pada kontrol mikroorganisme yaitu 1,93 mm, carrier *Nutrient Broth* yaitu 2,57 mm, carrier kompos yaitu 2,37 mm, carrier molase yaitu 2,10 mm, carrier NaCl yaitu 2,80 mm. Dapat diperhatikan bahwa rerata pertumbuhan tertinggi terdapat di carrier NaCl.



Gambar 4.12 Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter *eucalyptus* sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda Dengan 3 Konsorsium Bakteri (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter antara 5 treatment).

Tabel 4.13 Hasil Uji One Way Anova Pertumbuhan Diameter *eucalyptus* sp. 3 Konsorsium Bakteri 15+16+R3 Dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1,643542	4	0,410885	1,516267	0,263989	3,35669
Within Groups	2,980833	11	0,270985			
Total	4,624375	15				

G. Rangkuman hasil perhitungan Anova pertumbuhan diameter

Pada tabel berikut terdapat rangkuman mengenai hasil perhitungan anova pertumbuhan diameter pada setiap bakteri.

Tabel 4.14 Kesimpulan Anova Pertumbuhan Diameter

Mikroba	Kesimpulan
Bakteri 15	Tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
Bakteri 16	Ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
Bakteri R3	Tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
Bakteri 15+R3	Tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
Bakteri 16+R3	Ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier
3 Konsorsium Bakteri	Tidak ada perbedaan pertumbuhan diameter terhadap pertumbuhan antar carrier

Pada table 4.14 dapat diperhatikan bahwa mayoritas di beberapa bakteri, penggunaan carrier tidak memberikan perbedaan pertumbuhan diameter.

4.1.3 Biomassa Tanaman

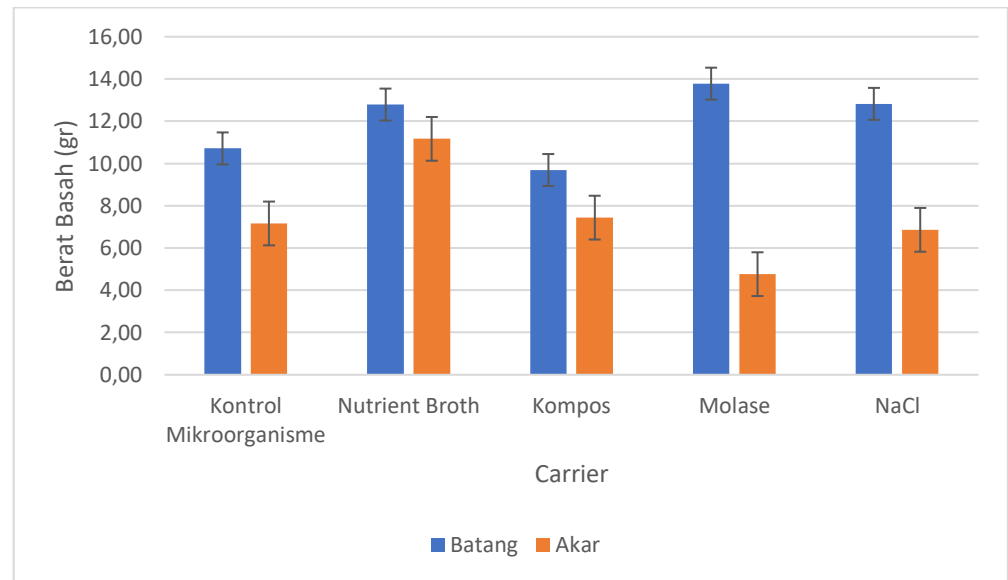
Selain tinggi dan diameter tanaman, biomassa adalah salah satu dari parameter pertumbuhan tanaman. Dalam hal ini, pengukuran dilakukan terhadap berat basah dan berat kering tanaman. Berat basah menunjukkan berat tanaman dan jumlah air yang diserap tanaman, sedangkan berat kering menunjukkan berat sesungguhnya dari tanaman tanpa adanya kadar air, sebagai hasil fotosintesis (Rahma, 2019). Pengukuran biomassa dalam penelitian ini mencakup berat kering dan berat basah dari 2 bagian tanaman (jaringan akar dan jaringan batang).

4.1.3.1 Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar

A. Bakteri 15

Pada Gambar 4.13 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat basah jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 15, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat basah pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 10,72 gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 7,16 gr; berat basah di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 12,79 gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 11,17 gr; berat basah di jaringan batang carrier kompos yaitu 9,69 gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 7,44 gr; berat basah di jaringan batang carrier molase yaitu 13,78 gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 4,76 gr; dan berat basah di jaringan batang carrier NaCl yaitu 12,82 gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 6,86 gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat basah tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.

Secara singkat, urutan berat basah jaringan batang setiap carrier pada bakteri 15 adalah Molase>NaCl>NB>C. MO>Kompos. Urutan berat basah jaringan akar pada bakteri 15 adalah NB>Kompos>C MO>NaCl>Molase.



Gambar 4.13 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 15 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.15 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Batang Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	164,2797	4	41,06993	9,081444	0,001708	3,35669
Within Groups	49,74641	11	4,522401			
Total	214,0261	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

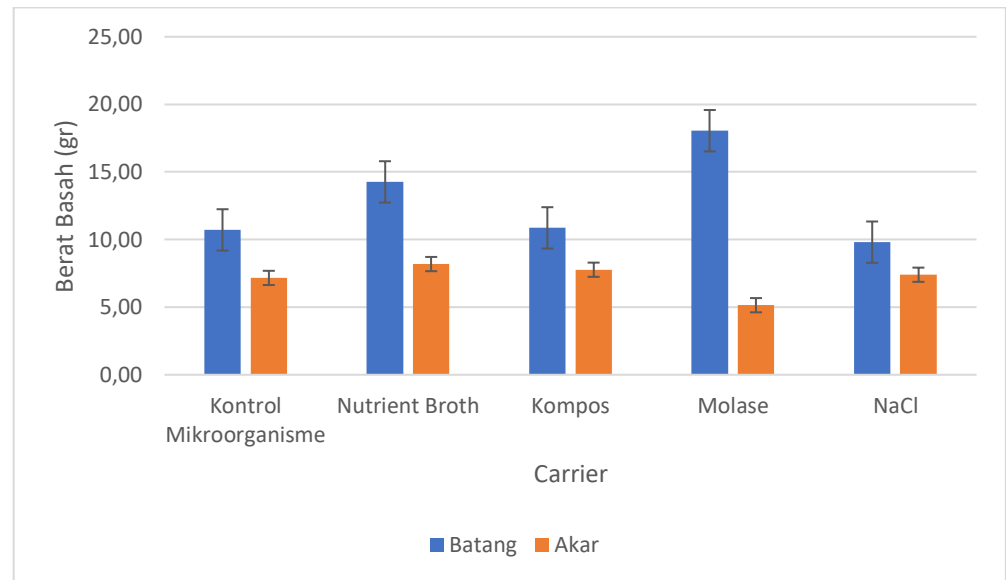
Tabel 4.16 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Akar Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	106,5945	4	26,64861	5,653442	0,010091	3,35669
Within Groups	51,85067	11	4,713697			
Total	158,4451	15				

B. Bakteri 16

Pada Gambar 4.14 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat basah jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 16, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat basah pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 10,72 gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 7,16 gr; berat basah di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 14,27 gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 8,19 gr; berat basah di jaringan batang carrier kompos yaitu 10,86 gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 7,77 gr; berat basah di jaringan batang carrier molase yaitu 18,05 gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 5,14 gr; dan berat basah di jaringan batang carrier NaCl yaitu 9,81 gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 7,40 gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat basah tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.

Secara singkat, urutan berat basah jaringan batang setiap carrier pada bakteri 16 adalah Molase>NB>Kompos>C. MO>NaCl. Urutan berat basah jaringan akar pada bakteri 16 adalah NB>Kompos>NaCl>C. MO>Molase.



Gambar 4.14 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 16 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.17 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Batang Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	356,4249	4	89,10622	12,20881	0,000129	3,055568
Within Groups	109,4777	15	7,298515			
Total	465,9026	19				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan antara 5 treatment).

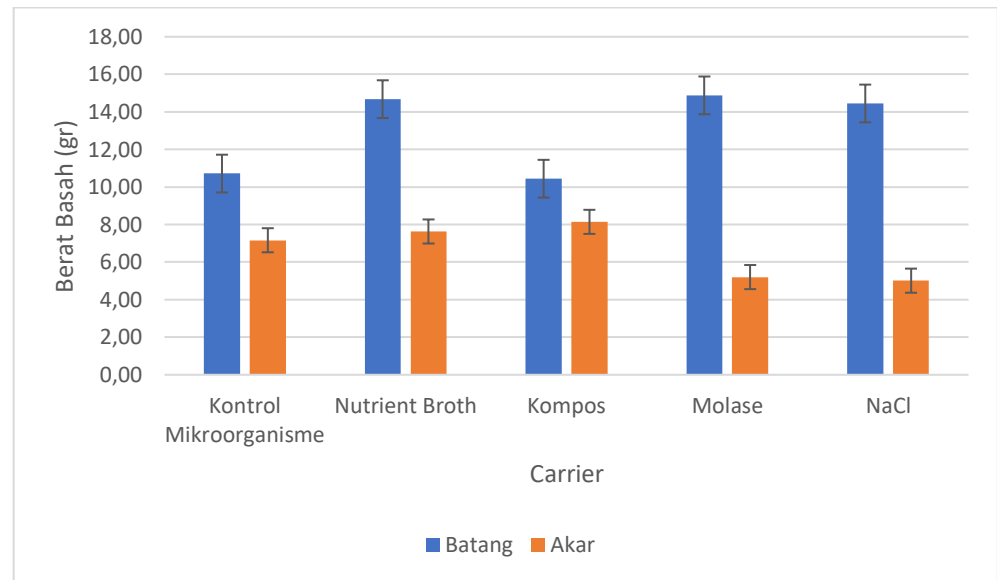
Tabel 4.18 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Akar Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	57,74701	4	14,43675	2,65898	0,073847	3,055568
Within Groups	81,4415	15	5,429433			
Total	139,1885	19				

C. Bakteri R3

Pada Gambar 4.15 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat basah jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat basah pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 10,72 gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 7,16 gr; berat basah di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 14,68 gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 7,63 gr; berat basah di jaringan batang carrier kompos yaitu 10,44 gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 8,14 gr; berat basah di jaringan batang carrier molase yaitu 14,88 gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 5,20 gr; dan berat basah di jaringan batang carrier NaCl yaitu 14,45 gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 5,01 gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat basah tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier kompos.

Secara singkat, urutan berat basah jaringan batang setiap carrier pada bakteri 16 adalah Molase>NB>NaCl>C. MO>Kompos. Urutan berat basah jaringan akar pada bakteri 16 adalah Kompos>NB>C. MO>Molase>NaCl.



Gambar 4.15 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.19 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Batang Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	235,681	4	58,92025	13,72024	0,000296	3,35669
Within Groups	47,23844	11	4,294404			
Total	282,9195	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan antara 5 treatment).

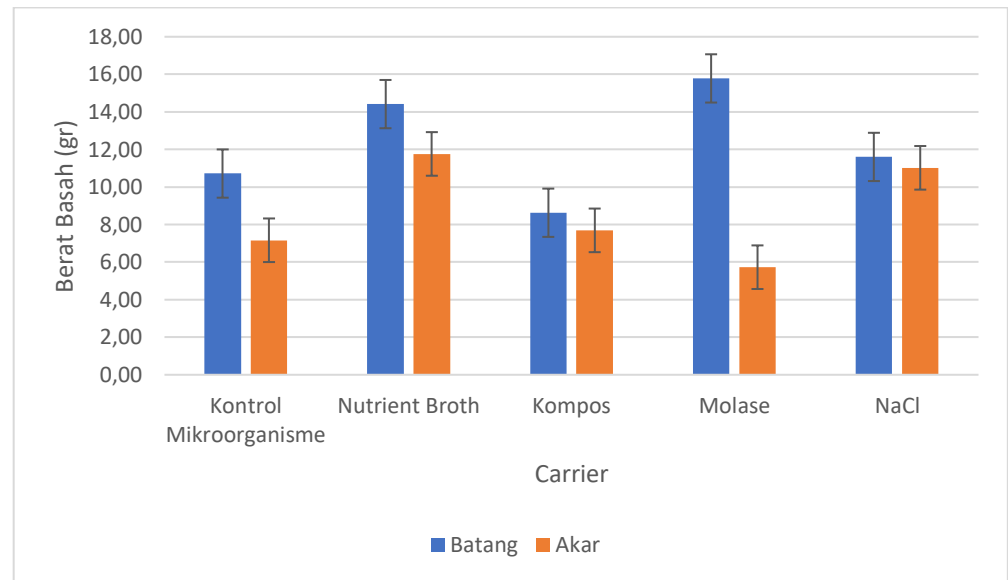
Tabel 4.20 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Akar Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	45,60831	4	11,40208	3,124792	0,060361	3,35669
Within Groups	40,13799	11	3,648908			
Total	85,7463	15				

D. Bakteri 15+R3

Pada Gambar 4.16 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat basah jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan konsorsium bakteri 15+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat basah pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 10,72 gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 7,16 gr; berat basah di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 14,41 gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 11,76 gr; berat basah di jaringan batang carrier kompos yaitu 8,63 gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 7,69 gr; berat basah di jaringan batang carrier molase yaitu 15,78 gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 5,73 gr; dan berat basah di jaringan batang carrier NaCl yaitu 11,60 gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 11,02 gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat basah tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.

Secara singkat, urutan berat basah jaringan batang setiap carrier pada bakteri 15+R3 adalah Molase>NB>NaCl>C. MO>Kompos. Urutan berat basah jaringan akar pada bakteri 15+R3 adalah NB>NaCl>Kompos>C. MO>Molase.



Gambar 4.16 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 15+R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.21 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Batang Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	240,1522	4	60,03806	31,63347	5,61E-06	3,35669
Within Groups	20,87721	11	1,897928			
Total	261,0295	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

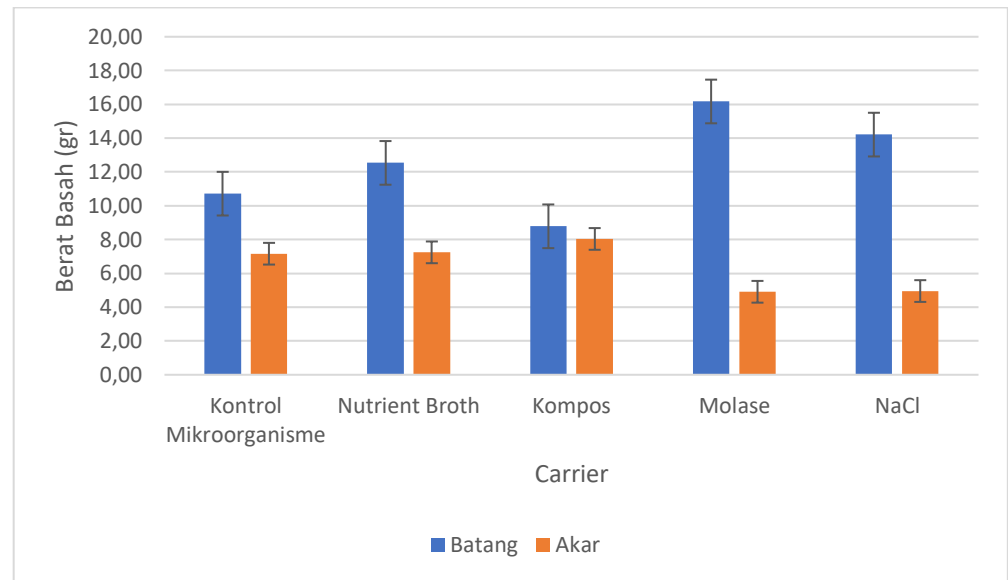
Tabel 4.22 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Akar Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	155,3153	4	38,82883	6,361535	0,006659	3,35669
Within Groups	67,14057	11	6,103688			
Total	222,4559	15				

E. Bakteri 16+R3

Pada Gambar 4.17 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat basah jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan konsorsium bakteri 16+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat basah pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 10,72 gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 7,16 gr; berat basah di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 12,54 gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 7,24 gr; berat basah di jaringan batang carrier kompos yaitu 8,78gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 8,04 gr; berat basah di jaringan batang carrier molase yaitu 16,17 gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 4,91 gr; dan berat basah di jaringan batang carrier NaCl yaitu 14,21 gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 4,95 gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat basah tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier kompos.

Secara singkat, urutan berat basah jaringan batang setiap carrier pada bakteri 16+R3 adalah Molase>NaCl>NB>C. MO>Kompos. Urutan berat basah jaringan akar pada bakteri 16+R3 adalah Kompos>NB>C. MO>NaCl>Molase.



Gambar 4.17 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 16+R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.23 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Batang Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	251,8856	4	62,97141	14,29966	0,000246	3,35669
Within Groups	48,44071	11	4,403701			
Total	300,3264	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

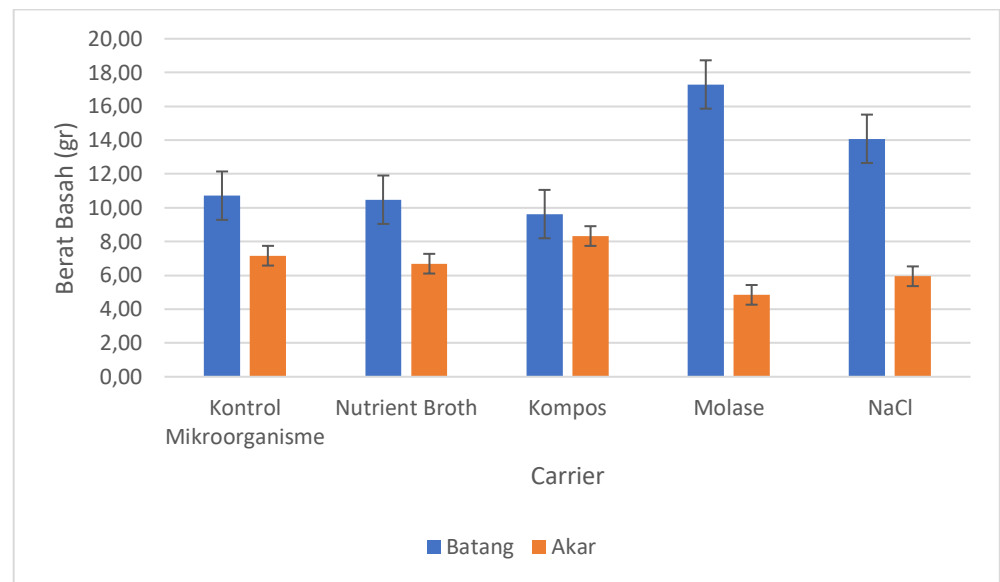
Tabel 4.24 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Akar Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	41,63845	4	10,40961	8,159382	0,002613	3,35669
Within Groups	14,03363	11	1,275784			
Total	55,67207	15				

F. Konsorsium Bakteri 15+16+R3

Pada Gambar 4.18 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat basah jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan konsorsium bakteri 15+16+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat basah pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 10,72 gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 7,16 gr; berat basah di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 10,48 gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 6,69 gr; berat basah di jaringan batang carrier kompos yaitu 9,63 gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 8,33 gr; berat basah di jaringan batang carrier molase yaitu 17,29 gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 4,85 gr; dan berat basah di jaringan batang carrier NaCl yaitu 14,08 gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 5,95 gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat basah tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier kompos.

Secara singkat, urutan berat basah jaringan batang setiap carrier pada 3 Konsorsium bakteri adalah Molase>NaCl>C. MO>NB>Kompos. Urutan berat basah jaringan akar pada 3 konsorsium bakteri adalah Kompos>C. MO>NB>NaCl>Molase.



Gambar 4.18 Grafik Rata Rata Berat Basah Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Konsorsium Bakteri 15+16+R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.25 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Batang Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	272,807	4	68,20174	25,78869	1,54E-05	3,35669
Within Groups	29,09102	11	2,644638			
Total	301,898	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat basah jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.26 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Basah Jaringan Akar Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	40,46605	4	10,11651	9,229454	0,0016	3,35669
Within Groups	12,05723	11	1,096112			
Total	52,52329	15				

g. Rangkuman hasil perhitungan Anova berat basah jaringan batang dan akar

Pada tabel berikut terdapat rangkuman mengenai hasil perhitungan anova berat basah jaringan batang dan akar pada setiap bakteri.

Tabel 4.27 Kesimpulan Anova Berat Basah Jaringan Batang dan Akar

Mikroba	Kesimpulan	
	Batang	Akar
Bakteri 15	Ada perbedaan berat basah antar carrier	Ada perbedaan berat basah antar carrier
Bakteri 16	Ada perbedaan berat basah antar carrier	Tidak ada perbedaan berat basah antar carrier
Bakteri R3	Tidak ada perbedaan berat basah antar carrier	Tidak ada perbedaan berat basah antar carrier
Bakteri 15+R3	Ada perbedaan berat basah antar carrier	Ada perbedaan berat basah antar carrier
Bakteri 16+R3	Ada perbedaan berat basah antar carrier	Ada perbedaan berat basah antar carrier

3 Konsorsium Bakteri	Ada perbedaan berat basah antar carrier	Ada perbedaan berat basah antar carrier
----------------------	---	---

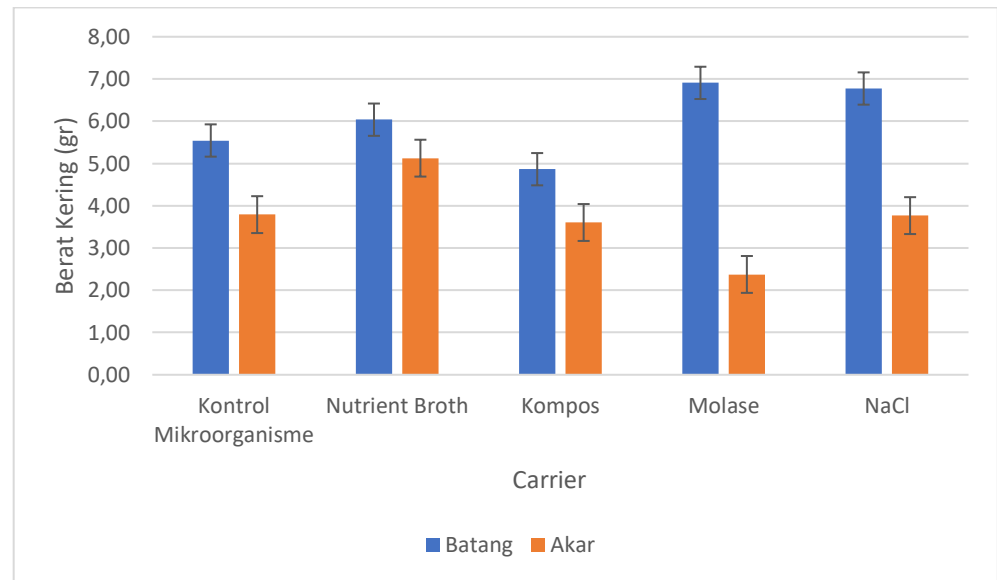
Pada tabel 4.27 dapat diperhatikan bahwa mayoritas di beberapa bakteri, penggunaan carrier memberikan perbedaan berat basah, baik di jaringan batang maupun jaringan akar.

4.1.3.2 Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar

A. Bakteri 15

Pada Gambar 4.19 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat kering jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 15, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat kering pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 5,54 gr/gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 3,79 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 6,04 gr/gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 5,13 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier kompos yaitu 4,87 gr/gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 3,60 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier molase yaitu 6,91 gr/gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 2,37 gr/gr; dan berat kering di jaringan batang carrier NaCl yaitu 6,77 gr/gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 3,77 gr/gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat kering tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.

Secara singkat, urutan berat kering jaringan batang setiap carrier pada bakteri 15 adalah Molase>NaCl>NB>C. MO>Kompos. Urutan berat kering jaringan akar pada bakteri 15 adalah NB>C MO>Kompos>NaCl>Molase.



Gambar 4.19 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 15 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.28 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Batang Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	8,975618	4	2,243905	1,538155	0,258234	3,35669
Within Groups	16,04712	11	1,458829			
Total	25,02274	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan antara 5 treatment).

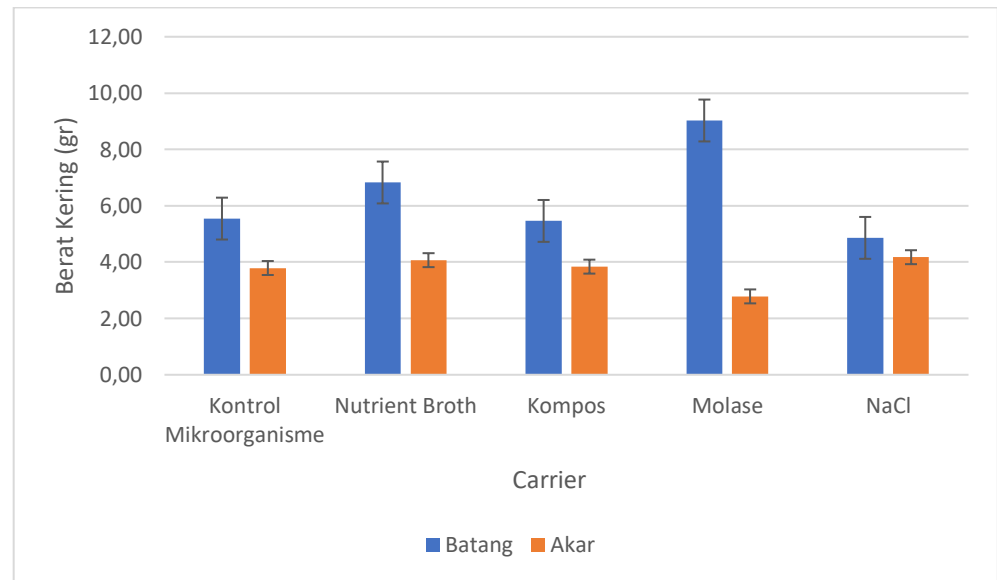
Tabel 4.29 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Akar Bakteri 15 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	11,42951	4	2,857378	2,470156	0,106092	3,35669
Within Groups	12,72436	11	1,15676			
Total	24,15387	15				

B. Bakteri 16

Pada Gambar 4.20 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat kering jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 16, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat kering pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 5,54 gr/gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 3,79 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 6,83 gr/gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 4,07 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier kompos yaitu 5,46 gr/gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 3,84 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier molase yaitu 9,03 gr/gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 2,78 gr/gr; dan berat kering di jaringan batang carrier NaCl yaitu 4,86 gr/gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 4,17 gr/gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat kering tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.

Secara singkat, urutan berat kering jaringan batang setiap carrier pada bakteri 16 adalah Molase>NB> C. MO>Kompos>Molase. Urutan berat kering jaringan akar pada bakteri 16 adalah NaCl>NB>Kompos>C. MO>Molase.



Gambar 4.20 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 16 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.30 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Batang Bakteri 16 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	44,19492	4	11,04873	5,923907	0,00458	3,055568
Within Groups	27,97663	15	1,865109			
Total	72,17155	19				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan antara 5 treatment).

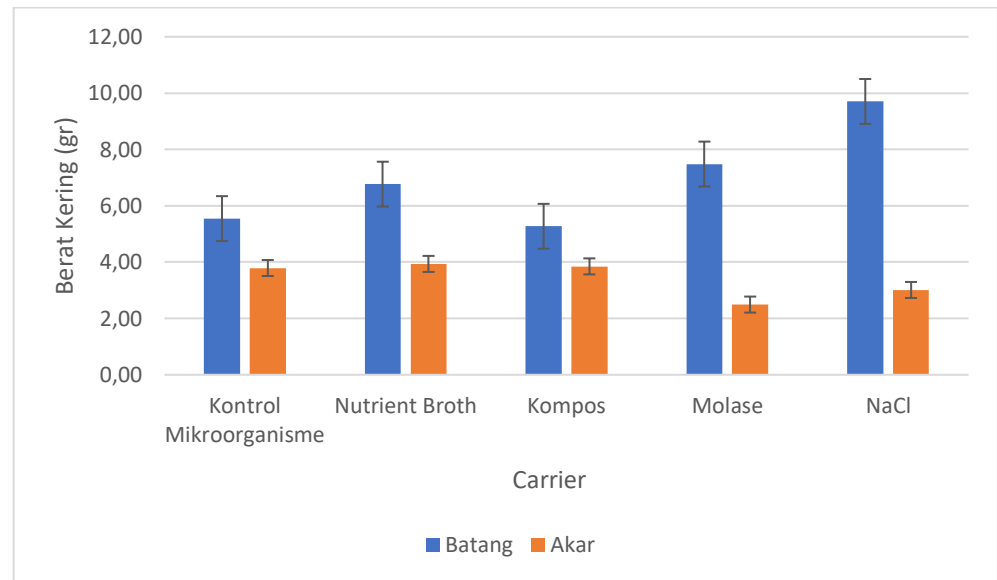
Tabel 4.31 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Akar Bakteri 16 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	4,903213	4	1,225803	0,743003	0,577443	3,055568
Within Groups	24,74693	15	1,649795			
Total	29,65014	19				

C. Bakteri R3

Pada Gambar 4.21 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat kering jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat kering pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 5,54 gr/gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 3,79 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 6,77 gr/gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 3,94 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier kompos yaitu 5,27 gr/gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 3,85 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier molase yaitu 7,48 gr/gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 2,49 gr/gr; dan berat kering di jaringan batang carrier NaCl yaitu 9,70 gr/gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 3,01 gr/gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat kering tertinggi jaringan batang terdapat di carrier NaCl, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.

Secara singkat, urutan berat kering jaringan batang setiap carrier pada bakteri R3 adalah NaCl>Molase>NB>C. MO>Kompos. Urutan berat kering jaringan akar pada bakteri 16 adalah NB>Kompos>C. MO>NaCl>Molase.



Gambar 4.21 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.32 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Batang Bakteri R3 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	39,94922	4	9,987305	1,496068	0,269424	3,35669
Within Groups	73,43272	11	6,675701			
Total	113,3819	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} < F_{crit}$, maka terima H_0 (tidak ada perbedaan antara 5 treatment).

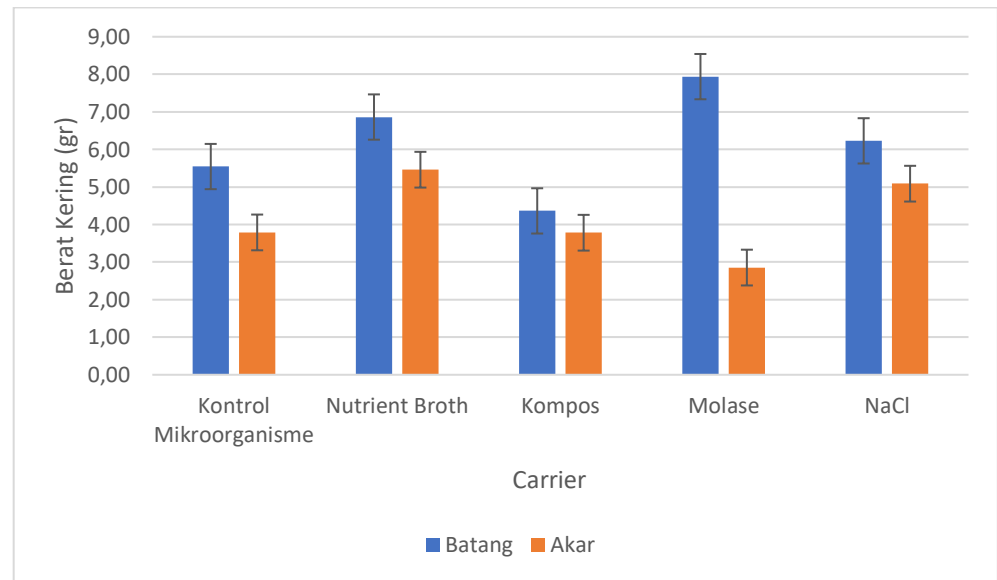
Tabel 4.33 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Akar Bakteri R3 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	4,882291	4	1,220573	1,086498	0,413842	3,47805
Within Groups	11,23401	10	1,123401			
Total	16,1163	14				

D. Bakteri 15+R3

Pada Gambar 4.22 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat kering jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 15+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat kering pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 5,54 gr/gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 3,79 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 6,86 gr/gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 5,46 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier kompos yaitu 4,36 gr/gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 3,78 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier molase yaitu 7,94 gr/gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 2,85 gr/gr; dan berat kering di jaringan batang carrier NaCl yaitu 6,23 gr/gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 5,09 gr/gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat kering tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier *Nutrient Broth*.

Secara singkat, urutan berat kering jaringan batang setiap carrier pada bakteri 15+R3 adalah Molase>NB>NaCl>C. MO>Kompos. Urutan berat kering jaringan akar pada bakteri 15+R3 adalah NB>NaCl>C. MO>Kompos>Molase.



Gambar 4.22 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 15+R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.34 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Batang Bakteri 15+R3 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	22,18244	4	5,545611	6,648716	0,005673	3,35669
Within Groups	9,174962	11	0,834087			
Total	31,3574	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

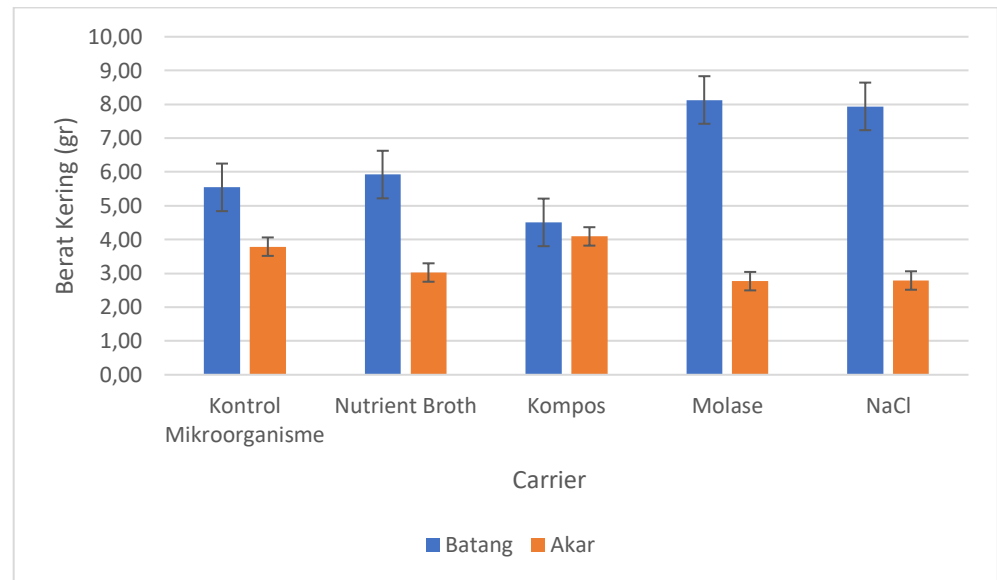
Tabel 4.35 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Akar Bakteri 15+R3 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	13,74501	4	3,436252	5,633403	0,010215	3,35669
Within Groups	6,709758	11	0,609978			
Total	20,45477	15				

E. Bakteri 16+R3

Pada Gambar 4.23 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat kering jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan bakteri 16+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat kering pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 5,54 gr/gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 3,79 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 5,92 gr/gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 3,02 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier kompos yaitu 4,51 gr/gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 4,09 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier molase yaitu 8,13 gr/gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 2,73 gr/gr; dan berat kering di jaringan batang carrier NaCl yaitu 7,94 gr/gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 2,79 gr/gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat kering tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier kompos.

Secara singkat, urutan berat kering jaringan batang setiap carrier pada bakteri 16+R3 adalah Molase>>NaCl>NB>C. MO>Kompos. Urutan berat kering jaringan akar pada bakteri 16+R3 adalah Kompos>C. MO>NB>NaCl>Molase.



Gambar 4.23 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Bakteri 16+R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.36 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Batang Bakteri 16+R3 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	30,40388	4	7,600971	3,657383	0,039494	3,35669
Within Groups	22,86079	11	2,078254			
Total	53,26467	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

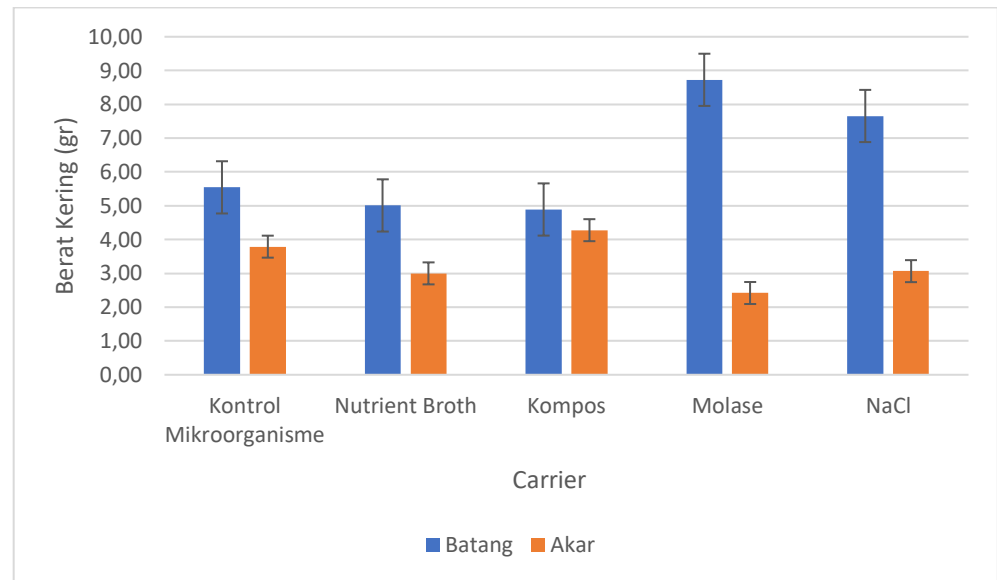
Tabel 4.37 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Akar Bakteri 16+R3 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	4,695747	4	1,173937	3,851172	0,034085	3,35669
Within Groups	3,353084	11	0,304826			
Total	8,04883	15				

F. Konsorsium Bakteri 15+16+R3

Pada Gambar 4.24 dapat diperhatikan bahwa terdapat perbedaan dari berat kering jaringan batang dan jaringan akar tanaman untuk setiap carrier dengan konsorsium bakteri 15+16+R3, hal ini disebabkan oleh perbedaan carrier untuk inokulasi mikroba ke tanah *Eucalyptus sp.* Dengan rerata berat kering pada saat setelah panen di jaringan batang kontrol mikroorganisme yaitu 5,54 gr/gr dan di jaringan akar kontrol mikroorganisme yaitu 3,79 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier *Nutrient Broth* yaitu 5,01 gr/gr dan di jaringan akar carrier *Nutrient Broth* yaitu 3,00 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier kompos yaitu 4,89 gr/gr dan di jaringan akar carrier kompos yaitu 4,28 gr/gr; berat kering di jaringan batang carrier molase yaitu 8,73 gr/gr dan di jaringan akar carrier molase yaitu 2,42 gr/gr; dan berat kering di jaringan batang carrier NaCl yaitu 7,66 gr/gr dan di jaringan akar carrier NaCl yaitu 3,07 gr/gr. Dapat diperhatikan bahwa rerata berat kering tertinggi jaringan batang terdapat di carrier molase, dan berat basah jaringan akar tertinggi terdapat di carrier kompos.

Secara singkat, urutan berat kering jaringan batang setiap carrier pada 3 konsorsium bakteri adalah Molase>NaCl>C. MO>NB>Kompos. Urutan berat kering jaringan akar pada 3 konsorsium bakteri adalah Kompos>C. MO>>NaCl>NB>Molase.



Gambar 4.24 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang dan Jaringan Akar Eucalyptus Sp. Dengan Perlakuan Carrier Berbeda dengan Konsorsium Bakteri 15+16+R3 (n=3)

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan batang, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.38 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Batang Bakteri 3 Konsorsium Bakteri 15+16+R3 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	36,42349	4	9,105872	8,198419	0,002565	3,35669
Within Groups	12,21755	11	1,110686			
Total	48,64104	15				

Menurut hasil uji One Way Anova terhadap berat kering jaringan akar, dengan hipotesis awal bahwa tidak adanya perbedaan antara 5 treatment, didapatkan nilai $F_{hitung} > F_{crit}$, maka tolak H_0 (ada perbedaan antara 5 treatment).

Tabel 4.39 Tabel Hasil Uji One Way Anova Berat Kering Jaringan Akar 3
Konsorsium Bakteri 15+16+R3 dengan Perlakuan Carrier Berbeda

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	6,568264	4	1,642066	6,578209	0,005898	3,35669
Within Groups	2,745843	11	0,249622			
Total	9,314107	15				

g. Rangkuman hasil perhitungan Anova berat kering jaringan batang dan akar

Pada tabel berikut terdapat rangkuman mengenai hasil perhitungan anova berat kering jaringan batang dan akar pada setiap bakteri.

Tabel 4.40 Kesimpulan Anova Berat Basah Jaringan Batang dan Akar

Mikroba	Kesimpulan	
	Batang	Akar
Bakteri 15	Tidak ada perbedaan berat kering antar carrier	Tidak ada perbedaan berat kering antar carrier
Bakteri 16	Ada perbedaan berat kering antar carrier	Tidak ada perbedaan berat kering antar carrier
Bakteri R3	Tidak ada perbedaan berat kering antar carrier	Tidak ada perbedaan berat kering antar carrier
Bakteri 15+R3	Tidak ada perbedaan berat kering antar carrier	Ada perbedaan berat kering antar carrier
Bakteri 16+R3	Ada perbedaan berat kering antar carrier	Ada perbedaan berat kering antar carrier

3 Konsorsium Bakteri	Ada perbedaan berat kering antar carrier	Ada perbedaan berat kering antar carrier
----------------------	--	--

Pada tabel 4.40 dapat diperhatikan bahwa mayoritas di beberapa bakteri, penggunaan carrier tidak memberikan perbedaan berat kering, baik di jaringan batang maupun jaringan akar

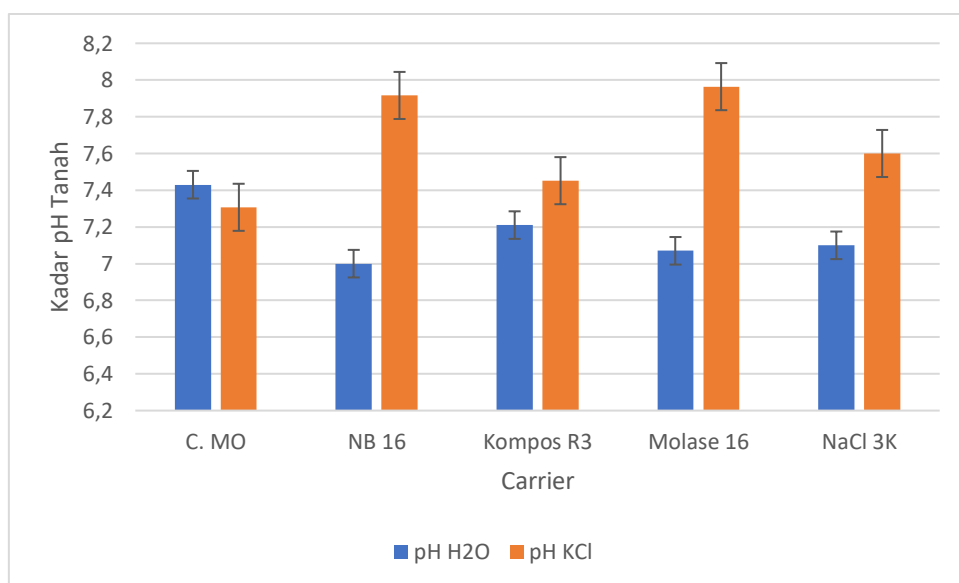
4.2 Hasil dan Analisis Pengujian pH Sampel Tanah

Derajat keasaman (pH) adalah suatu indikator yang langsung berpengaruh terhadap kemampuan larutnya unsur logam berat di dalam tanah. Dengan semakin meningkatnya pH, logam berat menjadi mengendap dan secara tidak langsung berpengaruh kepada kapasitas pertukaran kation (KPK) di dalam tanah. Peningkatan KPK berbanding lurus dengan peningkatan pH, sehingga logam berat semakin mengendap/lebih kuat sehingga sifat toksisitasnya turun (Andhini, 2017). Penentuan pH dilakukan dengan 2 cara, dengan menambahkan air (H₂O) dan dengan menambahkan larutan KCl (garam KCl dan air) ke tanah yang akan diuji untuk mengekstrak ion H⁺ dari tanah sehingga pH tanah dapat dibaca. Sampel tanah menggunakan sampel tanah dari tanaman yang memiliki kecenderungan pertumbuhan stabil dari setiap *carrier* untuk mewakili setiap *carrier*.

Berdasarkan Gambar 4.25, didapatkan data pada tanaman yang tidak diberi *carrier* dan diberi *carrier* nilai pH yang cukup bervariasi. Hasil uji pH H₂O ada di rentang 7-7,43 dengan hasil pH tertinggi ada di kontrol mikroorganisme dengan pH 7,43 dan pH terendah ada di *carrier Nutrient Broth* dengan pH 7. Hasil uji pH KCl ada di rentang 7,3-7,96 dengan hasil pH tertinggi ada di *carrier molase* dengan pH 7,96 dan pH terendah ada di kontrol mikroorganisme.

Berdasarkan banyaknya ion H⁺ yang terdapat di dalam larutan tanah dikenal dua macam pH, yaitu pH actual dan pH potensial. pH actual merupakan pengukur

pH tanah dalam larutan air atau keasaman yang terukur dari ion H^+ yang terdapat dalam larutan tanah, sedangkan pH potensial merupakan pengukur pH tanah dalam larutan garam atau keasaman yang terukur dari ion H^+ selain didalam larutan tanah juga di dalam kompleks jerapan tanah, sehingga pada pH potensial, ion H^+ yang terukur lebih banyak daripada pH actual. Oleh karena itu, perhitungan $pH = -\log (H^+)$ maka semakin banyak ion H^+ yang terukur semakin rendah nilai pH nya. Pada penelitian ini, pH actual mempunyai bahan pendesak yaitu H_2O sedangkan pada pH potensial adalah dalam garam KCl. Jika nilai pH potensial lebih besar, maka muatan tanah yang mendominasi adalah muatan negatif dan berlaku sebaliknya. Jika pH potensial lebih rendah daripada pH actual, maka muatan positiflah yang mendominasi.



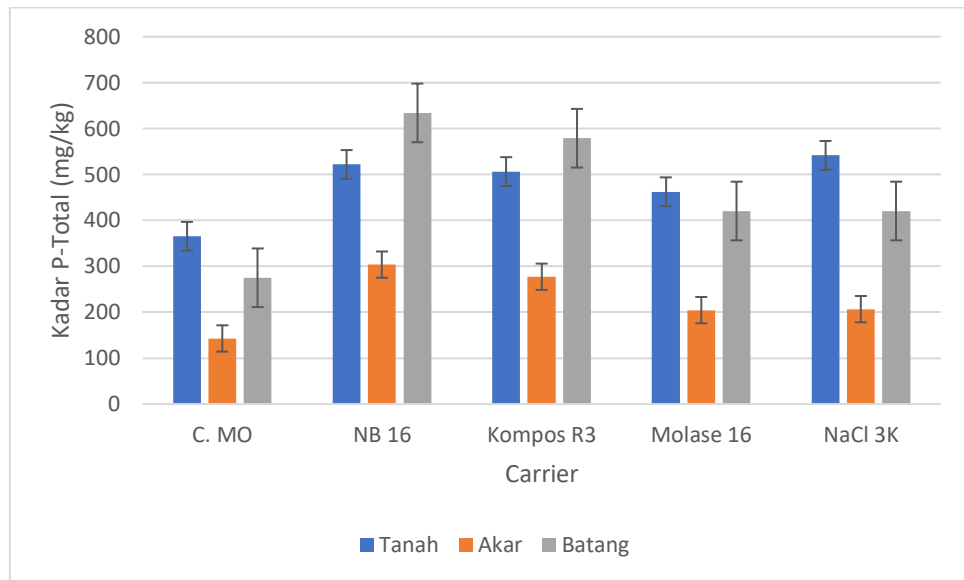
Gambar 4.25 Grafik pH H₂O dan pH KCl

4.3 Hasil dan Analisis Nutrisi dan Logam

Setiap tanaman uji diberikan inoculum bakteri melalui *Carrier* (pembawa). *Carrier* yang dipakai adalah Kompos, Molase, NaCl, dan *Nutient Broth*. Setiap *carrier* diambil tanaman yang memiliki tendensi pertumbuhan yang baik dan dilakukan pengujian beberapa parameter ke tanah, jaringan akar, dan jaringan batang. Parameter yang akan diujikan adalah Nutrisi (P-Total) dan Logam (Cd dan Mn).

4.3.1 Uji Kadar Fosfat Total (P-total)

Sampel yang diujikan diambil dari tanah, jaringan akar, dan jaringan batang. Berdasarkan gambar 4.26, dapat diperhatikan bahwa kadar P-Total pada tanah tertinggi terdapat pada carrier NaCl dengan konsentrasi sebesar 541,6 mg/kg, dengan kadar P-Total terendah ada di Kontrol Mikroorganisme dengan konsentrasi sebesar 365,3 mg/kg. Untuk jaringan akar, carrier *Nutrient Broth* memiliki kadar P-Total tertinggi sebesar 303,6 mg/kg sedangkan kontrol mikroorganisme memiliki kadar terendah dengan konsentrasi sebesar 142,8 mg/kg. Kadar tertinggi di jaringan batang terdapat di carrier *Nutrient Broth* dengan konsentrasi sebesar 634,1 mg/kg dan kadar terendah terdapat di kontrol mikroorganisme dengan konsentrasi sebesar 275,05 mg/kg. Hasil dari penelitian disajikan didalam grafik dengan hasil per carrier digabung sehingga dapat terlihat kadar P-Total di ketiga bagian tanaman yang diujikan. Semua carrier berdampak terhadap peningkatan kadar P-Total pada tiga bagian tanaman uji dengan peningkatan terbesar ada pada carrier *Nutrient Broth* dimana semua bagian meningkat kadar P-Totalnya. Hal ini dikarenakan adanya kineja mikroba bakteri 16 (PSB) yang berfungsi untuk melarutkan P tanah yang terikat menjadi tersedia, sehingga tanaman mampu menyerap hara P untuk mencukupi pertumbuhannya. Dapat dilihat di grafik carrier *Nutrient Broth*, di mana semua kadar P-Total tersebar lebih banyak dibanding dengan carrier lain dengan kadar P-Total terbesar ada di jaringan batang, menunjukkan bahwa banyak unsur P yang diserap oleh jaringan batang.



Gambar 4.26 Konsentrasi P-Total pada Sampel Tanah, Jaringan Akar, dan Batang Eucalyptus Sp.

4.3.2 Uji Kadar Cadmium

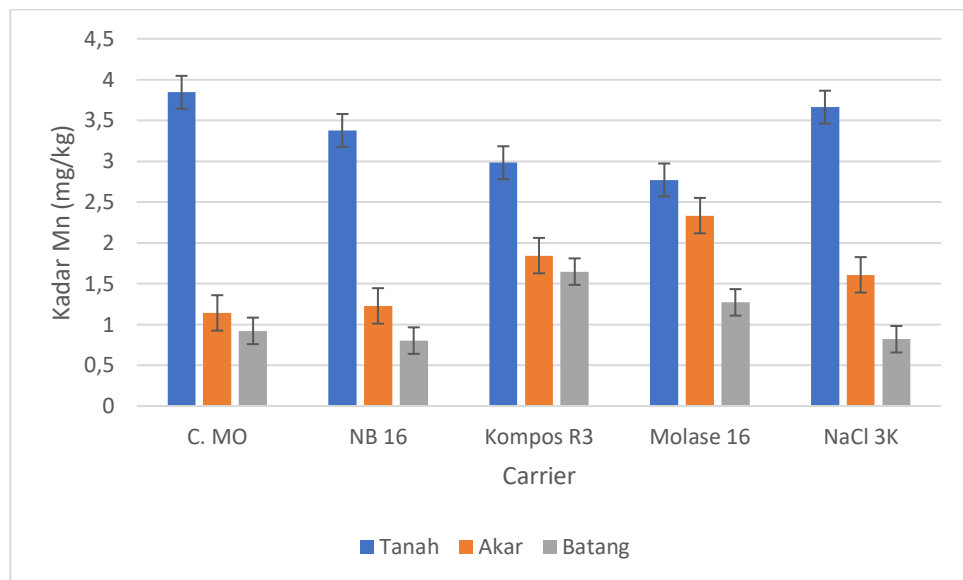
Sampel yang diujikan diambil dari tanah, jaringan akar, dan jaringan batang. Berdasarkan hasil uji Cadmium terhadap sampel tanah, jaringan akar, dan jaringan batang, kadar uji cadmium tidak dapat terdeteksi oleh instrument AAS.

4.4.3 Uji Kadar Mangan

Sampel yang diujikan diambil dari tanah, jaringan akar, dan jaringan batang. Mangan (Mn) adalah salah satu dari beberapa unsur hara mikro penting bagi tanaman, meskipun jumlah yang dibutuhkan relative sedikit namun perannya sangat besar dalam metabolisme di dalam tanaman (Harmsen, 1997). Unsur Mn mencapai tingkat toksik jika terdapat di dalam tanah dengan pH di bawah pH 6,5. Tanaman yang mengandung ± 50 ppm

Mn berfungsi untuk fotosintesis, respirasi, dan metabolisme nitrogen, karena Mn membentuk jembatan antara enzim dan substratnya (Suhariyono, 2005).

Sampel yang diujikan diambil dari tanah, jaringan akar, dan jaringan batang. Berdasarkan gambar 4.27, dapat diperhatikan bahwa kadar Mn pada tanah terdapat pada kontrol mikroorganisme dengan konsentrasi sebesar 3,884 mg/kg, dengan kadar Mn terendah ada di carrier molase dengan konsentrasi sebesar 2,77 mg/kg. Untuk jaringan akar, carrier molase memiliki kadar Mn tertinggi sebesar 2,333 mg/kg, sedangkan kontrol mikroorganisme memiliki kadar terendah dengan konsentrasi sebesar 1,14 mg/kg. Kadar tertinggi di jaringan batang terdapat di carrier kompos dengan konsentrasi sebesar 1,646 mg/kg dan kadar terendah terdapat di *Nutrient Broth* dengan konsentrasi sebesar 0,801 mg/kg. Hasil dari penelitian disajikan didalam grafik dengan hasil per carrier digabung sehingga dapat terlihat kadar Mn di ketiga bagian tanaman yang diujikan. Semua carrier berdampak terhadap peningkatan kadar Mn pada tiga bagian tanaman uji dengan peningkatan terbesar ada pada carrier *Nutrient Broth* dimana semua bagian meningkat kadar Mn-nya. Hal ini menunjukkan bahwa kadar Mn di tanah telah larut sehingga bisa diserap oleh bagian akar dan bagian jaringan batang tanaman.



Gambar 4.27 Konsentrasi Mn pada Sampel Tanah, Jaringan Akar, dan Batang Eucalyptus Sp.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Penerapan *carrier* mikroorganisme meningkatkan tingkat pertumbuhan dari tumbuhan *eucalyptus* dari segi tinggi tanaman dan diameter tanaman serta biomassa tanaman.
2. Terdapat perbedaan kandungan dalam parameter uji dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan pemberian *carrier*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk pengembangan selanjutnya adalah:

1. Melakukan penelitian mengenai perbandingan kondisi dan karakteristik sebelum dan sesudah kegiatan tambang.
2. Melanjutkan penelitian ini sampai akhirnya dapat langsung diaplikasikan ke lahan bekas tambang aspal alam terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

- Adman, B. (2012). Potensi Jenis Pohon Lokal Cepat Tumbuh Untuk Pemulihan Lingkungan Lahan Pascatambang Batubara. Thesis Universitas Diponegoro Semarang
- Aji, A. S. 1994. Ketahanan Hidup *Rhizopseudomonas* dalam Media Kompos dan Gambut serta Efektivitasnya sebagai Pemicu Pertumbuhan Tanaman dan Pengendali Penyakit Layu Bakteri Pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculatum*). Skripsi. Bogor:Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Andhini, N. F. (2017). Pengaruh Penggenangan dan Konsentrasi Pb Terhadap Pertumbuhan dan Serapan Pb pada Tanah. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Arif, I., 2007. Perencanaan Tambang Total Sebagai Upaya Penyelesaian Persoalan Lingkungan Dunia Pertambangan, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Asphalt Institute, 1993, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types*, Manual Series No. 6 (MS-6), Sixth Edition, Lexington, USA.
- ASTM (1994) *American Standard for Testing Materials*. West Conshohocken.
- Bitumen, Wika. 2020. Company Profile.
- Chironis, Nicholas P, 1987, *Coal Age Operating Handbook of Coal Surface Mining and Reclamation*, Vol. 2, McGraw-Hill, Inc, New York, 10020.
- Departemen Pertambangan dan Energi. 1967. *Pedoman Reklamasi Lahan Bekas Tambang*. Jakarta. Direktorat Jenderal Pertambangan Umum.
- Gupta, R. P., A. Kalia., S. Kapoor. 2007. *Bioinoculant A Step Towards Sustainable Agriculture*. New Delhi: New India Publishing Agency.

- Hardiani, dkk. 2011. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking. Jurnal Selulosa, Vol. 1, No 1, Juni 2011: hal 35
- Harmsen, K. 1997. Behavior of Heavy Metals in Soils. Agricultural research reports. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen
- Hasibuan, Melati. 2006. Dampak Penambangan Bahan Galian C terhadap Lingkungan Sekitarnya di Kabupaten Deli Serdang”. Jurnal Penelitian Equality, Vol. 11 No. 1 Februari 2006
- Karnataka. 2007. “Enhanced survival and performance of phosphate solubilizing bacterium in maize through *carrier* enrichment”. Journal Agricultural Science. 20(1) : 170-172
- Leomo, S., Mudi, L. A., & Alam, S. (2013). Aplikasi rizobakteri pada cover crop dalam mempengaruhi sifat kimia tanah bekas tambang nikel. Jurnal Agroteknos. 3(1), 26– 33.
- Mashuri. (2010). Karakteristik Aspal Sebagai Bahan Pengikat Yang Ditambahkan Styrofoam. SMARTek.
- Rahmawaty, 2002. Restorasi Lahan Bekas Tambang berdasarkan Kaidah Ekologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rahma S. (2019). Peningkatan Unsur Hara Kalium Dalam Tanah Melalui Aplikasi POC Batang Pisang dan Sabut Kelapa. Jurnal Ecosolum Volume 8, Nomor 2
- Rianung, S, 2007, Kajian Laboratorium Pengaruh Bahan Tambah Gondorukem pada Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Terhadap Nilai Propertis Marshall dan Durabilitas, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

- Subowo. 2011. Panambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan dan Upaya Reklamasi Pasca Tambang Untuk Memperbaiki Kualitas Sumberdaya Lahan dan Hayati Tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*.
- Sudrajat, A., 1988. Bahan Galian Aspal, Bahan Galian Industri. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Suhariyono, G., & Menry, Y. (2005). Analisis karakteristik unsur-unsur dalam tanah di berbagai lokasi dengan menggunakan xrf. *Ppi-Pdipn 2005*, 197–206.
- Sukirman, Silvia. 2003. “Beton Aspal Campuran Panas”. Granit. Jakarta
- Surtikanti, H.K. 2011. Toksikologi Lingkungan dan Metode Uji Hayati. Bandung : Rizqi Press
- Tyas, I.N. 2008. Pemanfaatan kulit pisang sebagai bahan pembawa inokulum bakteri pelarut fosfat. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas maret.
- Utami, H. (2009). Kajian Sifat Fisik, Sifat Kimia dan Sifat Biologi Tanah Pasca Tambang Galian C pada Tiga Penutupan Lahan. Bogor: Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Widawati, S., S. dan S. (2015). Isolasi dan uji efektivitas Plant Growth Promoting Rhizobacteria di lahan marginal pada pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr.) var. Wilis. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1, 59–65.

LAMPIRAN



