

**KEMAMPUAN CENDAWAN PELARUT KALIUM DAN ABU TANAMAN
SUMBER KALIUM DALAM MENINGKATKAN KETERSEDIAAN
KALIUM SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKSI
KACANG TANAH (*Arachis hypogaeae* L.)**

*THE ABILITY OF POTASSIUM SOLUBILIZING FUNGI AND POTASSIUM
SOURCE PLANTS ASHES IN INCREASING THE AVAILABILITY OF
POTASSIUM AND THEIR EFFECT ON
THE PRODUCTION OF PEANUT (*Arachis hypogaeae* L.)*

ANDI RAHAYU ANWAR

P013181006



**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

**KEMAMPUAN CENDAWAN PELARUT KALIUM DAN ABU TANAMAN
SUMBER KALIUM DALAM MENINGKATKAN KETERSEDIAAN KALIUM
SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKSI
KACANG TANAH (*Arachis hypogaeae* L.)**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Doktor

Program Studi

Ilmu Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

ANDI RAHAYU ANWAR

Kepada

**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

DISERTASI

**KEMAMPUAN CENDAWAN PELARUT KALIUM DAN ABU TANAMAN
SUMBER KALIUM DALAM MENINGKATKAN KETERSEDIAAN KALIUM
SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKSI
KACANG TANAH (*Arachis hypogaeae* L.)**


ANDI RAHAYU ANWAR

NIM P013181006

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Studi Doktor Ilmu Pertanian
Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin
pada tanggal 01 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

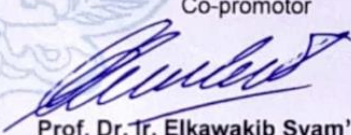
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Promotor,


Prof. Dr. Ir. Ambo Ala, MS.
NIP.19541231 198102 1006


Co-promotor


Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc
NIP.19650316 198903 2002


Co-promotor


Prof. Dr. Ir. Elkawakib Syam'un, M.Si
NIP. 19560318 198503 100

Plt. Ketua Program Studi S3
Ilmu Pertanian,


Prof. Baharuddin, S.T.M.Arch. Ph.D
NIP..19690308 199512 1001

Dekan Sekolah Pascasarjana,


Prof. dr. Budu, Ph.D, Sp.M(K), M.Med Ed
NIP.19661231 188503 1009.

**PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, disertasi berjudul “Kemampuan Cendawan Pelarut Kalium Dan Abu Tanaman Sumber Kalium Dalam Meningkatkan Ketersediaan Kalium Serta Pengaruhnya Terhadap Produksi Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.)” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Ir. Ambo Ala, MS sebagai Promotor dan Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc sebagai co-promotor-1 serta Prof. Dr. Ir. Elkawakib Syam’un, M.Si sebagai co-promotor-2). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di Jurnal Prosiding IOP Conf.Series: Earth and Enviromental Science 807(2021) 042044 DOI: 10.1088/1755-1315/807/4/042044 sebagai artikel dengan judul “Effect of Ashing Temperature on Potassium Nutrient Content of Various Organic Matter” dan di Jurnal Biodiversitas Volume 23, Number 12, Desember 2022 Page 6579-6586 Doi:10.13057/biodiv/d231257 dengan judul artikel “The Ability of Potassium-solubilizing Fungi Isolated From Leucite Potassium Rock Deposits”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 14 Februari 2023



Andi Rahayu Anwar
Andi Rahayu Anwar
NIM P013181006

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan penulisan disertasi dengan judul penelitian “Kemampuan Cendawan Pelarut Kalium Dan Abu Tanaman Sumber Kalium Dalam Meningkatkan Ketersediaan Kalium Serta Pengaruhnya Terhadap Produksi Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaeae* L)”. Disertasi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Pertanian Pascasarjana, Universitas Hasanuddin.

Selama studi doktoral, baik pelaksanaan penelitian, maupun penulisan disertasi ini, penulis banyak mendapatkan dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu patut kiranya penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Alm. ayahanda Letkol (purn). A. Anwar dan Almh. Ibunda tercinta Hj. A.Dalawi Isa dan atas do'a tulus, cinta dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis.
2. Prof.Dr.Ir. Ambo Ala, M.S. sebagai promotor, Prof.Dr. Ir. Tutik Kuswinanti M.Sc., dan Prof. Dr.Ir. Elkawakib Syam'un, M.Si sebagai kopromotor atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari perencanaan hingga penyelesaian penulisan disertasi ini.
3. Prof. Dr. Ir. Fadry Jufry, M.Si sebagai penguji eksternal yang telah memberikan masukan dan saran untuk penyempurnaan disertasi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl.Ing., Dr. Ir. Burhanuddin Rasyid, M.Sc, Dr. Ir. Muh. Riadi, M.P., Dr.Ir. Katriani Mantja, M.P.. sebagai tim penguji internal yang telah memberikan masukan dan saran untuk penyempurnaan disertasi ini.
5. Pimpinan Universitas Hasanuddin dan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program Doktor.
6. Pimpinan LLDIKTI Wil IX, Rektor , Dekan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Makassar yang telah memberikan izin belajar pada Program Doktor Ilmu Pertanian Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
7. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Makassar atas dukungn dan semangat yang diberikan kepada penulis.

8. Tim Laboran Laboratorium Hama dan Penyakit dan Petugas Lapangan Eksperimental Farm Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam penelitian ini.
9. Rekan-rekan Mahasiswa S3 Angkatan 2018 yang sama-sama berjuang dalam menempuh Pendidikan S3, baik dalam suka maupun duka selama menyelesaikan studi.
10. Kakak saya tercinta A.Rachmawati Anwar,SE,M.M, (Alm).Dr.Ir.A.Jamaluddin Anwar,M.Sc, (Alm).A. Muh. Natsir Anwar, (Almh). dr. A.Rahmatiah Anwar, M.Kes, A.Hasanuddin Anwar,S.S, M.Si. dan ipar saya A. Akhram Pieter,S.Sos, Dr. Ir. Anshar Sp., Ir. A.Srikandi, Linda Djepu atas do'a, dukungan moril maupun materil serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
11. Bapak mertua Drs. H. A.Darwis Alwi dan Almh. Ibu mertua Hj.Sehang Rakhim,B.A atas doa dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.
12. Terkhusus suami tercinta AKBP.Dr. dr..Andi Darni Jaya,Sp.Rad, M.Kes dan anakku tersayang Andi Muh.Rifqi Sanjaya dan Andi Muh.Rifat Sanjaya atas do'a restu, semangat, dukungan moril maupun materil serta motivasi yang sangat besar yang telah diberikan kepada penulis.

Harapan penulis semoga disertasi ini dapat bermanfaat bagi para praktisi pendidikan dan penelitian dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya bidang pertanian serta dapat dijadikan sebagai rujukan bagi peneliti atau penulis karya ilmiah lainnya. Akhir kata penulis berbesar hati apabila para pembaca sudi memberikan kritik, saran dan masukan dalam rangka proses penulisan dan penelitian berikutnya.

Makassar, 14 Februari 2023

Andi Rahayu Anwar

ABSTRAK

ANDI RAHAYU ANWAR. *Kemampuan Cendawan Pelarut Kalium dan Abu Tanaman Sumber Kalium dalam Meningkatkan Ketersediaan Kalium serta Pengaruhnya Terhadap Produksi Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaeae* L.)* (dibimbing oleh **Ambo Ala, Tutik Kuswinanti dan Elkawakib Syam'un**)

Kalium merupakan salah satu unsur hara makro yang berperan penting terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah, terutama pada proses pembentukan biji dan hasil polong. Kalium yang terdapat di dalam tanah adalah sekitar 90 – 98%, tetapi yang tersedia bagi tanaman hanya 2-10%, sehingga diperlukan cara lain untuk mempercepat proses pelapukan mineral pembawa kalium yaitu dengan pemanfaatan cendawan pelarut kalium dan dengan penambahan abu tanaman sumber kalium organik yang diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan kalium di dalam tanah dan diserap oleh tanaman. Penelitian bertujuan untuk: 1) memperoleh jenis cendawan yang mampu meningkatkan ketersediaan kalium dari batuan leusit; 2) memperoleh suhu ideal untuk proses pengabuan biomassa tanaman sebagai sumber kalium 3) mendapatkan biomassa jenis tanaman yang memiliki kandungan K tinggi. 4) mendapatkan cendawan pelarut kalium dan dosis abu batang pisang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah. Penelitian terdiri 3 tahap yaitu: 1) isolasi, seleksi, identifikasi, uji kemampuan cendawan melarutkan kalium dari batuan Leusit; 2) produksi abu dari biomassa tanaman sebagai sumber kalium organik dengan perlakuan berbagai suhu pembakaran yaitu 300, 600, dan 900°C; 3) aplikasi jenis cendawan pelarut kalium dan dosis abu batang pisang pada tanaman kacang tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat cendawan dengan indeks pelarutan kalium tertinggi dan telah diidentifikasi molekuler adalah *Aspergillus unguis*, *Metharizium carneum*, *Aspergillus austwickii*, *Meyerozima caribbica*, *Milerozima farinose* dan jumlah kalium tukar (K-exch.) tertinggi adalah *Metharizium carneum* dengan jumlah 919,8 mg L⁻¹ dan *Aspergillus unguis* sebesar 69,33 mg L⁻¹. Bahan organik yang menghasilkan % Kalium tertinggi adalah abu batang pisang pada suhu pembakaran 300°C sebanyak 9,82% K. Perlakuan abu batang pisang dosis 1 ton/ha dan perlakuan cendawan jenis 2 (*Metharizium carneum*) memberikan pengaruh yang baik terhadap produksi polong kering kacang tanah (2,3 ton/ha) dan biji kering kacang tanah (1,48 ton/ha).

Kata kunci: *abu tanaman, batuan leusit, cendawan pelarut, kacang tanah, kalium.*



ABSTRACT

ANDI RAHAYU ANWAR. *The Ability of Potassium Solubilizing Fungi and Potassium Source Plant Ash in Increasing Potassium Availability and Their Effect on Peanut (*Arachis hypogaeae* L) Production* (supervised by **Ambo Ala, Tutik Kuswinanti, and Elkawakib Syam'un**)

One of the macronutrients that plays an important role in the growth and production of peanut plants, especially in the process of seeds formation and pods filling is Potassium. Potassium contained in the soil around 90 to 98 % but only 2 to 10% available to plants. Thus, other alternative is needed to accelerate the weathering process of potassium-carrying minerals, such as by using potassium-solubilizing fungi and by adding plant ash as a source of organic potassium which is expected to increase the availability of potassium in the soil and be absorbed by plants. This research aims to 1) study and to obtain the kind of fungus that can increase the availability of potassium from leucite rock; 2) study the ideal temperature for the process of incineration of plant biomass to be used as potassium source; 3) to obtain a type of plant biomass that has a high K content; and 4) to determine the best doses of potassium-solubilizing fungi and banana stem ash for the best growth and production of peanut. The research consisted of 3 stages of experiments: 1) isolation, selection, identification, and examine the ability of the fungus to dissolve potassium from Leucite rock; 2) production processing of ash from plant biomass as a source of organic potassium with various pyrolysis temperatures, viz.: 300°C, 600°C, and 900°C; 3) application of potassium-solubilizing fungi and the dose of banana stem ash on peanut plants. Results showed that the fungal isolates with the highest potassium dissolution index and have identified the molekuler were *Aspergillus unguis*, *Metharizium carneum*, *Aspergillus austwickii*, *Meyerozima caribbica*, *Milerozima farinose*, and the highest amount of potassium exchange (K-exch.) was *Metharizium carneum* and *Aspergillus unguis* with a total of 919.8 mg L⁻¹ and 69.33 mg L⁻¹, respectively. The organic material that produced the highest potassium content was banana stem ash (9.82% K) at a pyrolysis temperature of 300°C. Treatment of banana stem ash at a dose of 1 t ha⁻¹ and treatment of fungus type 2 (*Metharizium carneum*) result in a good effect on the production of dry peanut pods (2.3 t ha⁻¹) and dry peanut seeds (1.48 t ha⁻¹).

Keywords: *potassium, potassium solubilizing fungi, leucite rock, peanut, plant ash.*



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH, SINGKATAN, DAN LAMBANG	xvii
BAB I PENDAHULUAN UMUM	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Kegunaan Penelitian.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.6 Kebaruan Penelitian	8
1.7 Hipotesis.....	8
1.8 Kerangka Konseptual.....	9
1.9 Daftar Pustaka.....	
BAB II KEMAMPUAN CENDAWAN PELARUT KALIUM BERASAL DARI DEPOSIT BATUAN KALIUM LEUSIT	
Abstrak	10
2.1 Pendahuluan.....	11
2.2 Metode Penelitian	14
2.3 Hasil	22
2.4 Pembahasan.....	38
2.5 Kesimpulan.....	39

2.6 Daftar Pustaka	
BAB III EFEK SUHU PENGABUAN BEBERAPA BAHAN ORGANIK TERHADAP KANDUNGAN UNSUR HARA KALIUM	
Abstrak	
3.1 Pendahuluan.....	41
3.2 Metode Penelitian	42
3.3 Hasil dan Pembahasan.....	44
3.4 Kesimpulan.....	49
3.5 Daftar Pustaka	
BAB IV PENGARUH CENDAWAN PELARUT KALIUM DENGAN DOSIS ABU BATANG PISANG TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN KACANG TANAH	
Abstrak	
4.1 Pendahuluan	50
4.2 Metode Penelitian	52
4.3 Hasil	56
4.4 Pembahasan.....	73
4.5 Kesimpulan	77
4.6 Daftar Pustaka	
BAB V PEMBAHASAN UMUM	78
BAB VI KESIMPULAN UMUM DAN SARAN.....	84
7.1 Kesimpulan.....	85
7.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	87
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

2.1	Daftar potasium (K) yang mengandung mineral dengan komposisi kimia dan kandungan Kalium	12
2.2	Komposisi media Alexandrov agar	17
2.3	Interaksi antara dua species cendawan	20
2.4	Lokasi dan vegetas Pengambilan Sampel Tanah.....	22
2.5	Analisa Kimia berdasarkan pengambilan sampel tanah	23
2.6	Jumlah Isolat Cendawan dari beberapa vegetasi tanaman di Kecamatan Tanete Rilau Kabupaten Barru.....	23
2.7	Jumlah cendawan pelarut kalium yang menunjukkan zona bening dari beberapa vegetasi tanaman di kecamatan Tanete Rilau	24
2.8	Jumlah isolate Cendawan yang diuji kemampuannya dalam melarutkan kalium	24
2.9	Rata rata Diameter Koloni, Diameter Zona Bening , Indeks Pelarutan cendawan pelarut kalium secara kualitatif pada media aleksandrov agar hari ke 13 (pengamatan terakhir) sumber kalium	25
2.10.	Rata rata nilai indeks pelarutan (IP) cendawan pelarut kalium hari ke 13 dengan sumber kalium K_2HPO_4 dan leusit Barru	27
2.11.	Jumlah Kalium dapat ditukar (K-dd) pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium K_2HPO_4 dan batuan Leusit Barru.....	28
2.12	Identifikasi Cendawan Pelarut Kalium	30
2.13.	Analisis Sekuensing isolate cendawan pelarut kalium	37
3.1.	Kadar Air Bahan Organik	44
3.2.	Kadar Abu bahan organik dengan variasi suhu pembakaran	44
3.3.	Hasil Pengujian Kandungan Unsur Hara Abu Tanaman Pada Berbagai Suhu Pembakaran	46
3.4.	Kadar Unsur hara kalium (%) dengan variasi suhu pembakaran	47
4.1	Analisis Kimia Sampel Tanah Lokasi Penelitian	56
4.2.	Rata-rata Tinggi Tanaman (cm) Kacang Tanah pada umur 35 hari setelah tanam	56
4.3.	Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Kacang Tanah pada umur 35 hari setelah tanam	57

4.4	Rata-rata Bobot Brangkas Kering (g) tanaman kacang tanah.....	59
4.5	Rata-rata Jumlah Polong per sampel tanaman kacang tanah	60
4.6	Rata-rata persentase Polong Berisi Kacang Tanah	60
4.7.	Rata-rata Berat Polong Kering per Sampel (g)	62
4.10.	Rata-rata Berat Biji Kering (g) per Plot	64
4.11	Rata-rata Berat Biji Kering (g) tanaman sampel	65
4.12.	Rata-rata Berat 100 Biji Kering (g)	65
4.13.	Rata-rata Kadar Kalium Total pada saat pembungaan (%)	65
4.14.	Rata-rata Kadar Kdd Jaringan Tanaman Pada Saat Pembungaan (Primordia)	66
4.15.	Rata-rata Kadar Kalium Kulit Kacang	67
4.16.	Rata-rata Kadar Kalium jaringan tanaman saat panen	67
4.17.	Rata-rata Kadar Kalium Kacang Tanah pada saat panen.....	68
4.18.	Rata-rata Kerapatan Stomata Tanaman Kacang Tanah.....	69
4.19.	Rata-rata Luas Bukaan Stomata Tanaman Kacang Tanah	70
4.20.	Rata-rata Klorofil a	71
4.21.	Rata-rata klorofil b	71
4.22.	Rata-rata klorofil total	72

DAFTAR GAMBAR

1.1. Kerangka Konseptual.....	9
2.1 Lokasi Pengambilan sampel Tanah	16
2.2 Zona bening isolate cendawan pelarut kalium.....	26
2.3. Jumlah kalium dapat ditukar (Kdd) pada media aleksandrov cair dengan sumber kalium K_2HPO_4 dan leusit Barru	29
2.4 Cendawan Pelarut Kalium secara makroskopis dan mikroskopis.....	32
2.5 Produksi IAA cendawan pelarut kalium	34
2.6 Uji IAA cendawan pelarut kalium	34
2.7 Produksi GA3 cendawan pelarut kalium	35
2.8 Rata rata persentase penghambatan cendawan pelarut kalium terhadap pathogen <i>Fusarium</i> ,sp	36
3.1 Alat pembuatan abu batang pisang suhu pembakaran $300^{\circ}c$	48
3.2 Hasil pembakaran batang pisang suhu $300^{\circ}c$	49
4.1 Rata-rata Jumlah Cabang Tanaman Kacang Tanah pada umur 35 hari setelah tanam	58
4.2 Rata-rata Berat Polong Basah (kg) Tanaman Kacang Tanah	63
4.3 Rata-rata Berat Polong Kering (kg) per plot	63
4.4 Rata-rata Persentase Polong Berisi Kacang Tanah per sampel.....	

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Sidik Ragam pengamatan Rata-rata Diameter Koloni K_2HPO_4 Pengamatan 4 Hari.....
- Lampiran 2 Sidik Ragam pengamatan Diameter Koloni K_2HPO_4 Pengamatan 7 Hari
- Lampiran 3 Sidik Ragam pengamatan Rata-rata Diameter Koloni K_2HPO_4 Pengamatan 10 Hari
- Lampiran 4 Sidik KeRagaman pengamatan Rata-rata Diameter Koloni K_2HPO_4 Pengamatan 13 Hari
- Lampiran 5 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Zona Bening K_2HPO_4 Pengamatan 4 Hari
- Lampiran 6 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Zona Bening K_2HPO_4 Pengamatan 7 Hari
- Lampiran 7 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Zona Bening K_2HPO_4 Pengamatan 10 Hari
- Lampiran 8 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Zona Bening K_2HPO_4 Pengamatan 13 Hari
- Lampiran 9 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Koloni Batuan Pengamatan 4 Hari
- Lampiran 10 Rata-rata Diameter Koloni Batuan Pengamatan 7 Hari
- Lampiran 11 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Koloni Batuan Pengamatan 10 Hari
- Lampiran 12 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Koloni Batuan Pengamatan 13 Hari
- Lampiran 13 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Koloni Batuan Pengamatan 4 Hari
- Lampiran 14 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Koloni Batuan Pengamatan 7 Hari
- Lampiran 15 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Koloni Batuan Pengamatan 10 Hari
- Lampiran 16 Sidik Ragam Rata-rata Diameter Zona Bening Batuan Pengamatan 13 Hari

- Lampiran 17 Sidik Ragam Rata-rata Hasil Transformasi $\sqrt{x+1}$ IP Batuan Pengamatan 4 Hari
- Lampiran 18 Sidik Ragam Rata-rata Hasil Transformasi $\sqrt{x+1}$ IP Batuan Pengamatan 7 Hari
- Lampiran 19 Sidik Ragam Rata-rata Hasil Transformasi $\sqrt{x+1}$ IP Batuan Pengamatan 10 Hari
- Lampiran 20 Sidik Ragam Rata-rata Hasil Transformasi $\sqrt{x+1}$ IP Batuan Pengamatan 13 Hari
- Lampiran 21 Sidik Ragam Rata-rata Kadar IAA
- Lampiran 22 Sidik Ragam Rata-rata Kadar GA3
- Lampiran 23 Rata-rata Daya Hambat Hari ke 1 –hari ke-8 Isolat cendawan pelarut kalium dengan cendawan pathogen *fusarium sp*
- Lampiran 24 Hasil Uji Molekuler Cendawan Pelarut Kalium
- Lampiran 25 Sidik Ragam Rata-rata Tinggi Tanaman Kacang Tanah Umur 2 MST
- Lampiran 26 Sidik Ragam Rata-rata Tinggi Tanaman Kacang Tanah Umur 3 MST
- Lampiran 27 Sidik Ragam Rata-rata Tinggi Tanaman Kacang Tanah Umur 4 MST
- Lampiran 28 Sidik Ragam Rata-rata Tinggi Tanaman Kacang Tanah umur 5 MST
- Lampiran 29 Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Kacang Tanah 2 MST
- Lampiran 30 Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Kacang Tanah 3 MST
- Lampiran 31 Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Kacang Tanah 4 MST
- Lampiran 32 Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Daun kacang tanah umur 5 MST
- Lampiran 33 Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Cabang tanaman kacang tanah umur 2 MST
- Lampiran 34 Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Cabang tanaman kacang tanah umur 3 MST

- Lampiran 35 Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Cabang tanaman kacang tanah umur 4 MST
- Lampiran 36 Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Cabang tanaman kacang tanah umur 5 MST
- Lampiran 37 Sidik Ragam Rata-rata Bobot Brangkas Basah
- Lampiran 38 Sidik Ragam Rata-rata Bobot Brangkas Kering
- Lampiran 39 Sidik Ragam Rata-rata Berat Biji Kering per Plot
- Lampiran 40 Sidik Ragam Rata-rata Berat Biji Kering per Tanaman
- Lampiran 41 Sidik Ragam Rata-rata Persentase Polong Berisi per sampel tanaman
- Lampiran 42 Sidik Ragam Rata-rata Berat Polong Basah per Plot
- Lampiran 43 Sidik Ragam Rata-rata Berat Polong Kering per Plot
- Lampiran 44 Sidik Ragam Rata-rata Hasil Transformasi $\sqrt{x + 0.5}$ Kadar Kalium Total
- Lampiran 45 Sidik Ragam Rata-rata Hasil Transformasi $\sqrt{x + 0.5}$ Kadar Kalium dapat ditukar (K-dd)
- Lampiran 46 Sidik Ragam Rata-rata Kerapatan Stomata
- Lampiran 47 Sidik Ragam Rata-rata Luas Bukaan Stomata
- Lampiran 48 Sidik Ragam Rata-rata Klorofil a
- Lampiran 49 Sidik Ragam Rata-rata Klorofil b
- Lampiran 50 Sidik Ragam Rata-rata Klorofil Total
- Lampiran 51 Sidik Ragam Rata-rata Kadar Kalium pada Kulit Kacang
- Lampiran 52 Sidik Ragam Rata-rata Kadar Kalium pada Daun
- Lampiran 53 Sidik Ragam Rata-rata Kadar Kalium pada Kacang Tanah
- Lampiran 54 Sidik Ragam Rata-rata Kadar Kalium pada Tanah

DAFTAR ISTILAH, SINGKATAN, DAN LAMBANG

Istilah	Arti dan Penjelasan
Cendawan	Mikroorganisme yang memiliki ciri ciri:heterotroph,tidak berklorofil,multiseluler,memproduksi spora,berkembang biak secara seksual dan aseksual.
Isolasi cendawan	Proses mengambil cendawan dari medium atau lingkungan asalnya lalu menumbuhkannya di media buatan sehingga diperoleh biakan yang murni.
Cendawan pelarut kalium	Cendawan yang dapat melarutkan kalium sehingga dapat diserap tanaman.
Indeks Pelarutan	Perbandingan antara diameter zona bening dengan diameter koloni
Zona bening	Lingkaran cahaya yang muncul mengelilingi isolat cendawan
Koloni cendawan	Sekumpulan dari cendawan yang sama yang mengelompok menjadi satu dan membentuk koloni koloni.
Mikroorganisme	Organisme yang berukuran sangat kecil sehingga untuk mengamatnya diperlukan alat bantuan.
Identifikasi Molekuler	Merupakan salah satu langkah dalam menemukan atau mengenali suatu species.dengan menggunakan identifikasi secara genetik dari mikroba yang telah diisolasi
Uji antagonis	Cara yang digunakan untuk membuktikan bahwa mikroorganisme yang bersifat antagonis dapat menghambat aktifitas mikroorganisme lain yang berada di tempat yang berdekatan.
Batuan leusit	Mineral putih atau abu abu yang terdiri dari silikat kalium dan aluminium yang terdapat dalam batuan.
Media Aleksandrov	Media selektif untuk mengisolasi cendawan pelarut kalium yang mengandung mineral kalium tidak larut
Stomata	Celah dalam epidermis yang dibatasi oleh 2 sel epidermis khusus yakni sel penjaga. Bukaan bukaan kecil di daun yang jika membuka secara maksimal hanya selebar 0.0001 mm
Morfologi	Bentuk dan struktur organisme .
Kerapatan Stomata	Perbandingan jumlah stomata luas bidang pandang dalam satuan mm ²

Lambang/singkatan	Arti dan penjelasan
G	Gram
Kg	Kilogram
Ha	Hektoare
mm ²	milimeter persegi
m ²	meter persegi
Cm	Centimetre
DNA	Asam deoksiribonukleat
Ppm	part per million
C	Carbon
N	Nitrogen
K	Kalium
KTK	Kapasitas Tukar Kation
K ₂ O	Kalium Oksida
et al	Dan kawan kawan
NP	Nilai Pembanding
BNT	Beda Nyata Jujur
cmol/kg	centimol/kilogram
Mg	Magnesium
SiO ₂	Silikon Dioksida
K ₂ HPO ₄	Dipotassium posfat
D	Diameter zona bening
D	Diameter koloni
D/d	Diameter zona bening/diameter koloni
IP	Indeks Pelarutan
mg/100gr	Milligram/100gram
Kdd	Kalium dapat diserap
HST	Hari setelah tanam
MST	Minggu Setelah Tanam

Lambang/singkatan	Arti dan Penjelasan
R	Daya hambat
D1	Diameter cendawan pathogen pada control
D2	Diameter cendawan pathogen pada perlakuan
PDA	Potato dextrose agar
IAA	Indole acetat acid
GA3	Giberelin acid
UV-VIS	Ultraviolet visible
mg/L	milligram/liter
RPT	Rancangan Petak Terpisah
MgSO ₄	Magnesium sulfat
CaCO ₃	Kalsium karbonat
Ca ₃ P0 ₄	Trikalsium fosfat
FeCl ₃	Besi(III) klorida
AAS	Atomic Absorption spectrophotometer
Td	Tidak terdeteksi

BAB I

PENDAHULUAN UMUM

1.1 Latar Belakang

Kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) merupakan tanaman polong polongan terpenting setelah kedelai di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi dan kandungan nutrisi yang tinggi terutama protein dan lemak (Kasno dan Harnowo, 2014). Kandungan protein biji kacang tanah berkisar 17,2 – 28.3%, karbohidrat 21%, lemak 44.2 – 55.6%, vitamin A,B,C,D,E,K dan mineral. Daun kacang tanah digunakan sebagai pakan ternak dan pupuk hijau (Yulifianti et al., 2018)

Produksi nasional kacang tanah di Indonesia cenderung mengalami penurunan pada tahun 2014 adalah 638.896 ton, menurun menjadi 606.449 ton pada tahun 2015. Tahun 2016 produksi 570.477 ton, tahun 2017 terjadi penurunan menjadi 495.447 ton. Pada tahun 2018 produksi kacang tanah meningkat menjadi 512.198 ton dengan konsumsi sebesar 722.260 ton atau defisit sebesar 210.062 ton (Badan Pusat Statistik, 2019). Sedangkan produksi kacang tanah di Sulawesi Selatan pada tahun 2017 adalah 16.169 ton dengan produktivitas 1.413 ton/ha. Pada tahun 2018 produksi kacang tanah adalah 17.825 ton dengan produktivitas 1.328 ton/ha. Pada tahun 2019 mengalami penurunan produksi menjadi 14.486 ton dengan produktivitas 1,215 ton/ha. Pada tahun 2020 produksi kacang tanah 16.967 ton, dan pada tahun 2021 produksi mencapai 14.354 ton dengan produktivitas 1.279 ton/ha (Dinas Pertanian TPH-BUN Sulsel, 2022). Dari data tersebut, produksi kacang tanah masih rendah dan cenderung mengalami penurunan, sementara permintaan kacang tanah yang terus meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan produk olahan dari kacang tanah yang beragam. Untuk memenuhi kebutuhan kacang tanah dalam negeri diperlukan strategi pencapaian produksi .

Potensi produksi kacang tanah rata rata 3.5 ton per hektar, namun kemampuan produksi kacang tanah baru mencapai 1 ton/ha biji kering (Kasno, 2007). Salah satu penyebab produktivitas kacang tanah yang masih rendah disebabkan oleh pengisian polong kacang tanah yang tidak maksimal sehingga banyak terdapat polong hampa atau cipo (Adisarwanto , 2001)

Tanaman kacang tanah sebagai tanaman biji – bijian memerlukan unsur hara untuk pertumbuhan dan perkembangannya, salah satu unsur hara yang

dibutuhkan adalah kalium. Kalium merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman kacang tanah terutama untuk proses pembentukan biji dan hasil polong kering per hektar (Haridi dan Zulhidiani, 2009; Sitepu et al., 2014)., hal ini sejalan dengan Suyamto (1995) bahwa kacang tanah membutuhkan unsur hara kalium dalam stabilitas hasil dan kualitas produksi.

Hara kalium yang diserap dari larutan tanah dalam bentuk ion K^+ berfungsi dalam proses fotosintesis, translokasi karbohidrat dan sintesis protein. Serapan hara kalium dibutuhkan lebih banyak daripada fosfor tetapi lebih sedikit daripada nitrogen. Hara N yang diserap tanaman kacang tanah dapat mencapai 230 kg N/ha, sedang hara K sekitar 116 kg K_2O /ha, sangat banyak bila dibandingkan dengan serapan hara makro yang lain seperti hara P yang hanya 39 kg P_2O_5 /ha (Sumarno. 2003).

Kandungan kalium total dalam tanah umumnya berkisar antara 0.5 – 2.5% tergantung pada jenis tanah dan kondisi iklim, sedangkan sekitar 90 sampai 98 % dari total kalium dalam bentuk yang tidak tersedia sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman (Havlin et.al 2005;Pratama et al., 2016). Rendahnya kandungan kalium yang tersedia di dalam tanah menyebabkan rendahnya tanaman menyerap kalium yang mengakibatkan pertumbuhan dan kualitas hasil tanaman rendah. Untuk menambah kadar kalium tersedia di dalam tanah, petani menggunakan pupuk kalium anorganik sehingga kebutuhan kalium tercukupi bagi tanaman.

Penggunaan pupuk kalium anorganik di Indonesia menemui kendala disebabkan pupuk kalium diimpor dari luar negeri sehingga harganya mahal dan tidak disubsidi lagi, padahal Indonesia memiliki potensi sumber kalium dimana mineral pembawa kalium yang paling umum adalah K Feldspar, Leusit, Biotit, Phlogopit dan Glaukonit serta mineral lempung (Basyuni et al, 2009). Sumber kalium tersebut dapat menjadi alternatif sebagai pupuk kalium sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik.

Kabupaten Barru Propinsi Sulawesi Selatan memiliki endapan mineral yang mengandung unsur kalium yang dapat dijadikan sumber bahan baku pupuk kalium. Batuan ini adalah tuf leusit dari anggota batuan gunung api Formasi Camba yang tersebar di daerah Kelurahan Coppo, Kecamatan Barru; Dusun Garessi, Desa Garessi, Dusun Pao, Desa Lipukasi, Kecamatan Tanete Rilau.

Sebaran batuan berwarna abu abu terang dan warna lapuk coklat keabuan, dengan komponen bintik-bintik putih (leusit). Sumberdaya batuan yang mengandung kalium secara keseluruhan sebesar 242.255.127 m³ dengan kandungan K₂O batuan berkisar 1,48% - 2,10%. Berdasarkan kriteria dari Pusat Penelitian Tanah Bogor, batuan yang mengandung kalium di daerah ini bisa dimanfaatkan untuk tanaman, karena dari analisa K₂O dengan kelarutan Asam Sitrat 2 %, K yang tersedia untuk tanaman termasuk dalam kriteria sangat tinggi (> 15 ppm)(Irwan Muksin dan Kusdarto, 2015).

Batuan kalium memerlukan proses pelapukan yang lama untuk melepaskan kalium tersedia yang dapat diserap tanaman. Proses pelapukan batuan kalium dapat dipercepat dengan menggunakan agen hayati yaitu mikroba pelarut kalium (Roger et al,2008). Mikroba pelarut kalium baik bakteri maupun cendawan dapat mempercepat proses pelapukan mineral pembawa kalium dan melepaskan kalium menjadi bentuk tersedia di dalam tanah sehingga dapat diserap oleh tanaman melalui produksi asam organik (Archana et al, 2007). Asam organik yang diproduksi oleh mikroba pelarut kalium diantaranya adalah asam oksalat, asam sitrat dan asam malat.(Prajapati et al., 2012) dan asam asetat, asam butirat dan asam laktat (Denanda, 2017). Perbedaan asam organik yang dihasilkan oleh mikroba pelarut kalium bergantung pada karakteristik mikroba dan sumber karbon. Selain memproduksi asam organik, mikroba pelarut kalium juga menghasilkan vitamin, asam amino serta beberapa zat pengatur tumbuh yang dapat membantu pertumbuhan tanaman yaitu *indole-3acetic acid* (IAA) dan *gibeberellic acid* (GA3) (Bagyalakshmi et al.2012).

Peran cendawan dalam melarutkan kalium melalui produksi asam organik dan penyerapan melalui sistem akar untuk peningkatan biomassa tanaman. Beberapa cendawan seperti *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Fusarium* memiliki peranan penting dalam pelarutan kalium dan serapannya. Cendawan ini menghasilkan asam organik yaitu oksalat, asam sitrat dan glukonat yang menyebabkan kerusakan silikat tanah liat, mika dan feldspar (Sattar et al.,2019).. *Aspergillus niger* dan *Aspergillus terreus*, yang diisolasi dari sampel tanah industri keramik dapat melarutkan K yang tidak larut dengan indeks pelarutan 1,87 mm dan 1,62 mm (Prajapati et al,2012). *Aspergillus niger* yang diuji kemampuan melarutkan kalium secara kualitatif dan kuantitatif menunjukkan indeks pelarutan 2,5 mm dan 51,12 ug/ml dari rhizosfer tebu (Minal Trivedi et al,

2016). *Fomitopsis meliae* dan *Aspergillus tubingensis* menunjukkan kemampuannya untuk tumbuh dan melarutkan kalium pada berbagai suhu 20 hingga 38°C dan pH 5,0 hingga 10,00 (Kasana et al., 2017) dan *Aspergillus fumigatus* dapat meningkatkan kelarutan kalium ketika diinokulasi ke mineral sumber kalium (Lian et al, 2007).

Hasil penelitian Pratama (2016) bahwa mikroba pelarut kalium spesies *Achromobacter xylosoxidans* dan *Burkholderia cepacia* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman Sorgum. Penggunaan mikroba pelarut kalium juga nyata meningkatkan ketersediaan K tanah serta dapat meningkatkan kualitas teh hitam (Bagyalakshmi et al, 2012). Selain meningkatkan ketersediaan K tanah mikroba pelarut kalium dapat meningkatkan produksi tomat dan mampu mengurangi penggunaan pupuk kimia (Lynn et al. 2013). Aplikasi mikroba pelarut kalium spesies *Enterobacter hormaechei* dan *Aspergillus terreus* dapat meningkatkan kandungan kalium tersedia di tanah dan meningkatkan pertumbuhan tajuk dan akar tanaman Okra. (Prajapati et al., 2013.). Aplikasi mikroba pelarut kalium spesies *Paenibacillus glucanolyticus* dicampurkan abu kayu sebagai sumber kalium meningkatkan berat kering tanaman lada 37 % sampai 68.3 %.(Sangeeth et al., 2012). Untuk itu perlu dilakukan pemanfaatan mikroorganisme salah satunya adalah cendawan yang memiliki kemampuan untuk melarutkan kalium.

Selain pemanfaatan cendawan pelarut kalium untuk mempercepat proses pelapukan mineral pembawa kalium, pemanfaatan abu mineral hasil pembakaran biomassa tanaman dapat dijadikan sumber kalium organik yang berpotensi untuk mengganti atau mengurangi penggunaan pupuk sintetis/buatan. Penambahan abu ke dalam tanah dalam jumlah yang memadai diharapkan akan mampu memperbaiki sifat kimia tanah seperti meningkatnya unsur hara tanaman, kejenuhan basa, kapasitas tukar kation tanah, dan meretensi air dan hara, merangsang aktivitas mikroorganisme di dalam tanah khususnya mikroorganisme-mikroorganisme saprofit yang bermanfaat.

Biomassa tanaman diantaranya sabut kelapa, kulit kapok, batang pisang. dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalium organik. Beberapa jenis abu dari biomassa tanaman yaitu abu sabut kelapa dengan kandungan kalium total 21,87% (Risnah, 2013), abu kulit buah kapok mengandung kalium sebesar 35,91% dengan suhu 500°C selama 3 jam, abu batang pisang mengandung kalium 33,4% (Mohapatra et al., 2010) dan (Lilis, 2017) melaporkan bahwa

pembuatan abu batang pisang dengan suhu 550°C selama 3 jam mengandung kalium 36,19%. Pemberian abu biomassa tanaman sebagai sumber kalium organik diharapkan dapat meningkatkan proses fotosintesis dan pengangkutan hasil fotosintesis (*assimilate*) dari daun menuju floem ke jaringan reproduktif dan penyimpanan (Havlin *et al.*, 2005).

Oleh karena itu, pemanfaatan cendawan pelarut kalium dan abu biomassa tanaman sebagai sumber kalium organik merupakan usaha yang perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan kalium pada tanaman khususnya kacang tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Kadar kalium tersedia bagi tanaman berkisar 2 - 10% menyebabkan rendahnya efisiensi serapan kalium oleh tanaman sehingga mengakibatkan rendahnya kualitas dan kuantitas hasil tanaman. Untuk memenuhi kebutuhan kalium bagi tanaman dilakukan penambahan pupuk kalium anorganik seperti KCl. Permasalahannya pupuk KCl di Indonesia harganya mahal sehingga petani sulit membeli yang berdampak pada hasil tanaman yang diusahakan. Penambahan batuan kalium seperti feldspar, leusit dan mika dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan ketersediaan kalium bagi tanaman dan mengurangi ketergantungan petani akan pupuk kalium, hanya saja batuan kalium ini proses pelapukannya sangat lambat sehingga sulit untuk tersedia, sehingga diperlukan suatu metode yang dapat mempercepat pelapukan agar dapat tersedia bagi tanaman yaitu penggunaan mikroba pelarut kalium. Mikroba pelarut kalium salah satunya adalah cendawan pelarut kalium yang diharapkan mampu menyediakan kalium dalam bentuk tersedia di dalam tanah.

Selain pemanfaatan cendawan pelarut kalium dari batuan pembawa kalium, pupuk abu mineral hasil pembakaran biomassa tanaman berpotensi untuk mengganti atau mengurangi penggunaan pupuk kalium anorganik, sehingga petani dapat mengurangi ketergantungan akan pupuk anorganik dan meningkatkan ketersediaan kalium bagi tanaman khususnya kacang tanah.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah terdapat jenis cendawan yang mampu melarutkan kalium yang berasal dari batuan leusit?

2. Adakah biomassa jenis tanaman yang memiliki kandungan Kalium tinggi?
3. Proses pengabuan suhu berapa yang menghasilkan kandungan kalium tertinggi?
4. Apakah cendawan pelarut kalium dan dosis abu tanaman berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan jenis cendawan yang efektif meningkatkan ketersediaan kalium dari batuan leusit .
2. Mengetahui jenis biomassa tanaman yang memiliki kandungan kalium tertinggi
3. Mengetahui suhu ideal untuk proses pengabuan biomassa tanaman dengan kandungan Kalium tinggi.
4. Menkombinasikan cendawan pelarut kalium dan dosis abu tanaman terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Merekomendasikan jenis cendawan yang dapat melarutkan kalium dari batuan leusit sehingga dapat tersedia ditanah dan diserap oleh tanaman.
2. Merekomendasikan jenis biomassa tanaman yang memiliki kandungan kalium tinggi
3. Merekomendasikan suhu proses pengabuan biomassa tanaman yang menghasilkan kandungan kalium tinggi, maka dapat menjadi solusi penyediaan kalium di lapangan
4. Merekomendasikan jenis cendawan pelarut kalium dan dosis abu tanaman untuk pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada permasalahan kalium dalam tanah yang tersedia bagi tanaman hanya berkisar 2-10%, sedangkan sekitar 90 sampai 98 % dari kalium total tersebut dalam bentuk yang tidak tersedia sehingga tidak

dapat diserap oleh tanaman sehingga mengharuskan petani menggunakan pupuk kalium anorganik untuk menambah suplai kalium tersedia bagi tanaman. Potensi sumber kalium seperti feldspar, leusit yang dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan pupuk kalium anorganik, Hanya saja, proses pelapukan dari batuan kalium ini lama membuat proses pelepasan kalium dalam bentuk tersedia bagi tanaman juga lama.

Upaya mempercepat proses pelapukan dan melepaskan kalium dalam bentuk tersedia yang dapat diserap oleh tanaman dengan pemanfaatan mikroba yaitu cendawan pelarut kalium dan pemanfaatan sumber kalium organik dari beberapa jenis abu dari biomassa tanaman yang dapat dimanfaatkan diantaranya adalah: abu sabut kelapa, abu kulit buah kapuk, abu batang pisang yang dapat digunakan oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhan kalium.

Kacang tanah sebagai tanaman penghasil bijian sangat membutuhkan unsur hara untuk masa pertumbuhan dan perkembangan tanaman, salah satu unsur hara yang dibutuhkan adalah kalium. Kalium berperan dalam membantu pembentukan bunga dan polong.

Penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) tahap yaitu :

1. Tahap I : Isolasi cendawan pelarut kalium dari sumber batuan pembawa kalium meliputi Isolasi cendawan, Seleksi kemampuan cendawan pelarut kalium dalam melarutkan kalium, Uji kemampuan cendawan pelarut kalium melarutkan kalium secara kualitatif dan kuantitatif, Uji Antagonis, Uji Hormon IAA dan GA3, Identifikasi Isolat unggulan cendawan pelarut kalium hasil seleksi secara Morfologis dan Molekuler, cendawan pelarut kalium terpilih diaplikasikan pada tahap III.
2. Tahap II : Pengabuan biomassa tanaman sebagai sumber kalium organik yaitu sabut kelapa, batang pisang, kulit kapuk dengan perlakuan berbagai suhu pembakaran yaitu 300 ° C, 600 ° C dan 900 ° C, kemudian dilakukan pengujian kandungan K₂O dari masing masing abu biomassa tanaman pada suhu pembakaran yang berbeda yang dengan Atomic Absorption Spektoscopy (AAS). Hasil uji kandungan K₂O tertinggi dari abu biomassa tanaman diperbanyak untuk diaplikasikan pada tahap III.
3. Tahap III : Aplikasi jenis cendawan Pelarut Kalium dan dosis abu biomassa tanaman pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah menggunakan Rancangan Petak Terpisah (RPT) dengan

parameter pengamatan yaitu : tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), jumlah cabang (cabang), bobot brangkasan basah per sampel (g), bobot brangkasan kering per sampel (g), jumlah polong per sampel (polong), jumlah polong berisi per sampel (polong), bobot polong per plot (kg), bobot polong per sampel (g), bobot biji per plot (g), dan bobot biji kering per sampel (g), kerapatan stomata, luas bukaan stomata, klorofil a, klorofil b, klorofil total

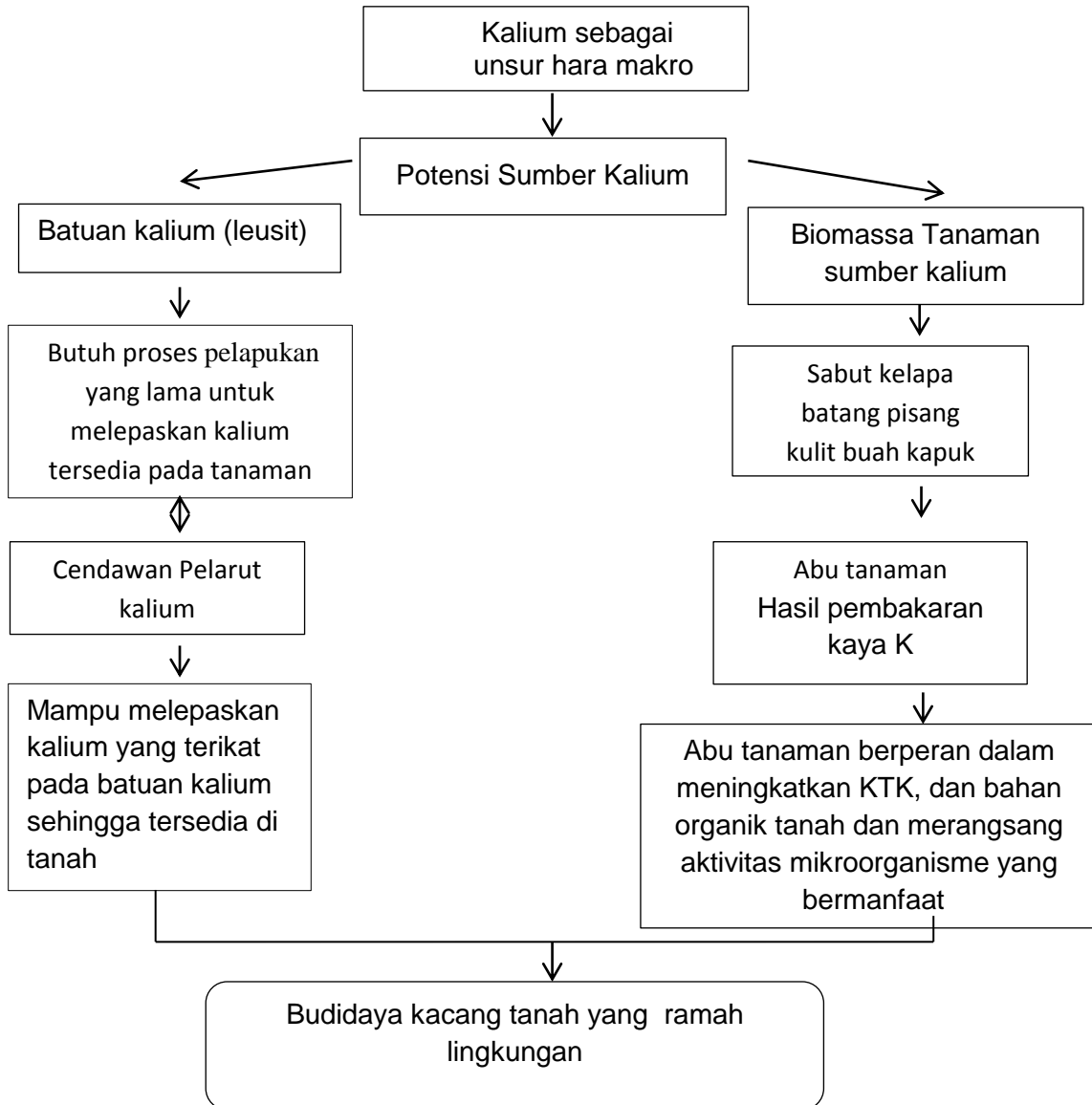
1.5 Kebaruan (*Novelty*)

1. Potensi cendawan yang memiliki kemampuan meningkatkan ketersediaan kalium dari batuan leusit yang ditemukan di Kabupaten Barru
2. Suhu yang ideal dari masing masing biomassa tanaman yang memiliki kandungan kalium tinggi
3. Dosis abu dan sebagai biomassa tanaman sumber kalium yang terpilih dan cendawan pelarut kalium yang berpengaruh terhadap budidaya kacang tanah

1.6 Hipotesis

1. Terdapat jenis cendawan potensial yang mampu meningkatkan ketersediaan kalium dari batuan leusit .
2. Terdapat jenis biomassa tanaman yang memiliki kandungan Kalium tertinggi.
3. Terdapat suhu ideal untuk proses pengabuan biomassa tanaman dengan kandungan Kalium tinggi.
4. Terdapat interaksi antara cendawan potensial melarutkan kalium dan abu tanaman yang memberikan pertumbuhan dan hasil tanaman kacang tanah yang terbaik

1.7 Kerangka Konseptual



Gambar 1.1 Kerangka Konseptual

1.8 Daftar Pustaka

- Adisarwanto, T. dan Wudianto. 2001. Meningkatkan Produksi Kacang Tanah Dilahan Sawah dan Kering. Penebar Swadaya. Jakarta
- Archana d. S. (2007). *Studies on potassium solubilizing bacteria*. University of agricultural sciences, dharwad - 580 005 december.
- B. Bagyalakshmi,. (2012). Influence of potassium solubilizing bacteria on crop productivity and quality of tea (*Camellia sinensis*). *African Journal of Agricultural Reseearch*, 7(30), 4250–4259. <https://doi.org/10.5897/ajar11.2459>
- Basyuni, Z. (2009). *Mineral dan Batuan Sumber Unsur Hara P & K*. 13.
- Irwan Muksin, Kusdarto, R. M. (2015). Eksplorasi Umum Batuan Kalium di Kecamatan Barru dan Tanete Rilau Kabupaten Barru,Provinsi Sulawesi Selatan
- Kasana, R. C., Panwar, N. R., Chandra Bhushan Pandey, U. B., & Kumar, P. (2017). Isolation and Identification of Two Potassium Solubilizing Fungi from Arid Soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(3), 1752–1762. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.201>
- Kasno, A., dan Harnowo, D. (2014). Karakteristik Varietas Unggul Kacang Tanah Lian, B., Wang, B., Pan, M., Liu, C., dan Teng, H. H. (2008). Microbial release of potassium from K-bearing minerals by thermophilic fungus *Aspergillus fumigatus*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(1), 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2007.10.005>
- Lian, B., Wang, B., Pan, M., Liu, C., & Teng, H. H. (2008). Microbial Release Of Potassium From K-Bearing Minerals By Thermophilic Fungus *Aspergillus Fumigatus*. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 72(1), 87–98. <https://doi.org/10.1016/J.Gca.2007.10.005>
- Lilis Sukeksi, Masniar Sirait, Patima Valentino H. Pembuatan Sabun Cair dengan Alkali Kalium Abu Batang Pisang, Science & Technology Conference Series 01(2018) page 194 – 203
- Mohapatra, D., Mishra, S., dan Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: An overview. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 69(5), 323–329.
- Prajapati, K., Sharma, M. ., dan Modi, H. . (2012). Isolation of two potassium solubilizing fungi from ceramic industry soils. *Life Sciences Leaflet*, 5(January 2012), 71–75.
- Pratama, D., Anas, I., dan Suwarno. (2016). Ability of potassium-solubilising microbes to solubilise feldspar and their effects on sorghum growth. *Malaysian Journal of Soil Science*, 20, 163–175.
- Risnah, Prapto Yudono, Abdul Syukur. Pengaruh Abu Sabut Kelapa Terhadap Ketersediaan K di Tanah dan Serapan K Pada Pertumbuhan Bibit Kakao. *UNESA Journal of Chemistry Vol. 7, No.2, May 2018*
- Rogers, J. R., Bennett, P. C., dan Choi, W. J. (1998). Feldspars as a source of nutrients for microorganisms. *American Mineralogist*, 83(11-12 PART 2), 1532–1540. <https://doi.org/10.2138/am-1998-11-1241>
- Sattar, A., Naveed, M., Ali, M., Zahir, Z. A., Nadeem, S. M., Yaseen, M., Meena, V. S., Farooq, M., Singh, R., Rahman, M., & Meena, H. N. (2019). Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food

production system: A review. *Applied Soil Ecology*, 133(July), 146–159.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.09.012>

Sitepu, D. S. B., Ginting, J., & Mariati, M. (2014). Respons Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.) terhadap Pemberian Paclobutrazol dan Pupuk Kalium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4), 1545–1551.

Sumarno, 2003. Teknik Budidaya Kacang Tanah. Sinar Baru, Bandung.
Soegiman. 1982. Ilmu Tanah (Terjemahan). Bratara Karya Aksara. Jakarta.

BAB II

KEMAMPUAN CENDAWAN PELARUT KALIUM BERASAL DARI DEPOSIT BATUAN KALIUM LEUSIT

Abstrak

Kabupaten Barru Propinsi Sulawesi Selatan memiliki endapan mineral yaitu batuan leusit yang mengandung unsur kalium yang dapat dijadikan sumber bahan baku pupuk kalium. Batuan kalium ini memerlukan proses pelapukan yang lambat untuk melepaskan kalium tersedia yang dapat diserap tanaman, sehingga untuk mempercepat proses pelapukan diperlukan bantuan mikroba diantaranya cendawan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kemampuan melarutkan kalium dari beberapa cendawan asli yang hidup di batuan leusit dari batuan vulkanik anggota Formasi Camba di Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Belum ada penelitian sebelumnya pada cendawan pelarut kalium dari Provinsi Sulawesi Selatan. Studi terbaru mengisolasi beberapa isolat cendawan dari rizosfer vegetasi yang ditemukan di endapan batuan kalium menggunakan media Alexandrov. Penelitian ini meliputi isolasi sebanyak 22 cendawan dan diuji kemampuannya untuk melarutkan kalium yang terikat pada mineral pembawa kalium, secara kualitatif dan kuantitatif. Produksi asam indole-3-asetat (IAA) dan asam giberelat (GA3) juga diukur untuk menguji kemampuan cendawan dalam menghasilkan senyawa pengatur tumbuh, identifikasi secara molekuler terhadap isolate cendawan terpilih. Hasil Penelitian menunjukkan Isolat cendawan dengan nilai indeks disolusi (IP) tertinggi adalah MgT1Pb, RgGc, PT3Pe, PT3Pa, JbT2Pa, dan JbT2Pp. Jumlah kalium tukar (K-exch.) tertinggi adalah JbT2Pa sebesar 919,8 ppm dan MgT1Pb sebesar 69,33 ppm. Isolat yang mampu menghasilkan IAA tertinggi adalah PsT2Pe sebesar 6.820 ppm sedangkan isolat RgGd menghasilkan produksi hormon GA3 tertinggi sebesar 4.116 ppm. Isolat cendawan terpilih yang telah diidentifikasi molekuler adalah *Aspergillus unguis*, *Metharizium carneum*, *Aspergillus austwickii*, *Meyerozima caribbica*, *Milerozima farinose*.

Kata kunci : Kalium; cendawan pelarut kalium; hormone IAA; hormon GA3, identifikasi molekuler

Abstract

Present investigation was aimed to explore the potassium-dissolving ability of some indigenous fungi living in Indonesian leucite tuffs from volcanic rock members of Camba Formation in Barru Regency, South Sulawesi Province. There are no such findings on potassium-solubilizing fungi from South Sulawesi Province. The recent study isolated some fungi strains from the rhizosphere of vegetation found in the potassium rock deposits using Alexandrov media. A total of 22 fungal strains were isolated and tested for their ability to dissolve potassium bound to the potassium carrier minerals, qualitatively and quantitatively. Production of indole-3-acetic acid (IAA) and gibberellic acid (GA₃) were also measured to test the ability of the fungus to produce growth regulator compounds. Fungal isolates with the highest dissolution index (IP) values were MgT1Pb, RgGc, PT3Pe, PT3Pa, JbT2Pa, and JbT2Pp. The highest amount of exchangeable potassium (K-exch.) was JbT2Pa with the amount of 919.8 ppm and MgT1Pb of 69.33 ppm. The isolate capable of producing the highest IAA was PsT2Pe at 6.820 ppm while the RgGd isolates resulted in the highest production of GA₃ hormone at 4.116 ppm. Selected fungal isolates that have been identified molecularly are *Aspergillus unguis*, *Metharizium carneum*, *Aspergillus austwickii*, *Meyerozima caribbica*, *Milerozima farinose*

Keywords: Insoluble K; indole acetic acid ; gibberellic acid; potassium-solubilizing fungi; rock deposits; solubilization

2.1 Pendahuluan

Kalium merupakan salah satu unsur hara makro dibutuhkan oleh tanaman. Kalium berperan dalam mengaktifkan enzim, mempertahankan turgor sel, meningkatkan fotosintesis, membantu dalam pengangkutan gula dan pati, membantu dalam penyerapan nitrogen dan sangat penting untuk sintesis protein. Selain metabolisme tanaman, kalium meningkatkan kualitas tanaman karena membantu pengisian biji-bijian dan berat kernel, memperkuat jerami, meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan membantu tanaman lebih baik dalam menahan stress (Archana,2007). Kekurangan kalium pada tanaman akan menghambat pertumbuhan akar, menyebabkan tanaman kerdil, buah tumbuh tidak sempurna, tidak tahan lama dan menurunkan produksi (Sembiring et al, 2022).

Kalium yang terlarut dalam tanah sangat rendah hanya 1 – 2% dan lebih dari 90% dari kalium dalam tanah tidak tersedia sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman (Parmar dan Sindhu, 2013). Faktor yang mempengaruhi ketersediaan kalium bagi tanaman antara lain pH tanah, tekstur, kadar air, kapasitas tukar kation tanah, dan interaksi antara kation lain seperti Ca dan Mg (Sembiring et al, 2022).

Rendahnya kandungan kalium yang dapat diserap oleh tanaman menyebabkan pertumbuhan dan kualitas hasil tanaman juga rendah sehingga

dibutuhkan pupuk kalium anorganik seperti KCl dalam menyediakan kalium yang cukup untuk nutrisi tanaman sementara pupuk KCl di Indonesia harganya mahal karena dimpor dari negara lain. Adanya hal ini diperlukan pencarian untuk menemukan sumber kalium asli yang alternatif dan efektif untuk ketersediaan kalium pada tanaman, menambah unsur hara kalium di tanah, dan juga untuk mempertahankan produksi tanaman (Meena et al., 2015).

. Potensi batuan kalium di Indonesia sekitar 455 juta ton, deposit batuan kalium tersebut tersebar di Jawa, Sumatera dan Sulawesi dalam spot-spot tertentu. Batuan pembawa kalium ini dapat diinventarisasi sebagai bahan baku alternatif pupuk kalium (Pratama et al., 2016). Batuan pembawa kalium yang umum adalah K Feldspar, Leusit, Biotit, Phlogopitopit dan Glaukonit serta mineral lempung (Basyuni, 2009)

Kabupaten Barru Propinsi Sulawesi Selatan memiliki batuan yang mengandung unsur kalium. Batuan ini tersebar di daerah Kelurahan Coppo, Kecamatan Barru; Dusun Garessi, Desa Garessi, Dusun Pao, Desa Lipukasi, Kecamatan Tanete Rilau. Batuan ini adalah tuf leusit berasal dari anggota batuan gunung api Formasi Camba berwarna abu abu terang dan warna lapuk coklat keabuan, dengan komponen bintik-bintik putih (leusit) yang mengandung K_2O berkisar 1,48% - 2,10 % (Muksin et al, 2015.). Batuan kalium tersebut dapat menjadi alternatif bahan baku pupuk kalium berasal dari alam, sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik.

Leusit merupakan mineral yang terdiri dari kalium dan aluminium tectosilicate dengan rumus kimia $KAISi_2O_6$. Leusit ini ditemukan pada beberapa batuan vulkanik yang mengkristal saat berada pada suhu tinggi yaitu 900 °C. Kristalnya berbentuk icositetrahedra kubik (Mutmainnah et al., 2013).. Leusit memiliki kandungan kalium yang lebih tinggi dibandingkan dengan feldspar, sehingga leusit dapat menjadi salah satu sumber kalium yang sangat potensial untuk dimanfaatkan. Selain itu, kalium yang terdapat didalam leusit meski tidak larut di dalam air, tetapi pelepasannya dari jerapan mineral melalui proses pelapukan masih lebih mudah dibandingkan dengan feldspar (Khoirunisa, 2010).

Tabel 2.1. Komposisi kimia dan kandungan kalium mineral pembawa kalium

Mineral	Rumus Kimia	K ₂ O (%)
Sylvite	KCl	63.09
Kalsilite	KAISiO ₄	29.75
Langbeinite	2MgSO ₄ ·K ₂ SO ₄	22.71
Leucite	KAISi ₂ O ₆	21.56
Kainite	KMgSO ₄ Cl·3H ₂ O	18.91
Carnallite	MgCl ₂ ·KCl·6H ₂ O	16.94
Potassium feldspar	KAISi ₃ O ₈	16.91
Nepheline	(Na,K)AISiO ₄	15.67
Phlogopite	K ₂ Mg ₆ Si ₆ Al ₂ O ₂₀ (OH) ₄	11.30
Muscovite	KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂	10.88
Biotite	K ₂ Fe ₆ Si ₆ Al ₂ O ₂₀ (OH) ₄	9.18

Sattar et al,2019

Leusit umumnya tidak tersedia secara tunggal, tetapi keberadaannya tercampur dengan produk sekunder dari proses pelapukan yang berupa mineral-mineral lainnya. Pelapukan pada leusit terjadi secara kimiawi akibat adanya asam-asam yang mampu mempercepat proses perilisian kalium dari mineral leusit tersebut.

Batuan kalium ini memiliki kandungan kalium yang rendah dan tidak terlalu larut karena proses pelapukan yang lambat sehingga kurang tersedia di dalam tanah. Proses pelapukan batuan kalium yang lambat dapat dipercepat dengan mikroba pelarut kalium (Rogers et al., 1998). Dengan bantuan mikroba pelarut kalium maka proses pelapukan mineral pembawa kalium dapat dipercepat dengan melepaskan kalium menjadi bentuk tersedia didalam tanah sehingga dapat diserap tanaman (Archana et al, 2007). Hal ini sejalan dengan pendapat (Gundala et al., 2013) bahwa mikroba pelarut kalium mempunyai kemampuan melepaskan kalium yang terikat dengan silikat pada berbagai jenis batuan mineral pembawa kalium tergantung spesies dan jenis mineral.

Mekanisme pelarutan mikroba pelarut kalium untuk menyediakan kalium yang dapat diserap tanaman dari bentuk kalium tidak terlarut maupun bentuk struktural kalium yang tidak tersedia adalah melalui produksi asam organik (Meena VS & Bahadur I, 2013). Asam organik yang dihasilkan oleh mikroba pelarut kalium bergantung pada karakteristik mikroba dan sumber karbon. Selain memproduksi asam organik, mikroba pelarut kalium juga menghasilkan vitamin, asam amino serta beberapa zat pengatur tumbuh yang dapat membantu

pertumbuhan tanaman yaitu *indole-3acetic acid* (IAA) dan *giberellic acid* (GA3) (B. Bagyalakshmi, 2012); Rahim I et al, 2015).

Cendawan dapat melarutkan kalium yang terikat pada batuan mineral sehingga meningkatkan ketersediaan Kalium di tanah (Prajapati et al., 2012). Cendawan memineralisasi kalium melalui reaksi chelating elemen mineral, hidrolisis asam, dan sekresi makromolekul dan polimer yang memainkan peran penting untuk melepaskan kalium dari mineral kalium (Lian et al., 2008)

Menurut Matthew dan Tallapragada (2017), bahwa *Aspergillus terreus* menunjukkan aktifitas pelarut kalium yang baik. *Fomitopsis meliae* dan *Aspergillus tubingensis* memiliki kemampuan melarutkan kalium pada tanah (Kasana et al., 2017), *Aspergillus terreus*, *Glomas mosseae*, *G. intraradices*, *Aspergillus niger* dan *Penicillium sp.*) (Wu et al., 2005; Sattar et al., 2019) mampu melarutkan mineral kalium menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Mikroba ini ada di mana-mana, dan ketersediaannya tergantung pada struktur, tekstur, bahan organik, dan sifat tanah terkait lainnya (Sindu et al., 2010).

Banyak jenis cendawan dapat diisolasi dari rhizosfer tanaman budidaya. Cendawan ini dapat memacu pertumbuhan tanaman sehingga termasuk dalam kelompok Plant Growth Promoting Fungi (PGPF) (Abri et al, 2015). IAA juga diproduksi oleh cendawan (Ünyayar et al 2000; Yurekli et al 2003; Maor et al. 2004; Anjali Bosea, 2014; Abri et al, 2015). Cendawan ini mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kolonisasi akar secara fungsional (Usha et al, 2013). Isolat jamur telah terbukti menghasilkan siderophores, IAA, aktivitas enzim katalase dan memiliki kemampuan sebagai agen biokontrol (Abri et al., 2015).

Untuk mencapai pertumbuhan tanaman yang optimal, perlu untuk mengeksploitasi semakin banyak mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk melarutkan kalium salah satunya yaitu cendawan pelarut kalium. Penyiapan pupuk hayati dengan memanfaatkan cendawan yang menguntungkan adalah aspek positif yang berkaitan dengan pertanian berkelanjutan (Sattar et al., 2019).

2.2. Metode Penelitian

2.2.1 Tempat dan Waktu

Tempat pelaksanaan penelitian yaitu pengambilan sampel tanah dilakukan di Desa Lipukasi Dusun Pao dan Dusun Salomoni dan Desa Garessi Dusun Garessi Kecamatan Tanete Rilau Kabupaten Barru. Penentuan lokasi dilakukan secara purposive dengan pertimbangan lokasi tersebut didapatkan mineral batuan leusit yang mengandung kalium. Isolasi dan uji kemampuan cendawan pelarut kalium dilaksanakan di Laboratorium Hama dan Penyakit Universitas Hasanuddin. Analisa tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Universitas Hasanuddin, dan Analisa kadar kalium pada cendawan di media cair dilakukan di Laboratorium Tanah, Pupuk dan Air Balai Pengkajian Teknologi Pertanian di Kabupaten Maros.

Pengambilan sampel tanah dilaksanakan pada Februari 2020 dan Isolasi dan uji Cendawan Pelarut Kalium. Uji IAA, GA3, Uji Daya Hambat dilakukan mulai Maret 2020 hingga Juni 2021.

2.2.2 Bahan dan Alat

Bahan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah dari rhizosfer vegetasi tanaman lokasi sumber deposit batuan leusit pembawa kalium di Desa Garessi dusun Garesi, Desa Lipukasi Dusun Pao, Kecamatan Tanete Rilau Kabupaten Barru, media Aleksandrov yang terdiri dari (glukosa, $Mg_2SO_4 \cdot 7H_2O$, $CaCO_3$, Ca_3PO_4 , $FeCl_3$, agar), medium PDA (potato dextrose agar), cawan petri, sumber kalium terdiri dari K_2HPO_4 dan batuan leusit dari Barru dengan kandungan K_2O total 3.24%, kapas, aquadest, alcohol 70%, aluminium foil, kertas saring, cling pack transparan, label.

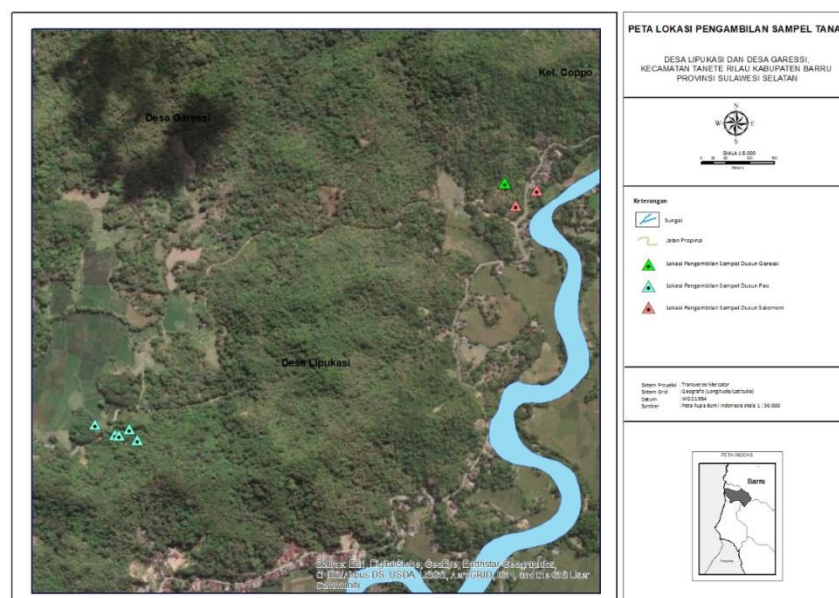
Alat penelitian terdiri dari cawan petri, hand cunter, pit fall trap, mikroskop elektrik, gelas ukur, pipet tetes, tabung reaksi, spatula, pembakar bunsen, Erlenmeyer, timbangan, laminary air flow, autoclave, centrifuge, Spectrophotometer (Genesis 10S UV-VIS), Atomic Adsorption spektrofotometer (AAS), kamera digital, dan alat tulis menulis.

2.2.3 Pelaksanaan Penelitian

2.2.3.1 Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari lokasi sumber batuan leusit terdiri dari 2 Desa yaitu desa Garessi dan desa Lipukasi dan 3 dusun yaitu dusun Garessi, dusun

Pao, Dusun Salomoni Kecamatan Tanete Rilau Kabupaten Barru. Pengambilan sampel tanah dilaksanakan di sekitar daerah perakaran tanaman pada beberapa jenis tanaman yang tumbuh di tiap-tiap lokasi pengambilan sampel tanah. Pengambilan sampel tanah digali sampai kedalaman 0 sampai 20 cm di daerah rhizosfer, kemudian tanah diambil sebanyak 100 g untuk isolasi cendawan dan 250 g untuk analisis tanah, lalu contoh tanah dimasukkan dalam karton coklat yang masing-masing diberi kode berdasarkan huruf depan vegetasi tanaman dan lokasi pengambilan sampel.



Gambar 2.1. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Analisis kimia tanah terdiri atas : pH, Nitrogen,Posfor,K total dan K dapat ditukar(K-dd). Pengukuran K total dan K dd dengan menggunakan alat AAS (Atomic Adsorption Spektrophotometer).

2.2.3.2 Isolasi Cendawan Pelarut Kalium

Media isolasi yang digunakan adalah metode dari Prajapati et al., (2012); dan Pratama et al.,(2016) dengan menggunakan media *Alexandrov* (Tabel 1). Sampel tanah terlebih dahulu dikeringanginkan kemudian tanah diambil sebanyak 10 g dimasukkan ke dalam 90 ml media *Alexandrov broth* yang telah ditambahkan kloramfenikol, lalu dinkubasi selama 7 hari. Sampel tanah yang

telah diinkubasi kemudian diencerkan menggunakan metode pengenceran (*dilution method*) dengan mensuspensikan 1 ml media dari hasil inkubasi ke 9 ml aquadest (10^{-1}), pengenceran diulang sampai dengan pengenceran 10^{-5} .

Isolasi cendawan dengan menggunakan metode sebar (*spread plate*) pada media *Alexandrov agar* yang ditambahkan kloramfenikol. Sebanyak 0.1 ml hasil pengenceran dimasukkan ke dalam cawan petri yang berisi media *Alexandrov agar* dengan cara disebar ke seluruh permukaan media dan diinkubasi selama 4 hari, setelah itu dilakukan pengamatan koloni yang tumbuh dan membentuk zona bening. Koloni yang tumbuh dan membentuk zona bening pada media merupakan koloni cendawan pelarut kalium (Prajapati et al., 2012)

Tabel 2.2 Komposisi media *Alexandrov agar* (Prajapati et al., 2012)

Bahan	Dosis (gram/100ml)
Glukosa	1
<i>Yeast extract</i>	0.5
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.05
FeCl ₃	0.0005
CaCO ₃	0.01
CaPO ₄	0.2
Sumber kalium	0.5
Agar	2
Kloramfenikol	0.004

Cendawan yang tumbuh dan membentuk zona bening dilakukan pemurnian dan menumbuhkan satu jenis cendawan tiap cawan petri dengan menggunakan media *Alexandrov agar* yang sumber kalium dari batuan Leusit Barru yang terlebih dahulu digerus lalu disaring dengan saringan 200 mesh. Setiap cendawan diberi nama berdasarkan lokasi pengambilan dan sampel tanah berdasarkan vegetasi tanaman.

2.2.3.3 Uji Kemampuan Isolat Cendawan Pelarut Kalium secara Kualitatif

Pengujian secara kualitatif dilakukan dengan membiakkan isolat ke media *Alexandrov agar* dengan menambahkan sumber kalium dari batuan Leusit dan K₂HPO₄. Pengamatan cendawan dilakukan sebanyak empat kali yaitu mulai hari ke empat, hari ke tujuh, hari ke sepuluh dan hari ke tiga belas setelah

penanaman cendawan. Adapun variabel pengamatan yaitu mengukur diameter zona bening yang terbentuk dan diameter pertumbuhan cendawan. Ujian kemampuan melarutkan kalium secara kualitatif dengan menghitung nilai indeks pelarutan (IP) dengan menggunakan rumus (Khandeparker's selection ratio) ; (Prajapati et al., 2012) :

$$IP = \frac{\text{Diameter zona bening}}{\text{Diameter koloni}}$$

Keterangan : IP = Indeks Pelarutan

Semakin tinggi nilai indeks pelarutan cendawan maka semakin baik kemampuan cendawan tersebut dalam melarutkan kalium.

Data yang telah diperoleh kemudian ditabulasi dalam bentuk tabel untuk selanjutnya dianalisis sidik ragam (ANOVA) berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Dimana perlakuannya adalah isolat cendawan pelarut kalium yang terdiri atas 22 taraf yang diulang sebanyak 3 kali. Data yang menunjukkan hasil nyata atau sangat nyata akan dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf kepercayaan α 0,05.

2.2.3.4 Uji Kemampuan Isolat Cendawan Pelarut Kalium secara Kuantitatif

Pengujian secara kuantitatif dilakukan dengan cara menumbuhkan cendawan pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium dari batuan leusit dan K_2HPO_4 . Bahan tersebut dicampur dan ditambah aquadest sampai batas volume 1 liter. Setelah tercampur rata kemudian media dimasukkan ke dalam botol masing masing sebanyak 25 ml lalu dimasukkan kedalam *autoclave* pada suhu 121 °C selama 15 menit untuk sterilisasi. Setelah media tidak panas dilakukan inokulasi isolat ke dalam media cair dan ditumbuhkan selama 14 hari. Setelah itu isolate pada media cair dicentrifuge selama 25 menit dengan kecepatan 2500 rpm untuk memisahkan supernatan dari sel cendawan. . Setelah itu supernatan disaring untuk menentukan kalium dapat ditukar (K-dd) yang dianalisis menggunakan alat AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) .

2.2.3.5. Uji Produksi Hormon IAA (Indole Acetic Acid)

Pengujian produksi hormon IAA dilakukan dengan menumbuhkan isolat cendawan pada media Potato Dextrose Broth (PDB) dengan menambahkan L-tryptophan sebanyak 100 mg/L kemudian cendawan diinkubasi

pada kondisi gelap selama 5 hari. Pada hari ke enam cendawan dalam media PDB di centrifuge untuk memisahkan supernatan dari sel cendawan. Sebanyak 4 ml Salkowski reagen (12 g FeCl_3 dalam 429 ml H_2SO_4) dimasukkan pada tabung reaksi, lalu ditambahkan 2 ml supernatan selanjutnya disimpan selama 24 jam pada suhu kamar. Produksi IAA ditunjukkan dengan adanya warna pink pada tabung reaksi. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang 535 nm (Gutierrez et al., 2009).

2.2.3.6. Uji Produksi Hormon GA3 (Giberellic Acid)

Pengujian produksi hormon Giberellic Acid (GA3) diukur dengan menggunakan metode standar (Borrow et al, 1995; Rahim I, Suherman, 2019). Sebanyak 5 potong isolat dari media Potato Dextrose Agar (PDA) diambil dengan menggunakan *cork bohrer*, kemudian ditumbuhkan pada media Potato Dextrose Broth (PDB), lalu dinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari. Setelah itu, kultur disentrifuse pada 8000 rpm selama 10 menit. Kultur sebanyak 15 ml dipindahkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 2 ml larutan Zinc acetat. Setelah 2 menit, ditambahkan 2 ml larutan Potassium ferrocyanide dan disentrifuse pada 8000 rpm selama 10 menit. Supernatan sebanyak 5 ml ditambahkan 5 ml asam klorida 30% dan dinkubasi pada suhu kamar selama 75 menit. Blanko dipersiapkan dengan asam klorida 5%. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 254 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Konsentrasi GA dibandingkan dengan kurva standar GA (Sigma-Aldrich).

2.2.3.7 Uji Antagonis Cendawan Pelarut Kalium

Uji antagonis bertujuan untuk mengetahui dan mengukur kemampuan cendawan antagonis dalam menekan pertumbuhan cendawan pathogen pada skala invitro (skala laboratorium).

Isolat cendawan pelarut kalium dilakukan uji antagonis dengan metode dual kultur (Nirwanto dan Mujoko 2009, Nurbalis 2015, Ratnawati, 2019) dengan cara membiakkan kedua cendawan yang berlawanan dalam satu cawan petri. Tiap isolat ditumbuhkan pada medium PDA biakan berhadapan dengan isolat pathogen *Fusarium sp.* dari tanaman kacang tanah. Biakan murni pathogen dan cendawan antagonis yang digunakan masing masing berumur 7 hari..Biakan

tersebut selanjutnya ditumbuhkan pada medium PDA dengan jarak 3 cm dari tepi cawan petri.

Pengamatan biakan dilakukan pada umur satu hari sampai hari ke delapan setelah inokulasi dalam kondisi gelap pada suhu ruang. Pengukuran dilakukan terhadap luas pertumbuhan koloni pathogen pada masing masing perlakuan dengan mengukur diameter koloni masing masing cendawan tersebut.

Kemampuan antagonis ditentukan berdasarkan persentase kemampuan daya hambat. Persentase penghambatan pertumbuhan cendawan dihitung dengan rumus ;

$$R = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100\%$$

D1

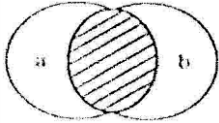
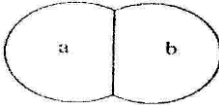
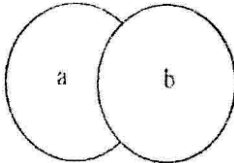
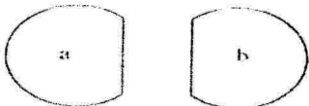
Keterangan :

R = persentase penghambatan pertumbuhan (%)

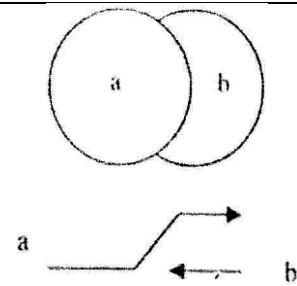
D1 = diameter cendawan pathogen pada kontrol

D2 = diameter cendawan pathogen pada perlakuan uji antagonis

Tabel 2.3. Tipe interaksi antara dua spesies cendawan

Tipe Intraksi	Deskripsi Klasifikasi	
I	Kedua cendawan tumbuh tanpa adanya interaksi secara Makroskopis	
II	Inhibisi mutual; kedua cendawan saling kontak atau zona hambatan kecil (< 2 mm)	
III	Inhibisi pada cendawan uji; cendawan pathogen mengalami pertumbuhan, sementara cendawan yang dihambat tidak lagi mengalami pertumbuhan	
IV	Inhibisi mutual; terbentuk zona hambatan besar (>2mm)	
V	Inhibisi pada pathogen; cendawan uji tetap mengalami pertumbuhan sementara cendawan pathogen yang	

- VI dihambat tidak lagi mengalami pertumbuhan
 Inhibisi pada salah satu cendawan; cendawan uji tetap mengalami pertumbuhan melewati cendawan yang dihambat.



Keterangan ; a. Cendawan Uji. B. Cendawan pathogen (Wheeler and Hocking 1992; Ratnawati,2019).

2.3.3.8 Identifikasi Isolat Cendawan Pelarut Kalium Karakteristik Morfologi

Isolat cendawan pelarut kalium yang telah terseleksi dilakukan identifikasi secara morfologi. Identifikasi cendawan yang telah diinkubasi selama satu minggu diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Identifikasi dilakukan dengan mengamati morfologi dan karakteristik koloni fungi pelarut kalium yang tumbuh pada media Potato Dextrose Agar (PDA) baik secara makroskopis maupun mikroskopis. Pengamatan secara makroskopis melihat warna koloni, tekstur koloni, bentuk koloni dalam cawan petri (konsentris dan tidak konsentris). Pengamatan secara mikroskopis melihat ada tidaknya septa pada hifa (bersekat atau tidak bersekat), pertumbuhan hifa (bercabang atau tidak bercabang), warna hifa dan konidia (gelap atau hialin transparan), ada atau tidaknya konidia, dan bentuk konidia (bulat, lonjong, berantai atau tidak beraturan). Identifikasi mikroskopis dan makroskopis disesuaikan dengan buku identifikasi Barnett dan Hunter (1999).

2.3.3.9 Identifikasi Molekuler Isolat Unggulan Cendawan Pelarut Kalium

Identifikasi molekuler terdiri dari ekstraksi DNA, amplifikasi DNA, elektroforesis dan sekuensing.

Metode Ekstraksi (Geneaid Tissue DNA Extraction)

Tahapan pertama mengambil 1 sengkeli (30 mg) miselia cendawan ke dalam tabung ependorf, ditambahkan 200 μ L GT buffer dan 20 μ L Proteinase K kemudian hancurkan jaringan dengan Microprestel selanjutnya inkubasi 60°C selama 30 menit. ditambahkan 200 μ L GB buffer vortex selama 5 detik dan inkubasi kembali 60°C selama 20 menit hingga semua lysat hancur. Setelah inkubasi ditambahkan 200 μ L ethanol absolute, kemudian vortex secepatnya

selama 10 detik. Selanjutnya disiapkan GD column dan dipindahkan semua sampel tadi ke dalam GD column selanjutnya sentrifuge 16.000 G selama 2 menit. Cairan yang tertampung dibuang dalam tabung pengumpul dan tambahkan 400 uL W1 buffer ke dalam GD column dan sentrifuge kembali 16.000 G selama 30 detik. Buang cairan yang tertampung dalam tabung pengumpul dan tambahkan 600 uL Wash buffer kedalam GD column dan sentrifuge kembali 16.000 G selama 30 detik. Sentrifuge kembali 16.000 G selama 3 menit untuk mengeringkan GD column. Kemudian pindahkan GD column ke tabung eppendorf baru. Selanjutnya tambahkan 100 uL elution buffer yang telah dipanasi tepat pada matriks. Diamkan selama 5 menit setelah itu sentrifuge 16.000 G selama 30 detik. Hasil elution DNA pada tabung eppendorf selanjutnya siap untuk di PCR.

Amplifikasi DNA dengan PCR

Proses amplifikasi DNA dilakukan dengan mencampurkan *Master Mix* (*Go Taq*) sebanyak 25 µl dalam tube kecil, lalu digunakan 2 pasangan primer yaitu ITS-4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3) dan ITS 5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAG-3) masing masing sebanyak 2 µl, larutan ekstraksi DNA sampel sebanyak 5 µl dan akuades steril sebanyak 16 µl. Larutan yang sudah dibuat kemudian diamplifikasi menggunakan mesin *CFX Connect Real-Time PCR* (Bio-RAD). PCR dilakukan dengan 5 tahap yaitu : Predenaturasi suhu 94°C selama 3 menit (1kali siklus), denaturasi suhu 94°C selama 1 menit , annealing (penempelan primer) suhu 50°C selama 60 detik, ekstensi (elongasi) suhu 72°C selama 60 detik dan post-ekstensi suhu 72°C selama 5 menit (1 kali siklus). Amplifikasi dilakukan sebanyak 35 siklus.

Elektroferosis

Untuk memvisualisasi hasil amplifikasi DNA dengan target band 650 bp untuk pasangan primer ITS 4 dan ITS 5 dengan cara menimbang 2 gr Agarose dan larutkan dalam 100 mL TAE buffer 1x panaskan hingga larut kemudian masukkan 7 uL GelRed selanjutnya tuangkan ke dalam kontainer pencetak agarose. Setelah memadat masukkan 8 uL produk PCR masing-masing sampel yang telah diamplifikasi ke dalam sumur pada agarose, selanjutnya dirunning 100 V selama 50 menit. Hasil elektroferosis selanjutnya dilihat di bawah UV dan selanjutnya di foto untuk dianalisis, hasil amplifikasi berupa band berukuran 650 bp (ITS) ((White et al., 1990)

Sekuensing hasil amplifikasi dilakukan dengan menggunakan jasa komersial pada Laboratorium Firstbase Singapura.

2.3 Hasil

2.3.1 Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari lokasi sumber batuan leusit terdiri dari 2 Desa yaitu desa Garessi dan desa Lipukasi dan 3 dusun yaitu dusun Garessi, dusun Pao, Dusun Salomoni Kecamatan Tanete Rilau Kabupaten Barru. Masing-masing diberi kode berdasarkan huruf depan vegetasi tanaman. Pengambilan sampel tanah dilakukan di daerah sekitar perakaran tanaman pada beberapa jenis tanaman yang berbeda pada tiap-tiap lokasi pengambilan sampel tanah. Contoh tanah dimasukkan dalam karton coklat dan pengambilan sampel.

Tabel 2.4. Lokasi dan vegetasi pengambilan sampel tanah

Lokasi	Vegetasi
Dusun Salomoni	Jati (<i>Tectona grandis</i>)
Desa Lipukasi	Jambu mente (<i>Neolamarkcia cadamba</i>)
Kec.Tanete Rilau	Aren (<i>Arenga pinnata</i>)
Dusun Pao	Jati (<i>Tectona grandis</i>)
Desa Lipukasi	Jabon(<i>Neolamarkcia cadamba</i>)
Kec.Tanete Rilau	Pisang (<i>Musa paradiasa</i>) Mangga(<i>Mangifera indica</i>) Padi (<i>Oriza sativa</i>)
Dusun Garessi	Rumput Gajah (<i>Pennisetum purpureum</i>)
Desa Garessi	Jambu Mente (<i>Anacardium occidentale</i>)
Kec.Tanete Rilau	Jati (<i>Tectona grandis</i>)

Analisa kimia tanah dilakukan untuk mengetahui kondisi kimia sampel tanah berdasarkan daerah pengambilan contoh tanah.

Tabel 2.5. Analisis Kimia berdasarkan pengambilan sampel tanah

Lokasi	pH	K total mg/100gr	Kdd (cmol/kg)	N (%)	P (ppm)
Dusun Salomoni	5.95	6.96	0.23	0.19	9.85
Dusun Pao	5.82	12.25	0.35	0.08	7.25
Dusun Garessi	4.71	9.23	0.22	0.12	6.45

Berdasarkan tabel 2.5 , contoh tanah yang diambil dari 3 Dusun yaitu Salomoni, Pao, Garessi tergolong tanah yang masam dan agak masam. Cendawan pelarut kalium dapat ditemukan pada tanah dengan pH 4,71 – 5.95. Menurut Lay (1994) dalam (Setiawati & Mutmainnah, 2016) bahwa mikroba pelarut kalium dalam

tanah dapat tumbuh pada kisaran pH 2 – 8 dan cendawan dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH masam. Dusun Pao desa Lipukasi memiliki kandungan K total dan Kalium dapat ditukar (K-dd) tertinggi yaitu 12.25 mg/100gr dan 0.35 cmol/gr.

2.3.2 Isolasi Cendawan Pelarut Kalium

Isolasi cendawan dari rhizosfer vegetasi tanaman yang berasal dari 3 dusun pada media aleksandrov agar terdapat 64 cendawan. Tumbuhnya cendawan Pelarut Kalium ditunjukkan dengan adanya zona bening yang mengelilingi cendawan. Terdapat 34 isolat cendawan pelarut kalium yang didapat dari contoh tanah yang menunjukkan adanya zona bening.

Masing masing 1 (satu) isolate dengan pertumbuhan dan pembentukan zona bening terbaik untuk diuji kemampuannya dalam melarutkan kalium yang terkandung pada mineral-mineral pembawa kalium, sehingga terdapat 22 cendawan yang akan diuji selanjunya.

Tabel 2.6. Jumlah Isolat Cendawan dari beberapa vegetasi tanaman di Kecamatan Tanete Rilau Kabupaten Barru.

Dusun	Jenis vegetasi	Jumlah isolate
Pao Pao	Jati	4
	Jabon	6
	Pisang	7
	Mangga	3
	Padi	7
Garessi	Jati	11
	Jambu Mente	5
	Rumput Gajah	4
Salomoni	Jati	9
	Jambu mente	3
	Aren	5
Jumlah		64

Pada tabel 2.6 menunjukkan hasil isolasi cendawan dari rhizosfer vegetasi tanaman yang berasal dari 3 dusun terdapat 64 isolat cendawan terdiri 27 isolat berasal dari dusun Pao tanaman jati, mangga, jabon,padi,pisang. Jumlah isolat dari dusun Garessi sebanyak 20 cendawan berasal dari tanaman Jati, jambu mente dan rumput gajah dan 17 isolat berasal dari dusun Salomoni tanaman jati, jambu mente dan aren.

Tabel 2.7. Jumlah cendawan pelarut kalium yang menunjukkan zona bening dari beberapa vegetasi tanaman di kecamatan Tanete Rilau

Desa	Jenis vegetasi	Jumlah isolate
Pao Pao	Jati	3
	Jabon	5
	Pisang	3
	Mangga	3
Garessi	Padi	3
	Jati	2
	Jambu Mente	4
Salomoni	Rumput Gajah	3
	Jati	2
	Jambu mente	4
Jumlah		34

Berdasarkan tabel 2.7 bahwa terdapat 34 isolate cendawan dari 64 isolat hasil isolasi yang menunjukkan adanya zona bening yang mengelilingi cendawan. Adanya zona bening menunjukkan kemampuan cendawan melarutkan kalium.

Tabel 2.8. Jumlah isolate Cendawan yang diuji kemampuannya dalam melarutkan kalium

Desa	Jenis vegetasi	Jumlah isolate
Pao Pao	Jati	1
	Jabon	4
	Pisang	2
	Mangga	1
	Padi	3
Garessi	Jati	2
	Jambu Mente	1
	Rumput Gajah	3
Salomoni	Jati	2
	Jambu mente	3
Jumlah		22

Pada tabel 2.8 menunjukkan 22 cendawan pelarut kalium terpilih berdasarkan pertumbuhan dan pembentukan zona bening terbaik diuji kemampuannya dalam melarutkan kalium secara kualitatif pada media aleksandrov agar dengan sumber kalium K_2HPO_4 dan mineral batuan leusit dan uji kemampuan cendawan pelarut kalium secara kuantitatif.

2.3.3 Uji Kemampuan Cendawan Pelarut Kalium Secara Kualitatif pada media Aleksandrov agar

Dua puluh dua isolat ditumbuhkan pada Media Aleksandrov Agar dengan sumber kalium batuan leusit asal Barru yang memiliki kandungan K_2O sebesar 3.24% dan K_2HPO_4 . Pengamatan pertumbuhan cendawan pelarut kalium dan kemampuannya dalam membentuk zona bening diamati sebanyak 4 kali, yakni pada hari ke empat, hari ke tujuh, hari ke sepuluh dan hari ke tiga belas, dengan cara mengukur diameter koloni dan diameter zona bening yang terbentuk. Pengujian secara kualitatif untuk mendapatkan jenis cendawan pelarut kalium yang unggul yaitu memiliki nilai indeks pelarutan tertinggi. Indeks pelarut kalium oleh cendawan pelarut kalium dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$IP = \frac{\text{Diameter zona bening (D)}}{\text{Diameter koloni (d)}}$$

Diameter koloni (d)

Keterangan : IP = Indeks Pelarutan (D/d)

Tabel 2.9. Rata rata Diameter Koloni, Diameter Zona Bening, Indeks Pelarutan cendawan pelarut kalium secara kualitatif pada media aleksandrov agar hari ke 13 (pengamatan terakhir) sumber kalium K_2HPO_4

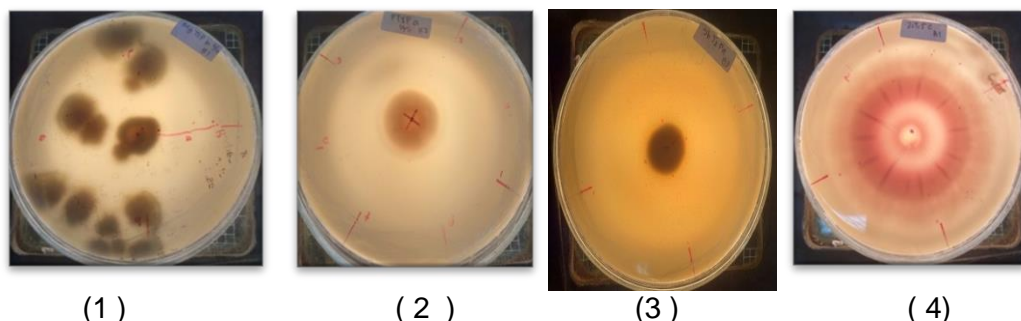
No.	Isolat	K ₂ HPO ₄			Batuan Leusit		
		d (cm)	D (cm)	D/d	d (cm)	D (cm)	D/d
1.	J2T1Sa	5.3	1.1	0.1	6.8	0.9	0.1
2.	MgT1P b	0.8	2.8	3.9	1.4	2.3	1.9
3	JbT2P p	3.6	2.0	0.6	6.8	1.5	0.2
4	JbT2P d	3.2	2.4	0.5	4.5	1.1	0.3
5	JM1Sa	5.8	1.6	0.2	8.4	0.9	0.1
6	RgG b	4.1	1.8	0.4	5.3	1.0	0.2
7	PT3P a	2.8	2.5	0.6	3.9	1.8	0.5
8	JbT2P a	3.1	2.1	0.5	3.1	1.5	0.5
9	JbT2P q	5.1	2.0	0.2	5.3	0.8	0.2
10	J1T1S c	4.8	1.1	0.3	8.2	0.7	0.1
11	PsT2P e	8.4	1.1	0.1	4.8	1.1	0.2
12	PsT2P d	4.5	1.3	0.3	4.1	1.4	0.3
13	J4G e	8.4	1.6	0.2	8.4	1.3	0.2
14	M2T2G c	8.4	0.7	0.1	8.4	0.9	0.1
15	JM1S b	8.4	0.9	0.2	8.4	1.3	0.2
16	JM1S c	3.5	1.4	0.4	4.2	1.4	0.3
17	JsT1P a	5.3	1.9	0.2	5.8	1.2	0.2
18	RgG d	4.7	1.8	0.3	7.5	0.5	0.1
19	PT3P e	1.7	2.4	1.4	1.7	2.0	1.2
20	J4T1G b	8.4	0.9	0.1	8.4	0.7	0.1
21	PT1P d	8.4	0.8	0.1	8.4	0.8	0.1
22	Rg G c	1.1	2.6	2.4	1.6	2.1	1.4

d= diameter koloni (cm); D = diameter zona bening (cm); D/d= indeks pelarutan

Pada tabel 2.9 menunjukkan cendawan yang ditumbuhkan pada media aleksandrov agar dengan sumber kalium K_2HPO_4 dan batuan Leusit Barru, cendawan yang memiliki diameter pertumbuhan terbesar adalah J₄T1Gb dan PT1Pd, tetapi cendawan ini membentuk zona bening terendah dibanding cendawan lainnya. Sedangkan cendawan MgT1Pb memiliki kemampuan membentuk zona bening terbesar namun diameter pertumbuhan yang lebih kecil dibanding cendawan lainnya. Menurut (Rajawat et al., 2014) bahwa mikroba yang tumbuh dan membentuk zona bening pada media aleksandrov agar diasumsikan sebagai mikroba yang mampu melarutkan kalium.

Nilai indeks pelarutan tergantung pada perbandingan diameter zona bening dengan diameter pertumbuhan cendawan. Hasil uji kualitatif dengan nilai indeks pelarutan (D/d) tertinggi oleh cendawan secara berturut turut adalah MgT1Pb, RgGc, PT3Pe, PT3Pa, JbT2Pa, JbT2Pp, JbT2Pd. Indeks pelarutan yang semakin tinggi maka kemampuan melarutkan kalium juga semakin tinggi.

Dua puluh dua cendawan yang diuji kemampuan melarutkan kalium secara kualitatif pada media padat aleksandrov agar dengan sumber kalium K_2HPO_4 dan batuan leusit Barru memiliki pertumbuhan yang beragam, demikian halnya dengan kemampuan membentuk zona bening. Cendawan yang memiliki pertumbuhan yang baik belum tentu memiliki pembentukan zona bening yang baik. Beberapa cendawan membentuk zona bening yang besar tetapi diameter pertumbuhan yang kecil. Hal ini disebabkan karena kemampuan cendawan membentuk zona bening rendah dan zona bening yang terbentuk kemudian tertutupi dengan pertumbuhan cendawan yang besar (Mutmainnah et al., 2013)



Gambar 2. 2. Zona bening isolate cendawan pelarut kalium (1) MgT1Pb; (2)PT3Pa; (3) JbT2Pa; (4) J2T1Sa.

Tabel 2.10. Rata rata nilai indeks pelarutan (IP) cendawan pelarut kalium hari ke 13 dengan sumber kalium K₂HPO₄ dan leusit Barru

No.	Isolat	Sumber kalium K ₂ HPO ₄	Sumber kalium Batuan Leusit
		IP (D/d)	IP (D/d)
1.	J2T1Sa	0.1a	0.1a
2.	MgT1Pb	3.2c	1.8c
3	JbT2Pp	0.6a	0.2a
4	JbT2Pd	0.5a	0.3a
5	JM1Sa	0.2a	0.1a
6	RgG b	0.4a	0.3a
7	PT3Pa	0.6a	0.4a
8	JbT2Pa	0.5a	0.5ab
9	JbT2Pq	0.2a	0.2a
10	J1T1Sc	0.2a	0.1a
11	PsT2Pe	0.1a	0.2a
12	PsT2Pd	0.3a	0.3a
13	J4Ge	0.2a	0.1a
14	M2T2Gc	0.1a	0.1a
15	JM1Sb	0.2a	0.2a
16	JM1Sc	0.4a	0.3a
17	JsT1Pa	0.2a	0.2a
18	RgGd	0.2a	0.1a
19	PT3Pe	1.2ab	0.7bc
20	J4T1Gb	0.1a	0.1a
21	PT1Pd	0.1a	0.1a
22	Rg Gc	2.4bc	1.3c

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (a,b,c) tidak berbeda nyata pada uji BNJ 0.05

Tabel 2.10 menunjukkan bahwa cendawan MgT1Pb memberikan rata rata Indeks Pelarutan tertinggi pada sumber kalium K₂HPO₄ dan batuan leusit yaitu 3.2 dan 1.8 tetapi tidak berbeda nyata dengan RgGc dan PT3Pe dan berbeda nyata dengan cendawan lainnya.

Mikroba dalam melarutkan kalium dapat diklasifikasikan berdasarkan indeks pelarutan yaitu rendah (IP ≤ 2), menengah (IP 2 < 4) dan tinggi (IP ≥ 4)(Marra et al., 2011). Berdasarkan nilai indeks pelarutan cendawan pelarut kalium sumber kalium berasal dari batuan leusit barru tergolong rendah berkisar 0.1-1.8, diameter zona bening berkisar 0.7cm – 2.3cm, dibanding dengan hasil penelitian oleh (Mutmainnah et al., 2013) menunjukkan kemampuan mikroba melarutkan kalium untuk sumber kalium dari batuan leusit pati dengan indeks pelarutan berkisar 0.11- 4.37, diameter zona bening berkisar 0.10cm – 5.19 cm.

Sedangkan sumber kalium dari batuan leusit situbundo nilai indeks pelarutan mikroba pelarut kalium berkisar 0.16- 4.59, diameter zona bening berkisar 0.20 cm – 5.21cm.

Nilai Indeks pelarutan berasal dari sumber kalium K_2HPO_4 tergolong menengah dengan nilai tertinggi 3.2, diameter zona bening berkisar 0,7cm-2.4cm.

2.3.4 Uji Kemampuan Cendawan Pelarut Kalium Secara Kuantitatif pada media Aleksandrov cair

Dua puluh dua cendawan terpilih kemudian dilakukan pengujian secara kuantitatif pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium K_2HPO_4 dan batuan leusit Barru. Hasil dari uji kuantitatif merupakan nilai yang dapat ditukar (K-dd) dengan menggunakan alat AAS (Atomic Adsorption Spectrofotometer).

Tabel 2.11. Jumlah Kalium dapat ditukar (K-dd) pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium K_2HPO_4 dan batuan Leusit Barru.

No.	Isolat	Batuan Leusit Barru (ppm)	K_2HPO_4 (ppm)
1	J2T1Sa	59.67	782.2
2	MgT1pb	69.33	764.6
3	JbT2Pp	58.00	752.4
4	JbT2pd	68.87	816.2
5	JM1Sa	57.67	691.2
6	PT3Pa	60.67	773.2
7	JbT2Pa	63.00	919.8
8	J1T1Sc	54.67	805.2
9	JbT2Pq	69.00	835.6
10	Tanpa Cendawan	68.67	712.0
11	PT1Pd	28.12	176.93
12	PT3P e	20.06	166.70
13	JM1Sb	37.73	205.45
14	J4Ge	30.04	183.52
15	RgG b	24.29	205.45

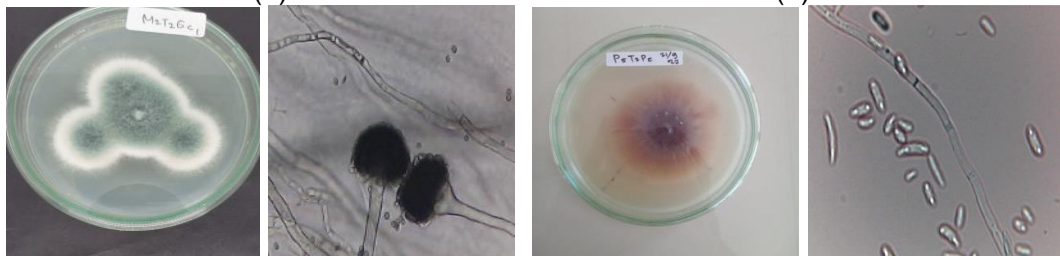
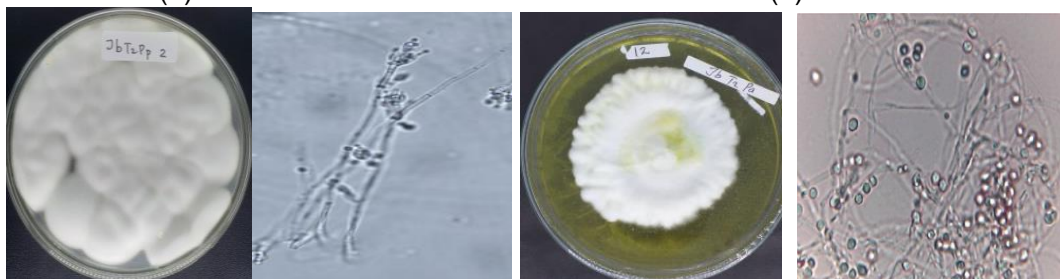
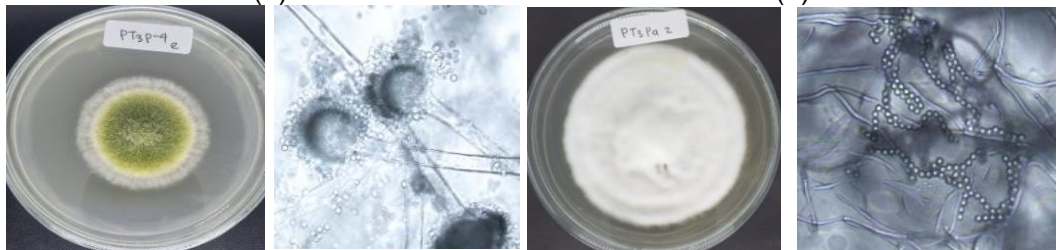
16	J4T1g b	24.47	172.84
17	M2T2G c	33.51	178.86
18	RgGd	38.82	184.55
19	JsT1P a	27.29	160.68
20	PsT2P d	41.55	166.70
21	JM1Sc	25.33	182.50
22	PsT2P e	36.12	207.39
23	RgGc	12.64	165.34

Pada tabel 2.11 menunjukkan pada media aleksandrov cair dengan sumber kalium K_2HPO_4 hasil jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) lebih besar dibanding jumlah Kalium dapat ditukar(K-dd) dengan sumber kalium Leusit Barru. Hal ini disebabkan K_2HPO_4 merupakan sumber kalium yang mudah larut, sedang batuan leusit Barru merupakan mineral yang sukar larut.

Isolat Kalium terlarut (K-dd) tertinggi dengan sumber kalium batuan leusit adalah MgT1Pb sebesar 69.33ppm. Cendawan yang menunjukkan hasil jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) tertinggi pada media aleksandrov cair dengan sumber kalium K_2HPO_4 adalah JbT2Pa dengan jumlah 919.8 ppm. Hasil Penelitian yang dilakukan (Setiawati & Mutmainnah, 2016)menunjukkani isolate diuji K terlarut dari sumber leusit pati dan situbundo dengan konsentrasi tertinggi berturut-turut adalah 18.7 mg/L dan 4.59 mg/L. Demikian pula hasil penelitian (Pachaiyappan & B., 2007) menunjukkan isolat *Bacillus mucilaginosus* MCRCp1 melarutkan K sumber mineral mika muskovit, mikrolin dan ortoklas pada 0,85 sampai 4,29mg./L. Mikroba dalam melarutkan mineral dipengaruhi oleh pH, jenis mineral, jenis dan jumlah asam organik yg dikeluarkan oleh mikroba(Hanudin, 2005).

2.3.5 Karakteristik Morfologi Cendawan Pelarut Kalium

Karakterisasi morfologi dari 22 isolat cendawan pelarut kalium yang tumbuh pada media alksandrov memiliki keragaman tekstur,dan warna baik pada bagian atas maupun bagian bawah dapat dilihat pada tabel dibawah ini



(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

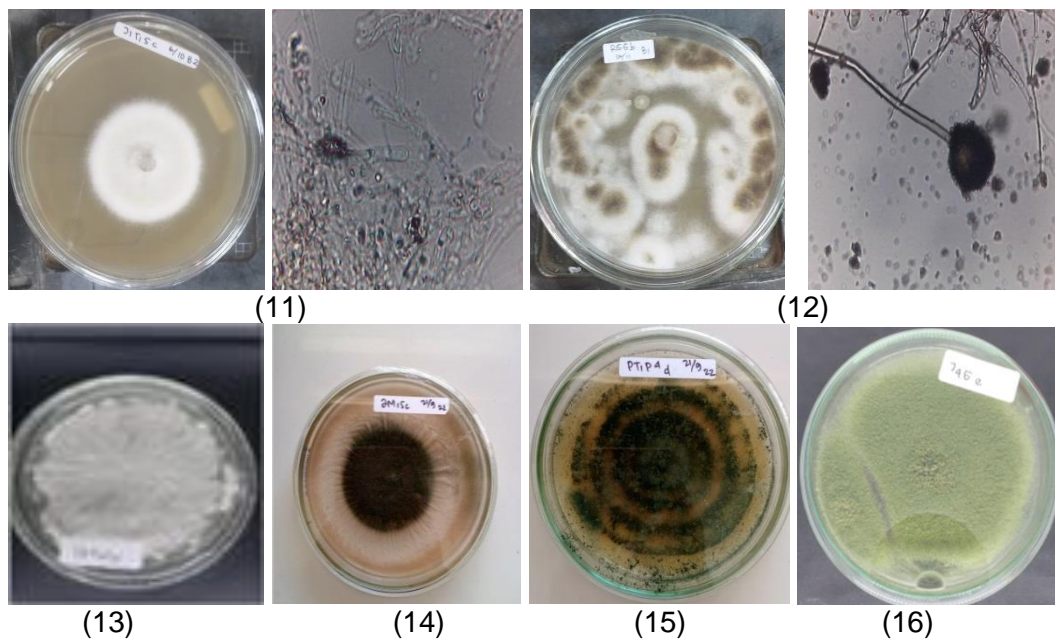
(6)

(7)

(8)

(9)

(10)



Gambar 2.4 . Cendawan Pelarut Kalium secara makroskopis dan mikroskopis (1) MgT1Pb; (2) RgGc; (3) PT3Pe; (4) PT3Pa; (5) JbT2Pp; (6) JbT2P; (7) M2T2Gc; (8) PsT2Pe; (9) J1T1Sc; (10) Jm1Sc; (11) J2T1Sa; (12) RgGb; (13) JbT1Pd; (14) JM1Sa; (15) PT1Pd; (16) J4Ge

Berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan terdapat 7 species *Aspergillus sp* (Jm1Sc, Jm1Sa, RgGb) yaitu *Aspergillus unguis* (MgT1Pb) koloni berwarna putih pada tahap perkembangan awal tetapi menjadi warna hijau muda dengan perkembangan konidia, Tepi atau margin kultur utuh dan halus, teksturnya beludru, *Aspergillus fumigatus* (M2T2Gc) berwarna hijau tua dengan pinggiran putih. Koloni tersebut berwarna terang dengan miselium seperti kapas, hifa berseptata, tekstur beludru. *Aspergillus flavus* (J4Ge, J1T1Sc) beludru, warna koloni kuning sampai hijau atau coklat dengan kekuningan.

Metharizium carneum (JbT2Pa) warna koloni putih kuning kehijauan, Konidiofor cendawan tersusun tegak, membentuk lapisan sporulasi, berlapis, dan bercabang yang dipenuhi dengan konidia, sedangkan bentuk dari konidia cendawan bersel satu, hialin atau sedikit berpigmen, massanya hijau zaitun, dan berbentuk bulat silinder, (Barnett, H.L. and Hunter, B.B., 1998)

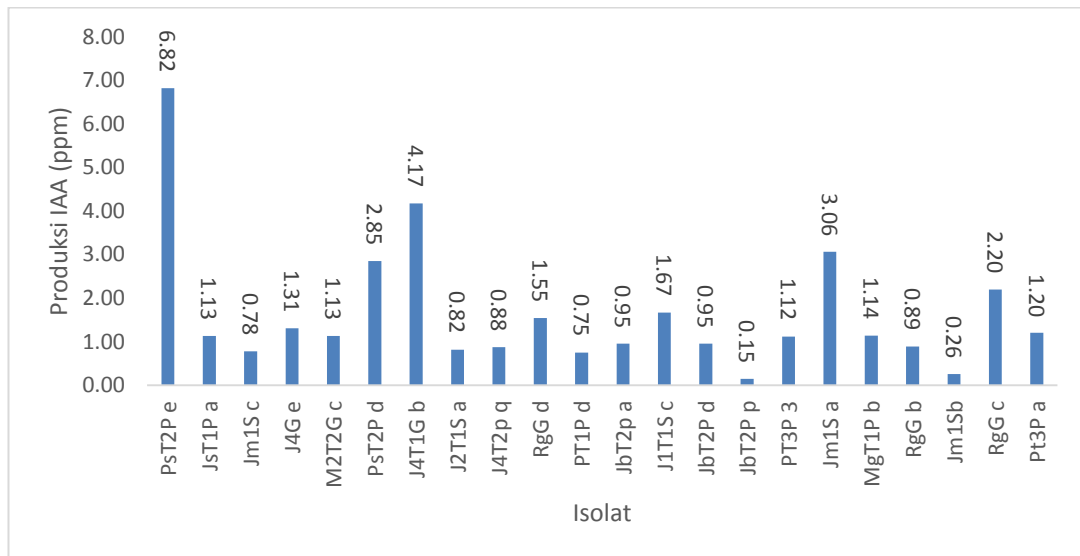
Penicillium sp (JbT2Pp) memiliki bentuk koloni bulat berwarna putih, terdiri dari konidiophores yang padat, memiliki rantai konidia bersel tunggal yang diproduksi dari sel khusus konidia yang disebut fialid. Fialid dapat diproduksi secara tunggal, berkelompok atau dari metula yang bercabang, dan akan berbentuk seperti sikat (penicillus).

Fusarium sp. memiliki koloni yang berwarna putih atau disertai warna ungu atau merah muda pada pusat koloninya. Pada isolat yang membentuk sporodokium dalam jumlah yang banyak, koloni akan berubah dari putih menjadi oranye.

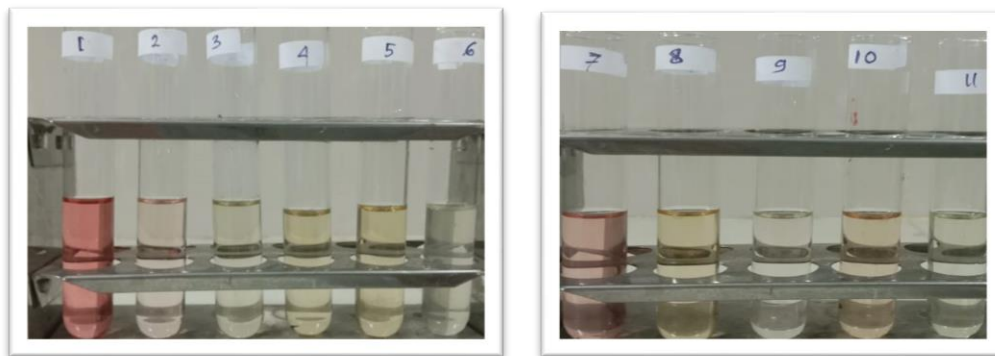
Trichoderma, sp permukaan koloni datar berbentuk bulat, kasar seperti berserat dengan bagian tepi halus, mula mula koloni berwarna putih kemudian bagian tengah berwarna hijau muda lalu menjadi hijau tua berbentuk lingkaran dengan batas jelas. Konidiofor hialin, tidak verticillate, phialides tunggal atau dalam kelompok, bulat telur, tersusun dalam kelompok terminal kecil, pertumbuhan cepat dan bercak bercak hijau (Barnett, H.L. and Hunter, B.B., 1998)

2.3.6 Uji Kemampuan Produksi IAA (Indole Acetic Acid) Cendawan Pelarut Kalium

Dua puluh dua cendawan pelarut kalium dilakukan pengujian kemampuan dalam memproduksi IAA (Indole Acetic Acid). Hasil pengujian IAA pada tabel 9 menunjukkan bahwa rata rata produksi IAA adalah sebesar 0.15 – 6.82 ppm yang dihasilkan oleh isolate cendawan pelarut kalium. Isolat cendawan yang mampu memproduksi IAA tertinggi adalah PsT2Pe sebesar 6.820 ppm. Hasil penelitian oleh (Abri, Kuswinanti T, Enny Lisan Sengin, 2015) menunjukkan rata-rata produksi Indole Acetic Acid (IAA) berkisar antara 0,556-2,190 mg/l pada isolate jamur dari rhizosfer padi aromatik Pare Kaloko, dan 0,048-1,810 mg/l pada isolat jamur Pare Bau. Perbedaan hasil produksi IAA dapat disebabkan oleh jenis cendawan dan asal isolate cendawan pelarut kalium yang berbeda (Abri, Kuswinanti T, Enny Lisan Sengin, 2015), hal ini sejalan yang dikemukakan oleh (Patten et al, 2002) bahwa perbedaan konsentrasi IAA karena kondisi masing-masing lokasi pengambilan sampel, jenis mikroba, jumlah nutrisi, lama inkubasi, laju pertumbuhan dan kemampuan dalam mengkonversi triptofan yang terkandung dalam media menjadi IAA.



Gambar 2.5. Produksi IAA cendawan pelarut kalium

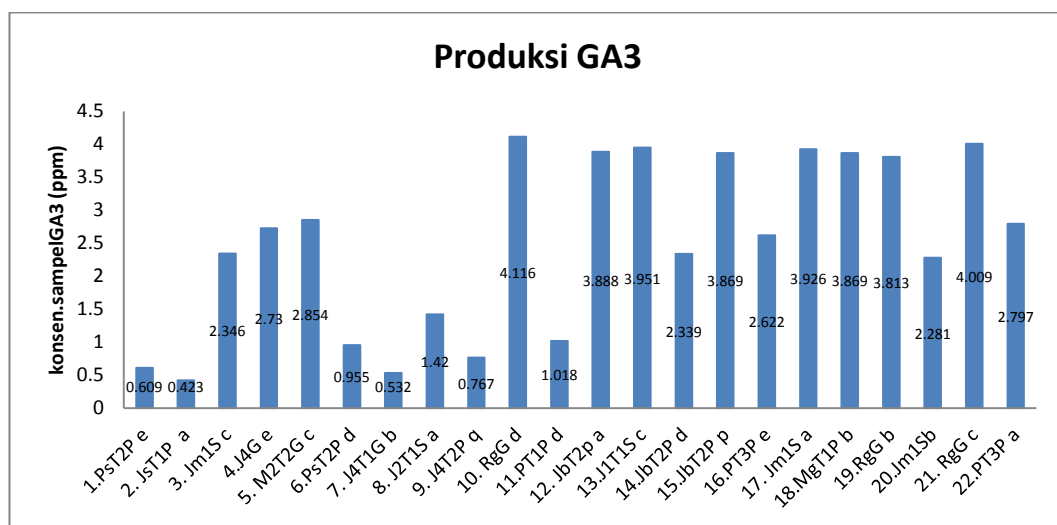


Gambar 2.6. Uji IAA cendawan pelarut kalium

Pada gambar 2. 6 diatas menunjukkan adanya perubahan warna menjadi merah muda dalam proses pengujian IAA (indole Acetic acid) pada isolate cendawan pelarut kalium. Perubahan warna dari isolat terjadi setelah adanya reaksi antara pereaksi salkowski dengan IAA ataupun dengan beberapa senyawa pembentuk IAA ((Kholida & Zulaika, 2015). Reaksi terjadinya perubahan warna menjadi merah mengindikasikan kemampuan cendawan tersebut dalam memetabolisme L-triptofan menjadi IAA (Patil et al., 2011)

2.3.7 Uji Kemampuan produksi GA3 pada cendawan pelarut kalium

Kemampuan isolate cendawan pelarut kalium menghasilkan GA3 diuji dengan cara mengukur absorbansi supernatan isolat dan membandingkan dengan kurva standar. Dua puluh dua isolate cendawan umumnya mempunyai kemampuan memproduksi GA3. Hormon GA3 berfungsi untuk pertumbuhan dan proses fisiologi tanaman, meliputi perkecambahan benih, munculnya bibit, pertumbuhan batang dan daun, induksi bunga dan pertumbuhan bunga dan buah (Bottini et al., 2004) dalam (Rahim I, Suherman, 2019)

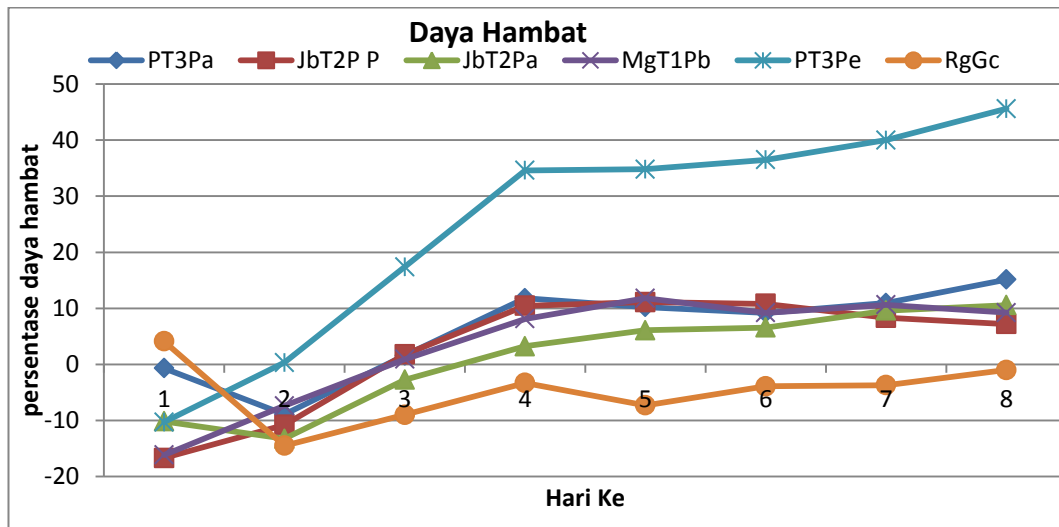


Gambar 2.7. Produksi GA3 cendawan Pelarut kalium

Hasil pengukuran produksi GA3 isolat cendawan pelarut kalium rata rata berkisar 0.423 ppm sampai 4.116ppm. Isolate RgGd menghasilkan konsentrasi hormon GA3 tertinggi yaitu 4.116 ppm, kemudian berturut turut RgGc(4.009ppm), J1T1Sc (3.951ppm), Jm1Sa (3.926ppm), JbT2Pa (3.888ppm), MgT1Pb (3.869ppm).

2.3.8. Uji Antagonis cendawan pelarut kalium

Pengamatan uji penghambatan dilakukan setiap hari sampai hari ke delapan sampai cendawan pathogen pada control memenuhi cawan. Uji antagonis pada enam isolat cendawan pelarut kalium yang unggul yaitu MgT1Pb, RgGc, PT3Pe, PT3Pa, JbT2Pa, JbT2Pp dilakukan pada isolate pathogen *Fusarium sp.* berasal dari tanaman kacang tanah.

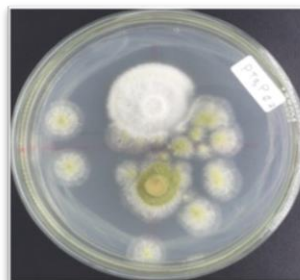


Gambar 2.8 Rata rata persentase penghambatan cendawan pelarut kalium terhadap pathogen *Fusarium,sp*

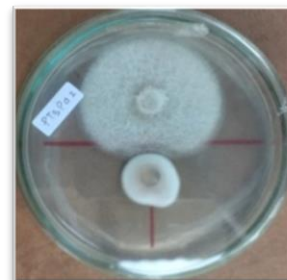
Rata-rata penghambatan cendawan pelarut kalium terhadap pathogen *Fusarium sp.* disajikan pada gambar 2.8. Pada hari ke delapan, rata-rata penghambatan tertinggi ditunjukkan oleh isolate cendawan pelarut kalium PT3Pe sebesar 45.67% dan diikuti berturut turut isolate cendawan pelarut kalium PT3Pa sebesar 15.12%, ,MgT1Pb sebesar 9.23%, JbT2Pa sebesar 10.56 %, JbT2Pp sebesar 7.2%. dan RgGc sebesar -1%.



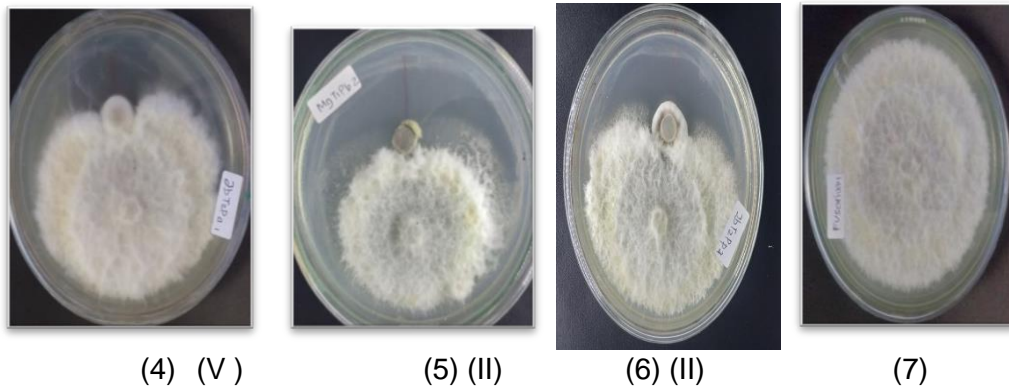
(1) (I)



(2) (IV)



(3) (IV)



Gambar 2.9 Tipe Interaksi isolate Cendawan Pelarut Kalium terhadap Patogen Fusarium (1) RgGc; (2) PT3Pe; (3) PT3Pa; (4) JbT2Pa; (5) MgT1Pb; (6) JbT2Pp ; (7) Fusarium

Berdasarkan pada gambar 2.9 menunjukkan bahwa tipe interaksi cendawan pelarut kalium dengan cendawan pathogen terdapat 3 isolat termasuk dalam tipe interaksi IV yaitu cendawan antagonis menghambat pertumbuhan cendawan patogen, 2 isolat dalam tipe interaksi II yaitu kedua cendawan saling kontak atau zona hambatan kecil (<2 mm), dan 1 cendawan termasuk tipe interaksi V yaitu cendawan antagonis menghambat pertumbuhan cendawan patogen.

2.3.9 Identifikasi Molekuler

Hasil analisa sekuensing 6 (enam) isolate cendawan pelarut kalium hasil seleksi berdasarkan database genebank.

Tabel 2.13. Analisis Sekuensing isolate cendawan pelarut kalium

Isolate	Cendawan	Kemiripan	No.Aksesi
MgT1Pb	Aspergillus unguis Strain NR131291	99%	NR 131291
JbT2P a	Metharizium carneum Strain WCPX-FS04	97%	KR296911
PT3Pe	Aspergillus austwickii Strain DTO228_F7	99%	NR 171607
PT3P a	Meyerozyma caribbica Strain LH1	99%	Mg797690
JbT2P p	Millerozima farinose	79%	KY104528

Sumber : Laboratorium Penelitian Riset, FKM Unhas.

Hasil analisa sekuensing *Aspergillus unguis* NR131291 (MgT1Pb) memiliki kemiripan sebesar 99%, *Metharizium carneum* WCPX-FS04 (JbT2Pa) memiliki kemiripan sebesar 97%, *Meyerozyma caribbica* LH1 (PT3Pa) memiliki kemiripan sebesar 99%, dan *Aspergillus austwickii* DTO228_F7(PT3Pe) memiliki kemiripan sebesar 99%.

2.4 Pembahasan

Isolat cendawan dilakukan pada media aleksandrov agar menggunakan 2 macam sumber kalium yaitu K_2HPO_4 yang mudah larut dan leusit yang tidak larut. Cendawan yang tumbuh dan membentuk zona bening diasumsikan sebagai cendawan yang mampu melarutkan kalium tidak larut yang terdapat pada media aleksandrov agar.

Kemampuan cendawan dalam melarutkan kalium pada media aleksandrov cair dengan sumber kalium K_2HPO_4 dan batuan leusit dengan hasil nilai kalium dapat ditukar (K-dd). Hasil K-dd pada perlakuan pemberian cendawan menunjukkan beberapa cendawan menghasilkan nilai K-dd yang tinggi maupun K-dd yang rendah dibandingkan tanpa cendawan. Adanya nilai K-

dd lebih tinggi diasumsikan cendawan dapat melarutkan kalium dari ikatan kalium yang tidak larut pada media cair, sedangkan hasil K-dd lebih rendah diduga karena cendawan tersebut menggunakan kalium terlarut pada media untuk aktifitas hidupnya. Menurut Basak (2009), mikroba pelarut kalium dapat melarutkan kalium dari ikatan kalium tak larut pada suatu media melalui sekresi asam-asam organik dan mikroba pelarut kalium dapat memanfaatkan kalium terlarut pada suatu media untuk pembentukan sel-sel baru, sehingga terjadi pengikatan (*immobilisasi*) kalium oleh mikroba. Hal ini juga disebabkan cendawan memiliki kemampuan melepaskan kalium berbeda-beda tergantung pada species dan produksi asam organik. Mekanisme pelarutan mikroba pelarut Kalium dalam menyediakan kalium yang dapat diserap tanaman dari bentuk kalium tidak larut maupun bentuk struktural Kalium yang tidak tersedia adalah melalui produksi asam organik (Meena *et al.* 2014). Asam organik yang dihasilkan dapat secara langsung melarutkan kalium pada mineral primer atau mengkhleat ion silikat pada mineral primer untuk kemudian menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman (Rogers *et al.* 1998; Basak dan Biwas 2009). Asam organik yang diproduksi oleh Mikroba Pelarut Kalium diantaranya asam oksalat, asam sitrat, asam malat, asam asetat, asam fumarrat, asam suksinat, asam tartarat, asam laktat, asam propionat dan asam suksinat (Sheng dan He 2006)

Selain memproduksi asam organik, mikroba pelarut kalium juga menghasilkan zat pengatur tumbuh yang dapat membantu pertumbuhan tanaman yaitu *indole-3acetic acid* (IAA) dan *gibeberellic acid* (GA₃) (Bagyalakshmi *et al.* 2012). Hasil uji produksi IAA terhadap cendawan pelarut kalium menunjukkan kemampuan dalam produksi berbeda pada setiap isolate Hal ini diduga adanya jenis cendawan dan asal isolate cendawan pelarut kalium yang berbeda. Reaksi terjadinya perubahan warna menjadi merah mengindikasikan kemampuan cendawan tersebut dalam memetabolisme L-triptofan menjadi IAA. IAA yang dihasilkan oleh mikroba dari perakaran tanaman terutama pada daerah rhizosfer mempunyai jalur metabolisme melalui sintesis L-triptofan (Patil, 2011). perbedaan hasil konsentrasi IAA dapat dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi triptofan yang ditambahkan ke media, semakin tinggi konsentrasi triptofan maka konsentrasi IAA yang dihasilkan juga akan semakin tinggi (Patter and Glick, 2002). Hasil uji produksi GA₃ menunjukkan bahwa cendawan pelarut kalium mempunyai kemampuan memproduksi GA₃ dengan

konsentrasi yang berbeda pada setiap isolate. Menurut Borrow et al (1955), pada tahap awal produksi asam giberelin terhenti karena adanya pertumbuhan miselia jamur dan terus berlangsung sampai akhir masa fermentasi

Adanya perbedaan daya penghambatan menunjukkan bahwa setiap isolate cendawan pelarut kalium yang diuji mempunyai mekanisme yang berbeda dalam penghambatannya. Kompetisi antagonis yang terjadi pada isolate uji dan *Fusarium sp.* karena adanya persaingan dalam memperebutkan kebutuhan pada masing masing mikroba. Menurut Allabauvette Lemanceau (2000) dalam Ratnawati (2019) bahwa antagonisme merupakan suatu kondisi dimana terjadi interaksi antar berbagai organisme dimana kompetisi ini terjadi karena adanya 2 organisme yang memperebutkan nutrisi.

2.5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa :

1. Isolat yang memiliki Indeks Pelarutan (IP) tertinggi berturut turut adalah MgT1Pb, RgGc, PT3Pe, PT3Pa, JbT2Pa, JbT2Pp, dan pada media aleksandrov cair dengan sumber kalium K₂HPO₄ jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) tertinggi adalah JbT2Pa dengan jumlah 919.8 ppm, sedangkan sumber kalium dari batuan leusit jumlah K-dd tertinggi adalah MgT1Pb sebesar 69.33 ppm.
2. Isolat cendawan pelarut kalium memiliki rata rata produksi IAA sebesar 0.15 – 6.82 ppm. Isolah cendawan yang mampu memproduksi IAA tertinggi adalah PsT2Pe sebesar 6.82 ppm.
3. Isolat yang memiliki konsentrasi hormon GA3 tertinggi yaitu RgGd (4.12 ppm), kemudian berturut turut RgGc(4.009ppm), J1T1Sc(3.95ppm), Jm1Sa(3.93ppm), JbT2Pa(3.88ppm), MgT1Pb (3.87ppm).
4. Isolat yang memiliki daya hambat tertinggi terhadap *Fusarium,sp* adalah PT3Pe sebesar 43.67%, kemudian PT3Pa sebesar 15.87%, ,MgT1Pb sebesar 18.01%, JbT2Pa sebesar 12.66%, JbT2Pp sebesar 10.61%.
5. Identifikasi molekuler terhadap isolat cendawan pelarut kalium yaitu *Aspergillus unguis* NR131291 (MgT1Pb).*Metharizium carneum* WCPX-FS04 (JbT2Pa), *Meyerozyma caribbica* LH1 (PT3Pa), dan *Aspergillus austwickii* DTO228_F7(PT3Pe).

2.6 Daftar Pustaka

- Abri, Kuswinanti T, Enny Lisan Sengin, R. S. (2015). Production of Indole Acetic Acid (IAA) Hormone from Fungal Isolates Collected from Rhizosphere of Aromatic Rice in Tana Toraja. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 2(6), 88–93.
- Archana d. S. (2007). *Studies on potassium solubilizing bacteria*. University of agricultural sciences, dharwad - 580 005 december,.
- B. Bagyalakshmi,. (2012). Influence of potassium solubilizing bacteria on crop productivity and quality of tea (*Camellia sinensis*). *African Journal of Agricultural Reseearch*, 7(30), 4250–4259. <https://doi.org/10.5897/ajar11.2459>
- Basyuni, Z. (2009). *Mineral dan Batuan Sumber Unsur Hara P & K*. 13.
- Gutierrez, C. K., Matsui, G. Y., Lincoln, D. E., & Lovell, C. R. (2009). Production of the phytohormone indole-3-acetic acid by estuarine species of the genus *Vibrio*. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(8), 2253–2258. <https://doi.org/10.1128/AEM.02072-08>
- Hanudin, I. E. (2005). *Degradasi Mineral Batuan Oleh Asam-asam Organik*.
- Irwan Muksin, Kusdarto, R. M. (2015). *Eksplorasi Umum Batuan Kalium di Kecamatan Barru dan Tanete Rilau Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan*.
- Kasana, R. C., Panwar, N. R., Chandra Bhushan Pandey, U. B., & Kumar, P. (2017). Isolation and Identification of Two Potassium Solubilizing Fungi from Arid Soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(3), 1752–1762. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.201>
- Khoirunisa. (2010). *Pengaruh Pemberian Mineral Leusit dan Mikroba Pelarut Kalium Terhadap Ketersediaan dan Serapan Hara Kalium Tanaman Kacang Tanah Archis hypogaea pada Tanah Inseptisol*. 68–74.
- Kholida, F. T., & Zulaika, E. (2015). Potensi Azotobacter sebagai Penghasil Hormon IAA (Indole-3-Acetic Acid). *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 4(2), 75–77.
- Lian, B., Wang, B., Pan, M., Liu, C., & Teng, H. H. (2008). Microbial release of potassium from K-bearing minerals by thermophilic fungus *Aspergillus fumigatus*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(1), 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2007.10.005>
- Marra, L. M., de Oliveira, S. M., Soares, C. R. F. S., & de Souza Moreira, F. M. (2011). Solubilisation of inorganic phosphates by inoculant strains from tropical legumes. *Scientia Agricola*, 68(5), 603–609. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000500015>
- Matthew, T., & Tallapragada, P. (2017). Isolation, Characterization and Identification of Potassium Solubilizing Fungi From Rhizosphere Soil in Bangalore. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 6(5), 931–940.
- Meena, V. S., Maurya, B. R., Verma, J. P., Aeron, A., Kumar, A., Kim, K., & Bajpai, V. K. (2015). Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): Isolation, identification, and K-release dynamics from waste mica. *Ecological Engineering*, 81, 340–347. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.065>
- Meene VS, M. B., & Bahadur I. (2013). Potassium solubilization by bacterial strain in waste mica vs m. *Bangladesh j.both*, 43(2), 235–237.
- Mutmainnah, L., Setiawati, T. C., & Mudjiharjati, A. (2013). Inventarisasi dan uji

- kemampuan pelarutan kalium oleh mikroba pelarut kalium dari rhizosfer tanaman tebu (*saccharum sp.*) *Rhizosphere of Sugarcane Plant (Saccharum sp.)*. x, 1–6.
- Pachaiyappan, S., & B., J. (2007). Solubilization of Potassium containing minerals by bacteria and their effect of plant growth. *World Journal of Agriculture Science*, 3(3), 350–355.
- Patil, N. B., Gajbhiye, M., Ahiwale, S. S., Gunjal, A. B., & Kapadnis, B. P. (2011). Optimization of Indole 3 - acetic acid (IAA) production by *Acetobacter diazotrophicus* L1 isolated from Sugarcane. *International Journal of Environmental Sciences*, 2(1), 295–302.
- Prajapati, K., Sharma, M. ., dan Modi, H. . (2012). Isolation of two potassium solubilizing fungi from ceramic industry soils. *Life Sciences Leaflet*, 5(January 2012), 71–75.
- Prasada Babu Gundala, Paramageetham Chinthala, B. S. (2013). Research and Reviews : Journal of Microbiology and Biotechnology Conservation of Biodiversity Through Tissue culture. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2(3), 2–7.
- Pratama, D., Anas, I., & Suwarno. (2016). Ability of potassium-solubilising microbes to solubilise feldspar and their effects on sorghum growth. *Malaysian Journal of Soil Science*, 20, 163–175.
- Rahim I, Suherman, H. (2019). Produksi Hormon Giberelin Dari Cendawan Pelapuk Asal Tanaman Kakao. *Prosiding Seminar Nasional 2019 Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi* , Vol . 2 , 2019 , ISSN : 2622-0520, 2, 26–27.
- Rahim I; Kuswinanti T; Laode Asrul; Burhanuddin; Rasyid; (2015). Growth Rate and Indole Acetic Acid Production of Several Fungal Rot Isolates. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(6), 1636–1638. <https://www.ijsr.net/archive/v4i6/SUB155577.pdf>
- Rogers, J. R., Bennett, P. C., & Choi, W. J. (1998). Feldspars as a source of nutrients for microorganisms. *American Mineralogist*, 83(11-12 PART 2), 1532–1540. <https://doi.org/10.2138/am-1998-11-1241>
- S.Sindu, S., Dua, S., M.K.Verma, & Khandelwal, A. (2010). Growth Promotion of Legumes by Inoculation of Rhizosphere Bacteria. In *Microbes for Legume Improvement* (Issue July). <https://doi.org/10.1007/978-3-211-99753-6>
- Sattar, A., Naveed, M., Ali, M., Zahir, Z. A., Nadeem, S. M., Yaseen, M., Meena, V. S., Farooq, M., Singh, R., Rahman, M., & Meena, H. N. (2019). Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: A review. *Applied Soil Ecology*, 133(July), 146–159. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.09.012>
- Sembiring, M., & Sabrina, T. (2022). Diversity of potassium solving microbes on andisol soil affected by the eruption of Mount Sinabung, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(4), 1759–1764. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230406>
- Setiawati, T. C., & Mutmainnah, L. (2016). Solubilization of Potassium Containing Mineral by Microorganisms From Sugarcane Rhizosphere. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.134>

- Sitepu, D. S. B., Ginting, J., & Mariati, M. (2014). Respons Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.) terhadap Pemberian Paclobutrazol dan Pupuk Kalium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4), 1545–1551.
- Usha, S., & Padmavathi, T. (2013). Effect of plant growth promoting microorganisms from rhizosphere of *Piper nigrum* L. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4(1), 835–846.
- Yulifianti, R., Santosa, B. A. S., & Widowati, S. (2018). Teknologi Pengolahan dan Produk Olahan Kacang Tanah. *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Pengembangan Produk*, 2(13), 376–393.