

**ISOLASI FUNGI ENDOFIT RIMPANG RUMPUT TEKI (*Cyperus rotundus* L.) SEBAGAI PELARUT FOSFAT DAN PENGHASIL FITOHORMON
AUKSIN INDOLE-3-ACETIC ACID**

SKRIPSI

Oleh:

SEPTIAN TRI WICAKSONO
NIM. 15620078



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**ISOLASI FUNGI ENDOFIT RIMPANG RUMPUT TEKI (*Cyperus rotundus*
L.) SEBAGAI PELARUT FOSFAT DAN PENGHASIL FITOHORMON
AUKSIN INDOLE-3-ACETIC ACID**

SKRIPSI

Oleh:
SEPTIAN TRI WICAKSONO
NIM. 15620078

diajukan kepada :

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang

Untuk Memenuhi salah satu persyaratan dalam

Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019

ISOLASI FUNGI ENDOFIT RIMPANG RUMPUT TEKI (*Cyperus rotundus* L.) SEBAGAI PELARUT FOSFAT DAN PENGHASIL FITOHORMON AUKSIN INDOLE-3-ACETIC ACID

SKRIPSI

Oleh:

SEPTIAN TRI WICAKSONO
NIM. 15620078

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal 18 November 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Nur Kusmiyati, M. Si
NIDT. 1989081620160108 2 061

Dr. H. Ahmad Barizi, M.A.
NIP. 19731212199803 1 008



**ISOLASI FUNGI ENDOFIT RIMPANG RUMPUT TEKI (*Cyperus rotundus*
L.) SEBAGAI PELARUT FOSFAT DAN PENGHASIL FITOHORMON
AUKSIN INDOLE-3-ACETIC ACID**

SKRIPSI

Oleh:

SEPTIAN TRI WICAKSONO
NIM. 15620078

telah dipertahankan
di depan Dewan Pengaji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal: 18 November 2019

Pengaji Utama

: Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si
NIP. 19650509 199903 2 002

(.....)

Ketua Pengaji

: Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc
NIDT. 19900428201608012062

(.....)

Sekretaris Pengaji

: Dr. Nur Kusmiyati, M.Si
NIDT. 1989081620160108 2 061

(.....)

Anggota Pengaji

: Dr. H. Ahmad Barizi, M.A.
NIP. 19731212199803 1 008

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)



HALAMAN PERSEMPAHAN

I dedicate this thesis fully to:

1. My parents, Mr. Supeno and Ms. Umi Chususiyah, were willing to wake up every night to make a living while most people were still asleep. People who teach that love is something that is sincere and can only be expressed through actions not words.
2. My brother is Dony Eko Suprayogo, thank you for encouraging me to continue studying. Sorry I haven't beaten you to graduate 3.5 years. At least I walk longer to get another chance. I'm not sorry because this is my process.

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَبِأَيِّ هَذَا إِلَاءٍ رَّبُّكُمَا تُكَذِّبَانِ ۝ ۱۳

Artinya "Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?"
(Surat Ar rahman: 13)

"Allah adalah sutradara terbaik dalam kehidupan manusia. Allah tahu mana yang terbaik bagi hamba-Nya. Berpikir positif walau apapun yang terjadi. Karena Allah selalu menciptakan apapun berpasangan, dimana ada musibah selalu ada hikmah dibaliknya." (Septian, 2019).

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Septian Tri Wicaksono
NIM : 15620078
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Isolasi Fungi Endofit Rimpang Rumput Teki (*Cyperus rotundus L.*) Sebagai Pelarut Fosfat Dan Penghasil Fitohormon Auksin *Indole-3-Acetic Acid*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-banar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 18 November 2019
Yang membuat pernyataan,



Septian Tri Wicaksono
NIM. 15620078

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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



ISOLASI FUNGI ENDOFIT RIMPANG RUMPUT TEKI (*Cyperus rotundus* L.) SEBAGAI PELARUT FOSFAT DAN PENGHASIL FITOHORMON AUKSIN INDOLE-3-ACETIC ACID

Septian Tri Wicaksono, Nur Kusmiyati, and Ahmad Barizi

ABSTRAK

Kandungan fosfat dalam tanah termasuk rendah dalam bentuk yang mudah diserap oleh tanaman sekitar 1-5%. Tanaman membutuhkan mikroorganisme untuk memenuhi kebutuhan fosfat. Fungi endofit mampu menghasilkan fosfat terlarut dan produksi IAA (*Indole-3-Acetic Acid*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar fosfat terlarut dan kadar produksi IAA (*Indole-3-Acetic Acid*) yang mampu dihasilkan oleh fungi endofit rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). Proses awal dilakukan isolasi fungi endofit rimpang rumput teki. Fungi hasil isolasi dipurifikasi, sehingga terdapat 5 isolat fungi dengan kode URT 1, URT 2, URT 3, URT 4, dan URT 5. Fungi diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis untuk diketahui tingkat divisi. Kadar kelarutan fosfat dianalisa menggunakan metode biru molybdenum dan memperhitungkan hasil berdasarkan kurva standar KH_2PO_4 . Analisa kadar fosfat terlarut menggunakan instrumen spektrofotometer uv-vis dengan λ 840 nm. Uji produksi IAA menggunakan metode reagen *salkowski* dan memperhitungkan hasil berdasarkan kurva standar IAA. Uji Produksi IAA menggunakan instrumen spektrofotometer uv-vis dengan λ 540 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat URT 1, URT2 dan URT 4 termasuk kedalam Divisi Ascomycota. Isolat URT 3 termasuk kedalam Divisi Basidiomycota dan isolat URT 5 termasuk kedalam Divisi Zygomycota. Isolat fungi endofit rumput teki mampu menghasilkan fosfat terlarut dengan kadar yang bervariasi, yaitu 54,03 – 87,83 ppm. Isolat fungi endofit ruput teki dapat memproduksi IAA dengan kadar yang bervariasi, yaitu 5,58 – 45,50 ppm. Kadar fosfat terlarut tertinggi dihasilkan URT 4 dan terendah dihasilkan URT 3. Kadar produksi IAA tertinggi dihasilkan URT 1 dan terendah dihasilkan URT 2. Isolat URT 1 memiliki kadar fosfat terlarut dan produksi IAA yang tergolong tinggi dan berpotensi sebagai biofertilizer.

Kata Kunci: fungi endofit, rumput teki, IAA, fosfat

Isolation of Endophytic Fungi From The Rhizome of Nutsedge (*Cyperus Rotundus L.*) as Phosphate Solvent and Indole-3-Acetic Acid Phytohormone Producer

Septian Tri Wicaksono, Nur Kusmiyati, and Ahmad Barizi

ABSTRACT

The phosphate content in the soil is low in a form that is easily absorbed by plants around 1-5%. So plants need microorganisms to meet phosphate needs. Endophytic fungi are able to produce dissolved phosphate and IAA (Indole-3-Acetic Acid) production. The aim of this study is determine the level of phosphate solubility and the level of Indole-3-Acetic Acid (IAA) that is able to be produced by endophytic fungi from nutsedge (*Cyperus rotundus L.*). The initial process is done by isolating endophytic fungi in the rhizome of nutsedge using *sterilization surface* method. The isolated fungi were purified, so there were 5 fungi isolate with URT 1, URT 2, URT 3, URT 4, and URT 5 codes. The fungi were identified macroscopically and microscopically to determine the division level. Phosphate solubility test uses the blue molybdenum method and calculates the results based on KH_2PO_4 standard curve. This test uses a UV-Vis spectrophotometer instrument with λ 840 nm. The IAA production test uses the salkowski reagent method and calculates the results based on the IAA standard curve. This test uses a spectrophotometer instrument with λ 540 nm. The result of the study showed that URT 1, URT2, and URT 4 isolates were included in Ascomycota Division. Besides, URT 3 isolate included in Basidiomycota Division and URT 5 isolate included in Zygomycota Division. All isolates were able to produce soluble phosphate with varying levels from 54,03-87,83 ppm. All the isolates of endophytic fungi also can produce IAA with varying level, which is 5,58-45,50 ppm. The highest levels of dissolved phosphate are produced by URT 4 and the lowest is produced by URT 3. The highest levels of IAA production are produced by URT 1 and the lowest is produced by URT 2. URT isolates have high levels of dissolved phosphate and IAA production which is classified as high potential and is a biofertilizer.

Keywords: Endophytic Fungi, Indole-3-Acetic Acid (IAA), Nutsedge/ Nutgrass, Phosphate

عزل الفطريات النابوت الداخلي (إندوفيت) لجذمور العشب تيكي (*Cyperus rotundus L.*) كمحلول الفوسفات وإنما

فيتوريون أوكسين لإيندوليورم - 3-أسيتيك أجيده (*Indole-3-Acetic Acid*)

سقبيان تري ويجكسونو، نور كوميياتي وأحمد بارزي

ملخص البحث

يكون محتوى الفوسفات في التربة منخفضاً بشكل ينقصه النبات بسهولة من 1 إلى 5%. لذا تحتاج النباتات إلى الكائنات الحية الدقيقة لتلبية احتياجات الفوسفات. الفطريات الفطرية قادرة على إنتاج الفوسفات الذائب وإنما IAA حمض الإيثول-3-أسيتيك (يهدف هذا البحث لأن يحدد مستوى ذوبان الفوسفات ومستوى إنتاج *Indole-3-Acetic Acid*) IAA الذي يمكن أن ينتجه عن طريق النابوت الداخلي لجذمور العشب تيكي (*Cyperus rotundus L.*). قامت العملية الأولية بعزل وظيفة النابوت الداخلي لجذمور العشب تيكي باستخدام طريقة التعقيم السطحي (*sterilization surface*). ظهرت الفطريات المعزولة ، فتشمل 5 عزلات للفطريات باستخدام رموز 1 URT و 2 URT و 3 URT و 4 URT و 5 URT و قام تحديد الفطريات مجهرياً لتحديد مستوى الانقسام. استخدم اختبار ذوبان الفوسفات بطريقة المولبيديون الأزرق وبحسب النتائج بناءً على منحنى القياسي $\text{IAA} \cdot \text{KH}_2\text{PO}_4$. استخدم هذا الاختبار أداة قياس الطيف بالأأشعة فوق البنفسجية فوق البنفسجية بـ $\lambda = 840$ نانومتر. استخدم اختبار إنتاج KH_2PO_4 بطريقة كاشف سلوكوسكي وحسبت النتائج بناءً على منحنى القياسي IAA . استخدم هذا الاختبار أداة قياس الطيف بالأأشعة فوق البنفسجية بـ $\lambda = 540$ نانومتر. دلت نتائج البحث أن العزلات 1 URT و 2 URT و 4 URT تنتهي إلى القسم أسكوميوجوتا (Ascomycota). العزل 3 هو في القسم بسيديوميوجوتا (Basidiomycota) (والعزل 5 URT المدرجة في القسم زيغوميوجوتا (Zygomycota)). جميع العزلات يمكن أن ينتجوا الفوسفات المذاب بمستويات متنوعة، أي 54.03 - 87.83 جزء في المليون (ppm). جميع عزلات الفطريات الفطرية أيضاً يمكن أن ينتجوا IAA بمستويات مختلفة ، أي 5.58 - 45.50 جزء في المليون (ppm).

الكلمات الرئيسية: الفطريات الداخلية، العشب تيكي، الفوسفات، IAA

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan kewajiban skripsi yang berjudul “**Isolasi Fungi Endofit Rimpang Rumput Teki (*Cyperus rotundus L.*) Sebagai Pelarut Fosfat dan Penghasil Fitohormon Auksin Indole-3-Acetic Acid**“. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun umat manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari bantuan, bimbingan maupun dukungan dari beberapa pihak. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abd. Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Romaidi, M.Si, D.Sc, selaku Ketua Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Nur Kusmiyati, M.Si dan Dr. Ahmad Barizi M.A, selaku dosen pembimbing yang penuh kesabaran dan keikhlasan telah memberikan bimbingan, pengarahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi.
5. Dr. Ulfah Utami, M.Si dan Prilly Dewi Fitriasari, M.Sc selaku penguji yang telah memberikan nasehat, saran dan dukungan dalam membenahi skripsi ini menjadi lebih baik.
6. Mujahidin Ahmad M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan dukungan dalam bidang akademik.
7. Seluruh Dosen, Laboran dan Staf Administrasi yang telah membantu dan memberikan kemudahan terima kasih atas semua ilmu dan bimbingannya.
8. Kedua orang tua saya Ibu Umi Chusussiah dan Bapak Supeno, yang selalu tulus memberikan kasih sayang, do'a, semangat, serta contoh dalam bekerja keras hingga saat ini.
9. Safira Rachmadani Nur Effendi yang mau membantu penulis dalam menyelesaikan masalah terkait skripsi.
10. Atik, Ina, Devi, Malik, Anita terimakasih telah menjadi partner, tim sekaligus sahabat yang membantu penelitian saya selama di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
11. Nuna terima kasih telah menjadi partner dalam satu bimbingan dan bantuannya selama ini.
12. Terimakasih untuk seluruh petugas keamanan dan kebersihan Fakultas Sains dan Teknologi yang sabar menunggu aktivitas penelitian saya di laboratorium hingga malam.
13. Semua pihak yang ikut membantu dan memberi dukungan baik moril maupun materiil dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun pembaca. Semoga Allah senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat dan melimpahkan Rahmat-Nya. Aamiin.

Malang, 18 November 2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vii
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
ملخص البحث	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Hipotesis Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Rumput Teki (<i>Cyperus rotundus L.</i>)	7
2.1.1 Morfologi Rumput Teki	8
2.1.2 Habitat dan Distribusi Rumput Teki	9
2.1.3 Fitokimia Rumput Teki	10
2.1.4 Manfaat Rumput Teki	11
2.2 Fungi Endofit.....	12
2.3 Fosfat	16
2.3.1 Fosfat Bagi Tanaman	16
2.3.2 Fungi Pelarut Fosfat.....	18
2.3.3 Mekanisme Kelarutan Fosfat	19
2.4 Penghasil IAA (<i>Indole-3-Acetic Acid</i>).....	20
2.4.1 Fitohormon Auksin (IAA)	20
2.4.2 Fungi Penghasil IAA.....	21
2.4.3 Mekanisme Biosintesis IAA	22
BAB III METODE PENELITIAN	24

3.1 Rancangan Penelitian	24
3.2 Waktu dan Tempat	24
3.3 Alat dan Bahan	24
3.3.1 Alat.....	24
3.3.2 Bahan	25
3.4 Prosedur Penelitian.....	25
3.4.1 Pembuatan Media.....	25
3.4.1.1 Media PDA (<i>Potato Dextrose Agar</i>).....	25
3.4.1.2 Media PDB (<i>Potato Dextrose Broth</i>).....	25
3.4.1.3 Media <i>Pikovskaya Broth</i>	26
3.4.2 Isolasi Fungi Endofit.....	26
3.4.3 Pemurnian Fungi Endofit	27
3.4.4 Identifikasi Fungi Endofit secara Makroskopis dan Mikroskopis	27
3.4.5 Pengujian Fungi Endofit sebagai Pelarut Fosfat.....	28
3.4.5.1 Pengujian secara kualitatif	28
3.4.5.2 Pengujian secara kuantitatif	29
3.4.6 Pengujian Fungi Endofit sebagai Penghasil IAA.....	29
3.4.6.1 Pegujian secara kualitatif	29
3.4.6.2 Pengujian Secara Kuantitatif.....	30
3.5 Analisis Data.....	30
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Fungi Endofit Hasil Isolasi Rimpang Rumput Teki	31
4.1.1 Isolat Fungi URT 1	33
4.1.2 Isolat Fungi URT 2	34
4.1.3 Isolat Fungi URT 3	35
4.1.4 Isolat Fungi URT 4	36
4.1.5 Isolat Fungi URT 5	37
4.2 Kadar Fosfat terlarut yang dihasilkan Fungi Endofit	38
4.3 Kadar <i>Indole - 3 - Acetic Acid</i> yang dihasilkan Fungi Endofit	42
 BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
 DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

4.1 Karakter Morfologi Fungi Endofit dari Rimpang Rumput Teki (<i>Cyperus rotundus L.</i>).....	32
4.2 Reaksi biru molibdenum dengan isolat fungi endofit rumput teki.....	39
4.3 Reaksi reagen salkowski dengan isolat fungi endofit rumput teki.....	43



DAFTAR GAMBAR

2.1 Rumput teki (<i>Cyperus rotundus L.</i>)	7
2.2 Struktur Fitokimia Tumbuhan Rumput Teki (<i>Cyperus rotundus L.</i>).....	11
2.3 Transmisi fungi endofit secara vertikal pada biji.....	13
2.4 Skema kimia-ekologis fungi dan tumbuhan.....	14
2.5 Kontribusi fungi endofit terhadap tumbuhan inang	15
2.6 Siklus fosfat pada Lingkungan.....	17
2.7 Skema enzim dalam fosfat terlarut.....	20
2.8 Struktur Kimiawi Hormon Auksin Jenis <i>Indole-3-Acetic Acid</i> (IAA)	20
2.9 Mekanisme biosintesis IAA oleh fungi	23
3.1 Preparat <i>Slide Culture</i>	28
4.1 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki URT 1.....	33
4.2 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki URT 2.....	34
4.3 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki URT 3.....	35
4.4 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki URT 4.....	37
4.5 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki URT 5.....	38
4.6 Kadar fosfat terlarut fungi endofit rumput teki	40
4.7 Kadar produksi IAA fungi endofit rumput teki.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kunci Determinasi Fungi	68
2	Perhitungan Uji Kadar Fosfat.....	69
3	Kurva Kalibrasi Fosfat.....	71
4	Data Kualitatif Fosfat Terlarut	73
5	Data Kuanitatif Fosfat Terlarut	75
6	Analisis Statistika Fosfat Terlarut.....	76
7	Perhitungan Uji Produksi IAA	78
8	Kurva Kalibrasi IAA	79
9	Data Kualitatif Produksi IAA.....	81
10	Data Kuanitatif Fosfat Terlarut	83
11	Analisis Statistika Produksi IAA	84

DAFTAR SINGKATAN

Simbol / singkatan	Keterangan
DNA	<i>Deoxyribosa Nukleid Acid</i>
RNA	<i>Ribosa Nukleid Acid</i>
ATP	Adenosin Trifosfat
NAD	Nikotinamida Adenin Dinukleotida
NADH	Nikotinamida Adenin Dinukleotida Hidrogen
IAA	<i>Indole -3- Acetic Acid</i>
Fe	Ferrum (Besi)
Al	Alumunium
Ca	<i>Calcium</i> (Kalsium)
Mn	Mangan
ZPT	Zat Pengatur Tumbuh
μg	microgram
pH	<i>Power of Hidrogen</i>
ppm	part per million

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gulma adalah tumbuhan yang dapat menimbulkan gangguan untuk tanaman budidaya, karena gulma memiliki kemampuan untuk menyerap nutrisi lebih baik daripada tanaman budidaya. Kemampuan penyerapan nutrisi ini sering disebut sebagai persaingan yang bisa menghambat pertumbuhan komoditas tanaman disekitarnya (Ebtan *et al.*, 2014). Kemampuan gulma dalam menyerap nutrisi dianggap merugikan di bidang pertanian karena mampu menurunkan produksi tanaman pertanian.

Gulma secara umum memiliki banyak jenis, salah satu gulma yang paling banyak adalah rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). Rumput teki merupakan gulma dengan tingkatan yang cukup tinggi di dunia. Hal ini didasarkan pada reproduksi yang cepat, jumlah yang berlimpah, distribusi yang luas dan kesulitan untuk dikendalikan pertumbuhannya (Morales *et al.*, 2003). Salah satu gulma di bidang pertanian adalah rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). Rumput teki termasuk kedalam golongan tumbuhan herba yang mampu tumbuh sepanjang tahun. Tumbuhan ini sering terdapat pada area pertanian maupun padang rumput yang beriklim tropis, sub tropis dan sedang (Sivapalan and Jayadevan, 2012).

Ekstrak tumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) mengandung senyawa-senyawa penting seperti polifenol, flavonoid, tannin, dan sterol. Senyawa tersebut dapat bermanfaat sebagai antimikroba, fungisida, bakterisida, antigenotoksik, dan antioksidan (Nagulendran *et al.*, 2007; Seo *et al.*, 2011; Nima *et al.*, 2008). Potensi tumbuhan ini dapat berasal dari fungi endofit yang bersimbiosis didalamnya. Bagian organ tumbuhan yang terdapat fungi endofit adalah batang, daun, bunga, rimpang, dan akar (Strobel, 2004).

Rimpang merupakan organ tumbuhan yang sangat penting dalam pertumbuhan dan penyimpanan hasil metabolisme bagi beberapa tumbuhan. Senyawa yang dimiliki oleh rimpang merupakan hasil interaksi antara komunitas fungi endofit dan tumbuhan (Hu *et al.*, 2011; Koo *et al.*, 2013; Shubin *et al.*, 2014). Fungi endofit dari rimpang tumbuhan dapat menghasilkan senyawa aktif yang berguna untuk

pertumbuhan dan perkembangan tanaman, seperti mengeluarkan fitohormon dan melarutkan fosfat (Akbari *et al.*, 2007; Sukmadi, 2012). Fitohormon *indole-3-Acetic Acid* (IAA) yang dihasilkan oleh fungi endofit disebabkan adanya gen spesifik yang mensintesis hormon tersebut. Gen *Aux* merupakan gen penting yang berhubungan dengan sintesis hormon *Indole-3-Acetic Acid* (IAA). Gen *Aux* yang berasal dari tumbuhan berperan dalam memproduksi IAA endogen (Luo *et al.*, 2018; Lavy, 2016). Sedangkan, IAA eksogen diproduksi oleh fungi endofit yang bersimbiosis di dalam jaringan tumbuhan rumput teki. Fungi endofit ini dapat menghasilkan hormon IAA karena memiliki gen yang sama dengan inangnya yaitu gen *Aux* (Nemoto *et al.*, 2009; Mano *et al.*, 2010). Fungi endofit juga memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat dengan adanya enzim fosfatase dan fitase (Nannipieri *et al.*, 2011). Kemampuan – kemampuan ini menunjukkan manfaat tumbuhan rumput teki. Manfaat tumbuhan rumput teki dapat dieksplorasi secara khusus melalui fungi endofit yang bersimbiosis di dalamnya. Rumput teki merupakan salah satu bentuk kasih sayang dari Allah dengan menciptakan segala bentuk kehidupan yang bermanfaat. Allah menciptakan segala jenis tanaman pasti memiliki kandungan manfaat yang baik. Allah telah berfirman dalam Surat Asy-Syu'ara ayat 7 yang berbunyi:

أَوْ لَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتَنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٌ ٧

Artinya: “*Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?*” (Q.S Asy- Syu'ara Ayat 7)

Tafsir Al Qurtubi menjelaskan ada tiga kata yang sangat penting dalam Surat Asy-Syu'ara ayat 7, yaitu يَرَوْا yang berarti memperhatikan, زَوْج yang berarti berpasang-pasangan, dan كَرِيم yang berarti mulia dan baik. *Tafsir* tersebut menjelaskan bahwa setiap tanaman memiliki keistimewaan tersendiri sehingga dapat bermanfaat bagi makhluk hidup disekitarnya. *Tafsir Jalalayn* menjelaskan ayat dalam surat ini bermaksud tidak memikirkan mengenai alangkah banyaknya jenis tanaman yang ada (Imam, 2000). Ada tiga poin utama dalam ayat ini yang perlu dicermati yaitun 1) maksud dari memperhatikan bumi adalah tuntunan manusia untuk melakukan penelitian untuk mengetahui manfaat tumbuhan yang ada, 2) berapakah banyaknya bermakna bilangan yang tak terhitung untuk

mengetahui jumlah tumbuhan yang memiliki manfat, 3) mengenai arti tafsir berpasangan bermakna setiap tumbuhan diciptakan selalu memiliki manfaat dan dampak buruk yang selalu beriringan.

Fungi endofit adalah salah satu mikroorganisme yang berpotensi dalam menghasilkan hormon auksin IAA (Strobel. 2004; Noverita *et al*, 2009). Isolat fungi yang didapat dari tanaman lokal memiliki potensi yang dapat diaplikasikan pada daerah asalnya (Gusnawaty *et al.*, 2014). Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Zega *et al.* (2018), mengenai mikroorganisme penghasil IAA (*Indole-3-Acetic Acid*) dan fosfat terlarut dari rumput teki hanya berfokus pada bakteri endofit. Hal tersebut menunjukkan bahwa 15 isolat bakteri dari tanaman rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) memiliki potensi melarutkan fosfat dan menghasilkan IAA.

Fosfat terlarut dibutuhkan di dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan tumbuhan. Kebutuhan fosfat terlarut berbanding terbalik dengan ketersediaannya di dalam tanah. Ketersediaan unsur fosfat di alam dipengaruhi oleh karakteristik tanah dan kondisi lingkungan. Kandungan fosfat dalam tanah termasuk rendah dalam bentuk yang mudah diserap oleh tanaman sekitar 1-5% (Pradhan, and Sukla2005; Syamsia *et al.*, 2016). Unsur fosfat sangat penting bagi tanaman antara lain untuk pembentukan lemak dan pembelahan sel pada tanaman, pembentukan akar, pembungaan, pembuahan, peningkatan mutu hasil tanaman, kekuatan batang tanaman, pelepasan karboksilat (Ryan *et al.*, 2001), inisiasi, dan pertumbuhan akar (Lambers *et al.*, 2003; Shane and Lambers, 2005). Fosfor juga berguna sebagai komponen dalam transfer energi bagi tanaman seperti ADP, ATP, NAD, NADH, dan informasi genetik pada tanaman seperti DNA dan RNA (Liferdi, 2010).

Penerapan pupuk kimia fosfat (P) selama ini dipilih karena memiliki hasil yang cepat terlihat. Akan tetapi, sebenarnya penggunaan pupuk kimia fosfat memiliki beberapa dampak yang merugikan. Pupuk kimia fosfat yang diberikan pada kondisi tanah masam mudah berikatan dengan unsur Fe, Al dan Mn, sedangkan pada kondisi tanah alkalin mudah berikatan dengan unsur Ca (Podile and Kishore, 2006; Yasser *et al.*, 2014). Unsur fosfat dalam pupuk kimia yang berikatan dengan kation dalam tanah (seperti Fe, Al, Mn, dan Ca) akan menyebabkan fosfat tidak dapat diserap oleh tumbuhan. Selain itu, penggunaan pupuk kimia fosfat yang melebihi takaran dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan seperti penurunan kualitas tanah (Husnain *et al.*, 2014).

Secara alami siklus fosfat melibatkan mikroorganisme pelarut fosfat (Rhicardson dan Simpson 2011). Mikroorganisme pelarut fosfat mampu mensintesis fosfat yang tidak terlarut secara kimiawi dan biologis (Joner *et al.*, 2000; Hasanudin, 2006). Mikroorganisme pelarut fosfat terbagi atas tiga jenis, yaitu: bakteri pelarut fosfat, fungi pelarut fosfat, dan khamir (Fatmala *et al.*, 2015). Fungi pelarut fosfat memiliki aktivitas kelarutan fosfat yang lebih tinggi dari jenis mikroorganisme lainnya (Pradhan dan Sukla 2005; Ginting *et al.*, 2006; Klaic *et al.*, 2017).

Fungi endofit pelarut fosfat juga bisa menghasilkan fitohormon *Indole-3-Acetic Acid* (IAA). Fungi endofit penghasil fitohormon IAA dapat diisolasi dari tanaman rumput teki (*Cyperus rotundus L.*). Tumbuhan juga membutuhkan zat pengatur tumbuh (ZPT) dalam mengoptimalkan pertumbuhan dan perkembangan. ZPT adalah substansi senyawa yang berguna dalam memulai pertumbuhan tanaman seperti pertumbuhan akar, pembentukan buah, dan pematangan buah (Dewi *et al.*, 2015). Hormon tumbuhan termasuk ke dalam golongan ZPT (Spaepen *et al.*, 2009). Salah satu hormon penting untuk tanaman adalah auksin. IAA mampu dihasilkan oleh setiap tanaman yang disebut sebagai IAA endogen, namun IAA endogen memiliki keterbatasan untuk diproduksi secara mandiri oleh tumbuhan (Spaepen *et al.*, 2007). Simbion mikroorganisme seperti fungi endofit dapat memenuhi kebutuhan IAA tumbuhan. Simbion mikroorganisme mengoptimalkan kebutuhan IAA dengan menghasilkan IAA tambahan dari proses metabolisme sekunder (Bolero *et al.*, 2007).

Fungsi auksin dalam pertumbuhan tanaman begitu beragam, antara lain: sebagai pembentukan lapisan xylem, pembelahan kambium menjadi aktif, sintesa protein, pembelahan dan diferensiasi sel, pemanjangan batang, pembesaran sel, meningkatkan perpanjangan, dan pertumbuhan akar (Idris *et al.*, 2007; Bolero *et al.*, 2007). Secara umum, IAA mampu mengoptimalkan pertumbuhan akar lateral, cabang akar, dan rambut akar (Lestari *et al.*, 2007). Secara khusus, fungsi IAA adalah meningkatkan pembesaran sel (Widyastuti dan Tjokrokusumo, 2007).

Fungi endofit sendiri memiliki sistem yang berkaitan dengan ekspresi gen dalam mensintesis hormon auksin (IAA) (Ismail *et al.*, 2016). *Precursor* (perintis) berupa L-Tryptophan digunakan untuk menghasilkan IAA. Beberapa jenis fungi yang mampu menghasilkan IAA, antara lain: *Aspergillus niger*, *Herbaspirillum*

seropedicae, *Rhizobium* sp., *Rhizopus* sp., *Azospirillum* sp. (Ahmad *et al.*, 2008). Penelitian Mehmoood *et al.* (2018), menunjukkan bahwa jumlah IAA tertinggi ditemukan pada eksudat akar yang bersimbiosis dengan fungi endofit jagung (*Fusarium oxysporum*) sebesar 10.5 sampai 12.5 $\mu\text{g/mL}$. Berdasarkan penelitian Lestari *et al.* (2015), aplikasi mikroorganisme penghasil IAA mampu menaikkan vigor padi sehingga terjadi peningkatan perkecambahan padi.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa mikroba endofit rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) dalam penelitian Zega *et al.* (2018), memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat dan menghasilkan fitohormon auksin IAA. Penelitian ini fokus pada pengukuran kadar kelarutan fosfat dan produksi IAA dari fungi endofit. Hal ini didasarkan karena belum banyak eksplorasi yang dilakukan terhadap fungi endofit pada tanaman rumput teki. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk melihat potensi kelarutan fosfat dan produksi IAA yang terdapat pada fungi endofit dari tanaman di lingkungan sekitar. Terutama eksplorasi fungi endofit yang berasal dari tanaman herba golongan rumput-rumputan, sedangkan masih banyak potensi yang masih bisa dimanfaatkan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apa saja fungi endofit yang berhasil diisolasi dari tumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) berdasarkan karakter makroskopis dan mikroskopis hingga mengetahui tingkat divisi?
2. Apakah fungi endofit hasil isolasi dari rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) dapat melarutkan fosfat (P)?
3. Apakah fungi endofit hasil isolasi dari rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) memiliki potensi dalam menghasilkan *Indole-3-Acetic Acid* (IAA)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jenis fungi endofit yang berhasil diisolasi dari tumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) sampai pada tingkatan divisi berdasarkan karakter makroskopis dan mikroskopis.
2. Mengetahui kemampuan fungi endofit dari rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) dalam melarutkan fosfat (P).
3. Mengetahui kemampuan fungi endofit dari rumput teki (*Cyperus*

rotundus L.) dalam menghasilkan *Indole-3-Acetic Acid* (IAA).

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang mendasari penelitian ini adalah:

1. Terdapat beberapa jenis fungi endofit dari tumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) yang berhasil diisolasi serta diamati karakter makroskopis dan mikroskopis.
2. Terdapat potensi fungi endofit dari rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) dalam melarutkan fosfat.
3. Terdapat potensi fungi endofit dari rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) dalam menghasilkan *Indole-3-Acetic Acid* (IAA).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai fungi endofit yang terdapat pada tanaman rumput teki (*Cyperus rotundus* L.).
2. Menemukan potensi fungi endofit dari tanaman rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) sebagai pelarut fosfat dan menghasilkan IAA.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tanaman rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) diambil dari areal perbukitan yang berada di daerah Oro - oro Ombo, Kota Batu, Jawa Timur.
2. Jenis fungi endofit tanaman rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) ditentukan berdasarkan analisa pengamatan makroskopis dan mikroskopis.
3. Spektrofotometri digunakan untuk membaca hasil uji kelarutan fosfat (kadar ppm) dan produksi IAA (ppm)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput Teki (*Cyperus rotundus L.*)

Rumput teki merupakan tumbuhan gulma abadi yang sudah dikenal oleh 90 negara di dunia. Rumput teki memiliki nama latin *Cyperus rotundus L.* yang berarti bulat. Arti kata bulat ini mengacu pada bentuk dari rimpang atau rhizome (Raza, 2011; Baloch, 2015). Tumbuhan ini termasuk kedalam keluarga monokotil cyperaceae yang berkembang biak melalui rimpang. Rimpang berwarna putih berdaging dan tertutupi sisik daun saat usianya masih muda, namun ketika sudah tua berwarna coklat dan berkayu. Rimpang yang muncul di permukaan tanah (*basal bulb*) akan membengkak kemudian menjadi tumbuhan baru (Hall, 2009; Nalini 2014).



Gambar 2.1 Rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) A.1) bunga A.2) batang B) rimpang (Das, 2015).

Klasifikasi rumput teki (*C. rotundus L.*) adalah (Pullaiah, 2011; Nalini 2014; ISSG, 2019; FAO, 2019):

Kerajaan	: Plantae
Sub kerajaan	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Subkelas	: Commelinidae

Ordo	: Cyperales
Keluarga	: Cyperaceae
Genus	: <i>Cyperus</i> .L
Spesies	: <i>Cyperus rotundus</i> .L
Sinonim	: <i>Chlorocyperus rotundus</i> , (L.) Palla <i>Cyperus purpuro-variegatus</i> , Boeckeler <i>Cyperus stoloniferum pallidus</i> , Boeckeler <i>Cyperus tetrastachyos</i> , Desf. <i>Cyperus tuberosus</i> , Roxb <i>Cyperus olivaris</i> , Targioni-Tozzetti <i>Pycreus rotundus</i> , (L.) Hayek

2.1.1 Morfologi Rumput Teki

Rumput teki merupakan tumbuhan tahunan yang tergolong kedalam jenis herba (Jakelaitis, 2003). Tumbuhan ini memiliki struktur unik berupa rimpang yang digunakan sebagai organ perkembangbiakan vegetatif. Rimpang tumbuhan ini memiliki panjang sekitar 1 sampai 3,5 cm dan diameter sekitar 0,8- 1,6 cm (Das, 2015). Rimpang yang masih muda pada bagian luar berwarna putih pucat dan berwarna coklat gelap saat berumur dewasa. Bagian dalam rimpang berwarna kuning pucat (Nidugala, 2013). Tekstur dari rimpang tumbuhan ini berlekuk atau berkerut. Rimpang rumput teki memiliki bentuk lonjong atau bulat dan bau rempah yang khas (Susanti, 2015).

Rumput teki memiliki batang yang berbentuk segitiga apabila dilihat dari atas. Batang rumput teki tegak dan halus dengan warna hijau pucat. Tinggi batang tumbuhan ini sekitar 30-40 cm (Susanti, 2015; Hall, 2009). Rumput teki juga memiliki bentuk daun lanset dengan ujung runcing dan tepi yang rata. Daun tersebut memiliki pelepas yang memeluk batang. Daunnya juga memiliki panjang 20-50 cm dan lebar sekitar 2-6 mm (Brosnan JT & DeFrank J, 2008; Sivapalan SR & Jeyadevan P, 2012; Kakarla, 2014). Akar rumput teki berbentuk ramping dan berserat. Akar tipis rumput teki sangat kuat dan terhubung antar rumput teki (Baloch *et al.*, 2015; Das *et al.*, 2015). Akar rumput teki memiliki mekanisme pengeluaran zat berbahaya bagi tumbuhan lain dikenal sebagai alelopati (El-Rokiek, 2010).

Bunga juga merupakan organ yang terdapat pada rumput teki. Bunga ini menghasilkan biji dalam jumlah yang sedikit sehingga perkembang biakan paling utama melalui rimpang (Brosnan JT and DeFrank J, 2008). Periode pembungaan terjadi pada bulan April hingga Oktober (Baloch *et al.*, 2015). Jenis bunga rumput teki adalah bunga majemuk yang berada di ujung batang. Bunga ini berbentuk bulir dan memiliki panjang 1-3 cm serta lebar 2 mm. Benang sari berjumlah 3 dengan kepala sari berwarna merah. Putik berwarna coklat dan memiliki panjang sekitar 1,5 cm (Susanti, 2013).

2.1.2 Habitat dan Distribusi Rumput Teki

Rumput teki merupakan tumbuhan yang mudah ditemukan pada lahan pertanian, ladang, tanah kosong, tepi sungai, hingga pada tanah berpasir (Gisd, 2019). Tumbuhan ini mampu beradaptasi dengan baik terhadap berbagai jenis derajat keasaman (pH) tanah, suhu, ketinggian dan tingkat kelembapan. Namun pertumbuhan terbaik tumbuhan ini pada tanah subur yang lembab (Hall, 2009).

Tanah juga merupakan bagian yang penting bagi semua tumbuhan. Allah telah berfirman dalam surat Al- A'raf ayat 58 yang berbunyi:

وَالْبَلْدُ الْطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتٌ^١ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبُثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكَدًا كَذَلِكَ
نُصَرَّفُ أَلْأَيْتِ لِقَوْمٍ يَسْكُرُونَ ٥٨

Artinya: “Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.”

Tafsir jalalayn menjelaskan keutamaan tanah yang bisa dijadikan sebagai pelajaran bagi manusia. 1) (Dan tanah yang baik) yang subur tanahnya (tanaman-tanamannya tumbuh subur) tumbuh dengan baik (dengan seizin Tuhan), hal ini menggambarkan bahwa tanah yang baik akan memberikan manfaat bagi tanaman yang tumbuh pada tanah tersebut. 2) Kalimat kedua bermakna (dan tanah yang tidak subur) tanah masam (tidaklah mengeluarkan) tanamannya (kecuali tumbuh merana) sulit dan susah tumbuhnya. (Demikianlah) seperti apa yang telah Kami jelaskan (Kami menjelaskan) menerangkan (ayat-ayat Kami kepada orang-orang yang bersyukur) terhadap Allah, kemudian manusia mau

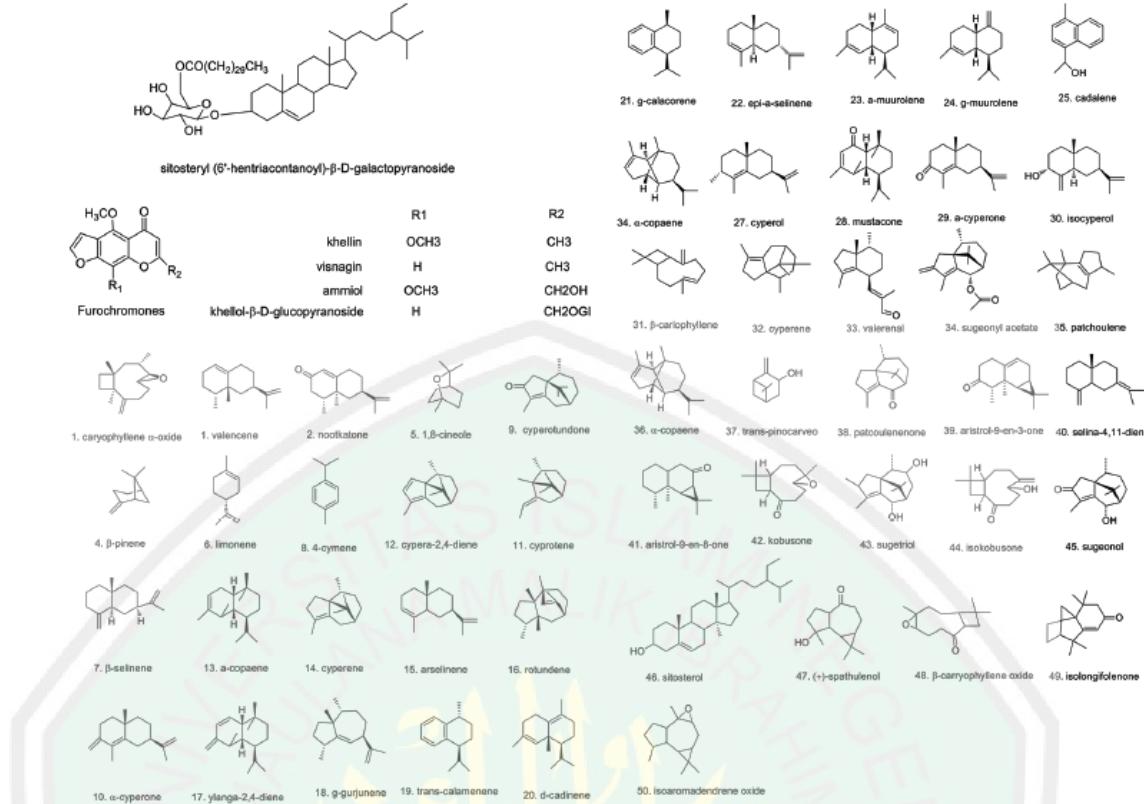
beriman kepada-Nya (Imam, 2000). Makna kata bersyukur adalah memaksimalkan fungsi dari Allah berupa dua kondisi tanah yang berbeda.

Rumput teki dapat tumbuh pada daerah- daerah tropis hingga subtropis (Puratchikody, 2006). Rumput teki telah ditemukan pada 92 negara di seluruh belahan dunia. Tumbuhan ini merupakan tumbuhan asli dari daerah Afrika, Eropa bagian tengah dan selatan, serta Asia (Nalini, *et al*, 2014). Tumbuhan ini juga memiliki nama berbeda untuk setiap negara, misalnya di Eropa dikenal dengan nama *Purple Nutsedge*, *Red Nutsedge*, *Nutsedge*, di Indonesia dikenal dengan nama Rumput Jawa atau Rumput Teki.

2.1.3 Fitokimia Rumput Teki

Senyawa kimia organik yang terkandung dalam rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) sangat beragam. Senyawa kimia organik dapat memberikan keuntungan pada beberapa aspek penting dalam kehidupan makhluk hidup (Rohyani, 2015). Secara kuantitatif ekstrak dari tumbuhan rumput teki mampu menghasilkan senyawa fitokimia utama, antara lain: terpenoid, minyak esensial, flavonoid, kumarin, tanin, monoterpen, sesquiterpenoid, lemak, sitosterol, alkaloid, dan polifenol (Kilani, 2005; Singh, 2012; Zhou, 2012; Soumaya, 2014).

Jenis fitokimia terbanyak yang ada pada rumput teki yakni pada bagian rhizoma (Gambar 2.2). Jenis senyawa fitokimia yang terdapat pada rhizoma, antara lain: α -cyperolone, α -rotunol, β -rotunol, β -cyperone, β -scelinene, β -pinene, Calcium, Cyperene, Camphene, Copaene, Cyperenone, Cyperolone, Cyperotundone, Cyperol, D-copadiene, D-epoxyguaiene, Isocyperol, Isokobusone, Kobusone, Limonene, Linoleic-acid, Linolenic-acid, Myristic acid, Mustakone, Oleic acid, Oleanolic acid, P-cymol, Patchoulenone, Rotundene, Rotundone, Rotundenol, Selinatriene, itosterol, Sugeonol, Sugetriol, Stearic acid, dan Caryophyllene (Zhou, 2012).



Gambar 2.2 Struktur Fitokimia Tumbuhan Rumput Teki (*Cyperus rotundus* L.)
(Das *et al.*, 2015).

Komposisi minyak esensial pada rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kondisi lingkungan, iklim, suhu dan struktur tanah (Lawal, 2009). Senyawa fitokimia utama yang selalu dimiliki oleh semua tumbuhan rumput teki di berbagai wilayah adalah *cyperene* dan *α-cyperone* (Susanti, 2015).

2.1.4 Manfaat Rumput Teki

Berdasarkan fitokimia yang dimiliki oleh tumbuhan rumput teki, maka banyak manfaat yang dapat diperoleh. Secara medis eksplorasi terhadap aktivitas fitokimia sudah diketahui dalam menekan maupun mengurangi beberapa gejala penyakit, antara lain sebagai anti inflamasi (Chithran, 2012), anti oksidan (Pal, 2006), anti diare (Daswani, 2011), anti hiperlipidemic (Jahan, 2012), anti diabetes (Raut, 2006), anti obesitas (Athesh, 2014), penyembuh luka (Puratchikody, 2006), anti mikroorganisme (Surendra, 2011), anti genotoksik (Kilani, 2011), anti virus hepatitis B (Xu *et al.*, 2015), anti malaria (Al-Massarani, 2016), serta anti depresi yang signifikan (Zhou *et al.*, 2016).

Sifat antioksidan pada tumbuhan rumput teki berlaku pada beberapa oksigen reaktif seperti radikal hidroksida (OH), hidrogen peroksida (H_2O_2), oksigen tunggal (${}^1\text{O}_2$), dan anion superoksida (O_2^-) (Nagulendran, 2007). Oksigen reaktif ini mampu bereaksi dengan setiap molekul dalam sel hidup. Reaksi dari oksigen reaktif mampu menyebabkan beberapa dampak medis, antara lain: hipertensi, kanker, penyakit Parkinson, dan Alzheimer (Kilani, 2008).

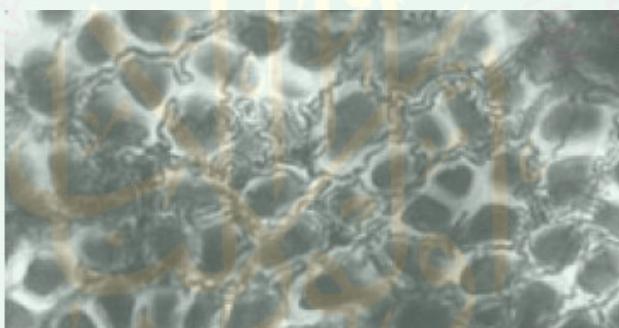
Ekstrak rumput teki juga dapat digunakan sebagai pembasmi serangga yang merugikan, sebagai contoh dalam menekan pertumbuhan dari nyamuk *Aedes aegypti* pada fase larva maupun dewasa (Al-Massarani *et al.*, 2016). Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan vektor untuk beberapa penyebab penyakit, antara lain demam kuning, demam berdarah, serta virus zika. Ekstrak tumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) mampu mencegah penyakit tersebut (Campos *et al.*, 2015; Benelli and Mehlhorn, 2016).

Selain bidang medis, tumbuhan rumput teki juga berguna dalam bidang pertanian. Sifat alelokimia yang terkandung dalam tumbuhan ini berpotensi sebagai pestisida alami (Macías, 2007; Dayan, 2009). Manfaat sebagai pestisida alami dapat mengatasi permasalahan gulma, hama serangga dan patogen penyakit tanaman (Khanh 2005; Jabran, 2007).

2.2 Fungi Endofit

Fungi endofit pertama kali ditemukan pada tahun 1866 pada tumbuhan jenis rumput- rumputan, yaitu Ilalang (*Lolium temulentum*) (de Bary, 1866). Berawal dari penemuan ini, mulai dilakukan isolasi terhadap mikroorganisme endofit dari berbagai tanaman. Hingga diketahui bahwa setiap tanaman memiliki minimal 1 mikroorganisme endofit (Kusari, 2012). Penamaan endofit berasal dari dua kata yang memiliki arti tersendiri, yaitu: *endon* berarti “di dalam” dan *pyton* yang berarti “tanaman”. Berdasarkan makna arti kata tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pengertian fungi endofit mengacu pada mikroorganisme yang mampu hidup dalam jaringan tubuh tanaman dan tidak memiliki potensi sebagai parasit yang dapat merusak atau membahayakan inangnya. Mikroorganisme yang dimaksud dapat berupa bakteri, fungi, dan yeast (Schulze dan Boyle, 2006).

Fungi endofit ada dalam tubuh inang dengan cara menginfeksi tanaman melalui dinding sel, stomata dan luka pada jaringan tanaman (Bayman, 2007). Fungi endofit menginfeksi tubuh inang melalui 2 macam cara, yaitu: dengan transmisi secara horizontal dan vertikal. Transmisi secara horizontal dilakukan oleh bagian tanaman mati yang telah terinfeksi oleh fungi endofit sebelumnya. Contoh kasus ini dapat berupa serasah daun dari tanaman yang bersimbiosi dengan fungi endofit menjadi sumber inokulum untuk tanaman lainnya. Hifa atau konidia yang menempel pada permukaan daun, bisa saja mendapatkan inang baru dengan bantuan serangga atau angin (Sánchez Márquez *et al.*, 2007; Tadych *et al.*, 2007). Tranmisi secara vertical dilakukan dengan menurunkan kepada inang progeni melalui infeksi biji. Fungi endofit biasanya berada didekat embrio dan di lapisan aleuron (Gambar 2.3) (Schardl *et al.*, 2004). Fungi endofit biasa ditemukan pada organ tanaman, yaitu daun, pucuk, akar, dan batang (Hakim *et al.*, 2014).



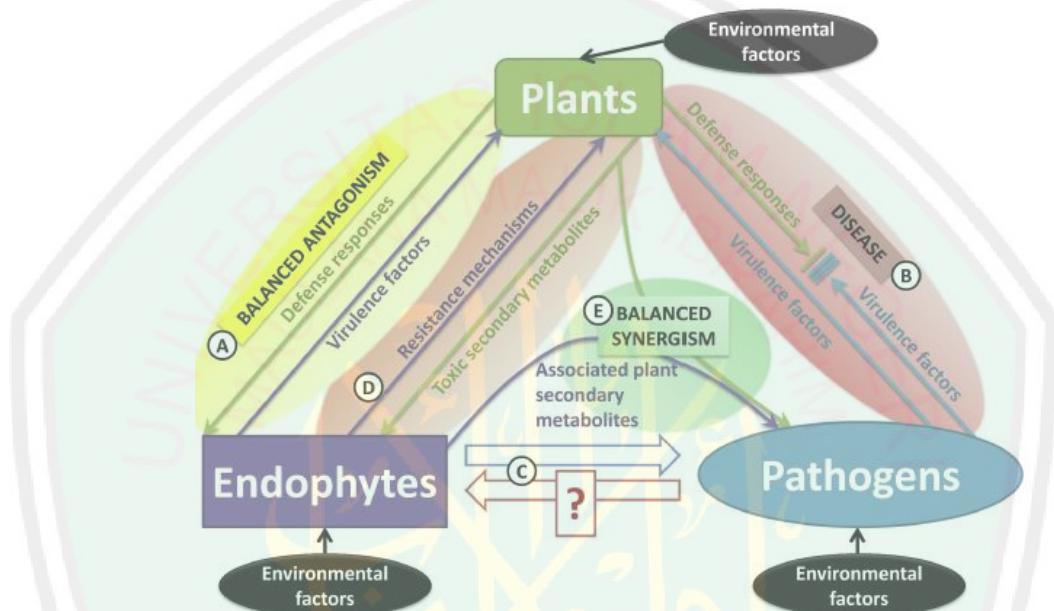
Gambar 2.3 Transmisi fungi endofit secara vertikal pada biji (Zabalgogeazcoa, 2008).

Kelompok mikroorganisme endofit yang memiliki keanekaragaman tinggi dan sering ditemukan adalah kelompok fungi (Strobel *et al.*, 2004; Staniek *et al.*, 2008). Setiap tanaman memiliki persentase yang tinggi untuk keberadaan fungi endofit, terutama untuk tanaman yang berhabitat di hutan. Persentase yang ditunjukkan dapat mencapai 70-100 %. Persentasi yang tergolong tinggi pada 3 jenis tanaman berkayu di Cina, yaitu 8.5-65.6% (Sun *et al.*, 2012).

Mikroorganisme endofit mampu menghasilkan senyawa bioaktif yang sama dengan tumbuhan inangnya. Senyawa bioaktif ini digunakan dalam mengoptimalkan sistem metabolisme tumbuhan, proteksi terhadap penyakit maupun patogen, serta menambah nilai potensi pada tumbuhan inang (Strobel *et*

al., 2004; Staniek *et al.*, 2008; Aly *et al.*, 2010; Kharwar *et al.*, 2011; Kusari dan Spiteller, 2012). Sehingga bisa didapatkan senyawa bioaktif melalui fungi endofit dengan memperhatikan beberapa parameter proses antara lain pH, suhu, tempat sampling, dan komposisi media (Kusari & Spiteller, 2011).

Berdasarkan konsep ekosistem, mikroorganisme endofit dapat berinteraksi dengan tumbuhan maupun mikroorganisme patogen yang terjebar dalam hipotesis kimia-ekologi interaksi tumbuhan dan fungi pada Gambar 2.4.



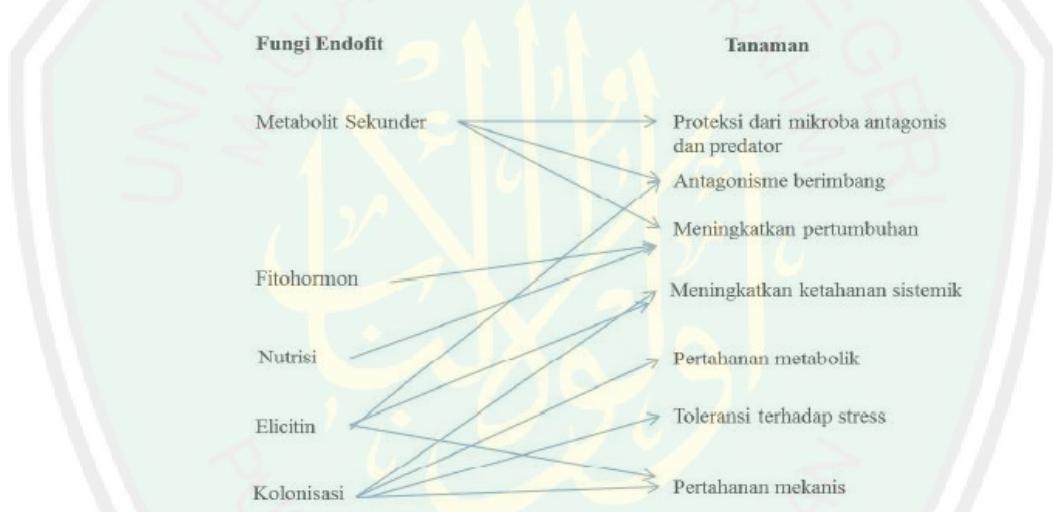
Gambar 2.4 Skema kimia-ekologis fungi dan tumbuhan (Kusari, 2012).

Interaksi fungi endofit dan tumbuhan diawali dengan adanya kontak fisik. Selama kontak fisik berlangsung, senyawa kimia antara sistem pertahanan tumbuhan dan senyawa yang dihasilkan fungi akan terjadi reaksi hingga mencapai keseimbangan. Terjadi keseimbangan antagonism, sehingga mampu membentuk asosiasi fungi kepada inang yang tidak menghasilkan kerugian. Hal ini sesuai dengan Gambar 2.4A (Arnold, 2005, 2007, 2008; Schulz dan Boyle, 2006).

Faktor lingkungan luar menjadi aspek yang sangat penting dalam interaksi fungi dan tumbuhan. Jika fungi patogen memberikan virulensi terhadap tumbuhan, maka tumbuhan akan membentuk sistem pertahanan yang setara dengan daya virulensi tersebut. Fungi patogen akan mati, namun sebaliknya jika tumbuhan tidak bisa menangkal akan menjadi tumbuhan berpenyakit (Gambar 2.4B). Fungi endofit mampu menjadi patogen saat dipengaruhi faktor ekstrinsik.

Faktor ekstrinsik tersebut mampu mengekspresikan sifat patogenitas (Gambar 2.4C). Contohnya adalah fungi endofit *Epichloe festucae* yang mengekspresikan gen sakA yang berakibat sifat patogen untuk inangnya *Lolium perenne* (Eaton *et al.*, 2010, 2011).

Interaksi fungi endofit tidak hanya sebatas antar virulensi dan sistem pertahanan. Namun, fungi endofit juga bisa menghasilkan metabolit sekunder yang sama dengan inangnya (Gambar 2.4D). Contohnya tumbuhan *Camptotheca acuminate* yang menghasilkan senyawa bioaktif *camptothecin* sebagai antikanker yang menghambat topoisomerase I. Fungi endofit tumbuhan *Camptotheca acuminate* juga menghasilkan senyawa bioaktif yang sama sebagai antikanker (Kusari *et al.*, 2011). Fungi endofit memiliki skema kontribusi terhadap tumbuhan inangnya pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kontribusi fungi endofit terhadap tumbuhan inang (Schulz, 2006).

Kontribusi fungi endofit terhadap tumbuhan adalah manfaat fungi untuk keberlangsungan hidup makhluk lainnya. Imam Muslim pernah meriwayatkan dari Jarir dan Amru bin Ubaid, dari Abdul Malik bin Umair, dari Amru bin Tsabit, dari Sa'id bin Zaid bin Amru bin Nafail yang ia berkata, “Aku mendengar Rasulullah saw. Bersabda,”

الكماء من الممن وعماوة شفاء للعنان

Artinya: ‘*Jamur cendawan itu termasuk dari manna (anugerah) dan airnya adalah obat penyembuh bagi mata.*’ (An- Najjar, 2011: 204; Ibrahim 2010).’

Berdasarkan hadis ini tentu memperjelas peranan fungi merupakan golongan makhluk hidup yang mampu memberikan manfaat bagi makhluk hidup lainnya. Manfaat dari fungi sendiri dapat diketahui setelah dipelajari dan dieksplorasi potensinya. Fungi merupakan golongan tumbuhan yang dapat tumbuh dengan sendirinya atas karunia dari Allah SWT.

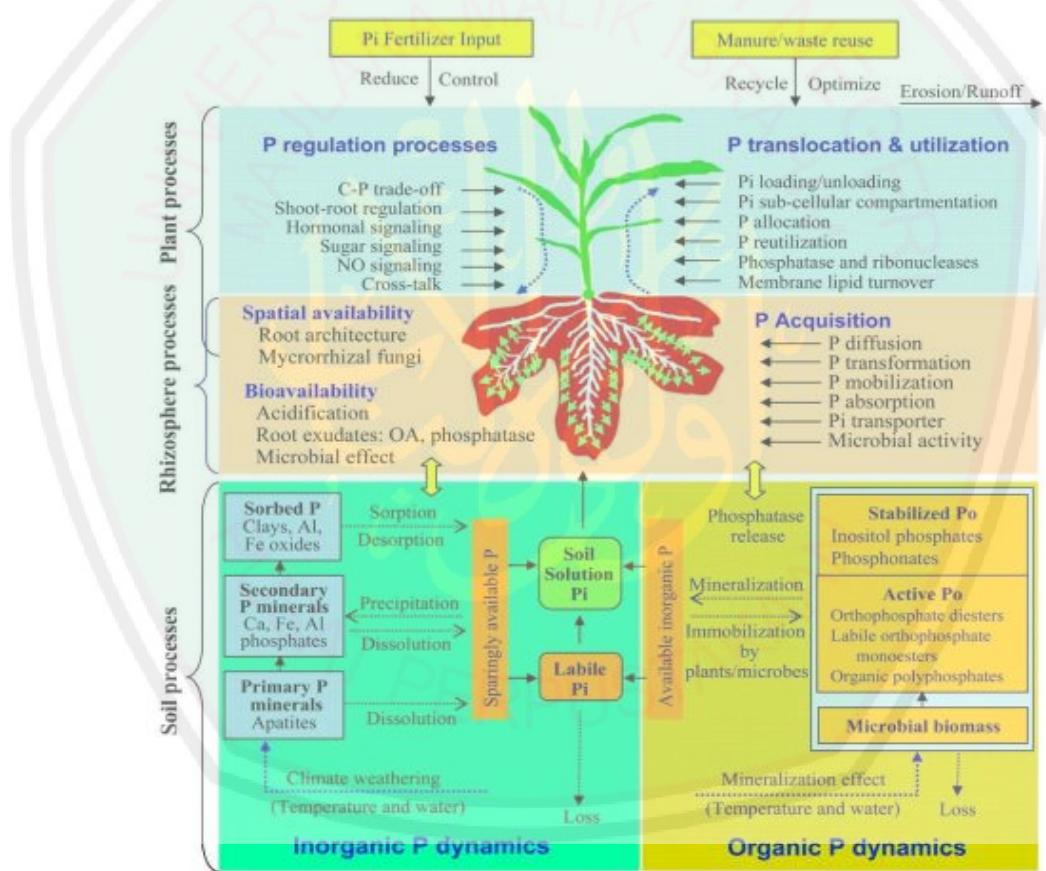
2.3 Fosfat

2.3.1 Fosfat Bagi Tanaman

Fosfat (P) merupakan nutrisi makro esensial yang sangat dibutuhkan tumbuhan dalam fase pertumbuhan dan perkembangan. Jumlah rata-rata fosfat dalam tanah sekitar 50-5000 mg/kg pada 0-30 cm dalam tanah (Saljnikov & Cakmak, 2012; Amaizah 2013). Sebagian besar bentuk fosfat dalam berupa bentuk yang tidak dapat diserap oleh tumbuhan. Kandungan fosfat hanya berkisar 0,5% dari berat kering tumbuhan. Fosfat merupakan nutrisi penting yang sangat dibutuhkan dalam metabolisme tumbuhan, antara lain untuk respirasi, fotosintesis, pembangkit energi, biosintesis asam nukleat, dan sebagai komponen integral dari beberapa struktur tanaman seperti fosfolipid (Vance *et al.*, 2003; Balemi, 2012). Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa fosfat adalah elemen kunci yang kuat mempengaruhi inisiasi dan pertumbuhan akar tandan (Shane dan Lambers, 2005)

Contoh kekurangan fosfat yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman adalah penurunan jumlah dan ukuran daun. Aktivitas pertumbuhan ini dipicu oleh pembelahan sehingga fosfat berkaitan dengan aktivitas tersebut (Chiera *et al.*, 2002; Assuero *et al.*, 2004). Kekurangan fosfat akan mengakibatkan tumbuhan mempertahankan fosfat yang dimiliki dengan transmisi fosfat dari daun tua ke daun muda. Mekanisme lain yang mungkin dari pemanfaatan fosfat yang efisien adalah konservasi fosfat dengan mengganti membran phospholipid dengan non-fosfor galacto dan sulfonyl lipid (Plaxton, 2004; Akhtar *et al.*, 2008).

Ketersediaan fosfat secara alami sangat terbatas untuk dapat digunakan secara langsung oleh tumbuhan. Hal ini diakibatkan oleh keadaan fosfat yang berikatan dengan kation unsur logam. Kation unsur besi dan alumunium pada kondisi tanah masam, sedangkan pada kondisi tanah alkali berikatan dengan unsur kalsium dan magnesium (Vance *et al.*, 2003). Ikatan unsur fosfat dengan kation unsur ini terjadi melalui presipitasi kimia atau adsorpsi fisik (Kochian *et al.*, 2004). Siklus fosfat dalam lingkungan terserap oleh tanaman pada daerah rhizosfer. Unsur fosfat yang tinggi dalam keadaan tanah yang masam akan mudah berikatan dengan kationnya dan menyebabkan penumpukan unsur fosfat yang tidak terserap (Gambar 2.6) (Shen *et al.* 2011).



Gambar 2.6 Siklus fosfat pada Lingkungan (Shen *et al.* 2011)

Secara umum, fosfat merupakan unsur yang tidak bergerak dalam tanah mineral. Ion fosfat ini hanya dapat mencapai permukaan akar dan memenuhi 1-5% kebutuhan tumbuhan. Selain itu koefisien difusi ion fosfat dalam tanah sangat rendah (Lambers *et al.*, 2006). Penggunaan pupuk fosfat digunakan sebagai

alternatif dalam menambah ketersediaan fosfat cenderung akan terserap oleh tanah dan kurang bisa tersedia untuk tumbuhan (Cordell *et al.*, 2011). Pupuk yang mengalami proses adsorpsi, presipitasi, dan konversi dalam bentuk organik hanya dapat mengoptimalkan kebutuhan 10-30% dari tumbuhan (Syers *et al.*, 2008). Penggunaan pupuk fosfat yang tinggi hanya akan mengakibatkan resiko kehilangan fosfat yang tinggi pula karena drainase air dan *run off* (Husnain *et al.*, 2015).

2.3.2 Fungi Pelarut Fosfat

Beberapa organisme mampu melarutkan fosfat dalam tanah sehingga dapat diserap oleh tanaman dan mampu meningkatkan produktifitas pertanian. Organisme ini sering disebut dengan Mikroorganisme Pelarut Fosfat (MFP). Contoh inokulasi mikroorganisme ini adalah bakteri (Zaidi *et al.*, 2003; Zaidi dan Khan, 2007; Wani *et al.*, 2007a; Naik *et al.*, 2008), fungi (Mittal *et al.*, 2008), dan aktinomisetes (Hanane *et al.*, 2008; Barreto *et al.*, 2008) dalam tanah terbukti mampu meningkatkan ketersediaan fosfat terlarut bagi tanaman.

Salah satu jenis mikroorganisme pelarut fosfat yang sering dimanfaatkan, yaitu fungi. Fungi mudah berinteraksi dalam tanah dan diduga memiliki peranan kelarutan fosfat yang lebih tinggi daripada bakteri (Sharma *et al.*, 2013). Hal ini didasarkan oleh hasil dari metabolism sekunder yang lebih banyak, seperti: glukonat, sitrat, laktat, 2-ketoglukonat, oksalat, asam tartarat, dan asam asetat. Fungi yang sudah teridentifikasi mampu melarutkan fosfat dengan baik, antara lain: Achrothcium, Alternaria, Arthrobotrys, Aspergillus, Cephalosporium, Cladosporium, Curvularia, Cunninghamella, Chaetomium, Fusarium, Glomus, Helminthosporium, Micromonospora, Mortierella, Myrothecium, Oidiodendron, Paecilomyces, Penicillium, Phoma, Pichiafermentans, Populospora, Pythium, Rhizoctonia, Rhizopus, Saccharomyces, Schizosaccharomyces, Schwanniomyces, Sclerotium, Torula, Trichoderma, dan Yarrowia (Srinivasan *et al.*, 2012; Sharma *et al.*, 2013).

Penerapan pelarutan fosfat menggunakan agen biologis seperti fungi tentunya akan menimbulkan beberapa dampak positif, yaitu:

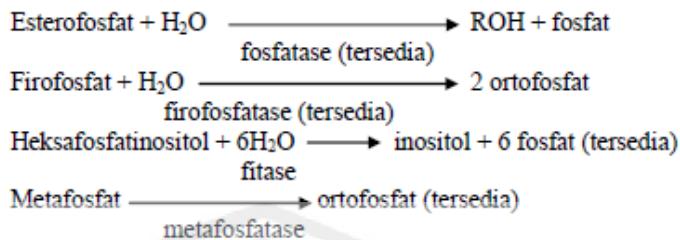
1. Meningkatkan hasil pertanian dengan pendekatan ramah lingkungan jangka panjang yang tentu saja memperbaiki kondisi tanah secara alami (Babalola dan Glick, 2012).
2. Inokulasi organisme pelarut fosfat mampu meningkatkan penyerapan fosfat secara umum yang dapat diaplikasikan dalam lingkup tanaman pot atau lapang (Tallapragada & Gudimi, 2011).
3. Organisme ini juga mampu menjadi agen biokontrol dengan menghasilkan senyawa siderofor, antibiotik, antifungi, hidrogen sianida, dan enzim litik yang semuanya dapat menghambat pertumbuhan tanaman pathogen (Alori *et al*, 2017).

2.3.3 Mekanisme Kelarutan Fosfat

Mekanisme utama dalam melepaskan fosfat adalah dengan produksi asam organik dengan karboksil dan ion hidroksi kohesif untuk menurunkan pH (Seshachala & Tallapragada, 2012; Sharma *et al.*, 2013). Asam organik diproduksi di periplasma oleh jalur oksidasi langsung (Zhao *et al.*, 2014).

Fungi pelarut fosfat mampu melarutkan fosfat dengan bantuan mekanisme secara biologis. Proses biologis yang berperan dalam kelarutan fosfat adalah enzim. Enzim ini disebut dengan asam fosfatase non-spesifik (NSAPs). Enzim NSAPs yang banyak dihasilkan oleh mikroorganisme adalah fosfomonoesterase atau fosfatase (Nannipieri *et al.*, 2011). Enzim ini dapat berupa asam atau alkali fosfomonoesterase (Jorquera *et al.*, 2011). Enzim lain yang juga berperan dalam kelarutan fosfat organik adalah phytase. Enzim ini bertanggung jawab untuk melepaskan fosfor dari bahan organik dalam tanah. Enzim phytase akan merubah bentuk fitat menjadi fosfor yang mudah terserap oleh tanaman melalui mikroorganisme pelarut fosfat yang berada pada daerah rhizosfer (Richardson & Simpson, 2011). Enzim lain yang berpengaruh dalam ketersediaan fosfat adalah

firofosfatase dan metafosfatase (Mehrvars *et al.*, 2008). Kinerja enzim pelarut fosfat ini tergambar dalam skema berikut:



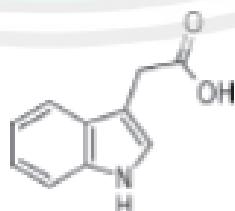
Gambar 2.7 Skema enzim dalam fosfat terlarut (Mehrvars *et al.*, 2008)

2.4 Penghasil IAA (*Indole-3-Acetic Acid*)

2.4.1 Fitohormon Auksin (IAA)

Hormon tumbuhan merupakan molekul yang berada dalam tumbuhan secara alami dalam konsentrasi yang rendah. Substansi ini berfungsi terhadap perkembangan dan pertumbuhan dalam fisiologi tumbuhan. Hormon pada tumbuhan ada berbagai macam, antara lain: auksin, sitokinin, strigolakton, asam absisat, etilen, giberelin, asam jasmonat, asam salisilat, dan brassinosteroid (Sauer *et al.*, 2013). Hormon pertumbuhan pertama yang berhasil diisolasi dari media fermentasi *salkowski*. Hormon ini teridentifikasi sebagai *indole-3-acetic acid* yang termasuk kedalam auksin (Kögl *et al.*, 1934).

Auksin berasal dari bahasa yunani “auxein” yang berarti besar atau tumbuh. Hormon auksin pada dasarnya berperan dalam pemanjangan pada koleoptil, batang, dan juga akar (Sauer *et al.*, 2013). Auksin adalah salah satu prekursor penting dalam berbagai aspek pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Yuan *et al.*, 2018). Auksin termasuk kedalam asam organik dengan berat molekul rendah. Secara struktur kimiawi hormon ini mengandung gugus karboksil dan cincin aromatik (Gambar 2.9) (Sauer *et al.*, 2013).



Gambar 2.8 Struktur Kimiawi Hormon Auksin Jenis *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) (Sauer *et al.*, 2013).

Auksin adalah salah satu hormon tumbuhan yang mempengaruhi hampir setiap tahap siklus tanaman (Woodward dan Bartel, 2005). Auksin penting bagi tanaman baik secara endogen dan eksogen untuk mengendalikan berbagai respon pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Bingsheng, *et al.*, 2019). Auksin endogen yang paling banyak adalah jenis *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) (Ludwig-Müller *et al.*, 2011). Biosintesis auksin paling banyak berasal dari triptofan (Krause *et al.*, 2015). Auksin dapat mempengaruhi hampir semua aspek pemanjangan dan pembelahan sel, serta diferensiasi sel (Bielezova *et al.*, 2019). Auksin memiliki pengaruh yang besar pada fungsi sel dan jaringan di semua tanaman tingkat tinggi (Hayashi *et al.*, 2012). Auksin berfungsi pada pengembangan dan berbagai respon tumbuhan, antara lain kontrol penuaan, respon terhadap pathogen, stres abiotik, pembentukan bunga, pematangan dan pembentukan buah (Ellis *et al.*, 2005; De Jong *et al.*, 2009; Manners, 2009; Wang *et al.*, 2010; Fu dan Wang, 2011).

Indole-3-Acetic Acid (IAA) adalah fitohormon yang berperan penting dalam proses biologis pertumbuhan tanaman (Ghosh *et al.*, 2013; Donati, *et al.*, 2013) yang diproduksi di bagian meristem apikal tunas dan akar tanaman (Zhao, 2010). IAA merupakan bentuk auksin yang aktif secara biologis telah diatur dalam tanaman melalui interaksi beberapa jalur yang melibatkan biosintesis, oksidasi dan hidrolisis IAA, serta pengikatan IAA ke makromolekul seperti karbohidrat dan asam amino (Felten *et al.*, 2012). Hormon ini dalam konsentrasi tinggi bersifat toksik terutama untuk tumbuhan monokotil seperti golongan rumput-rumputan. Sehingga, potensi ini mampu dikembangkan sebagai herbisida (Grossmann, 2010).

2.4.2 Fungi Penghasil IAA

Fungi mampu menghasilkan metabolit sekunder sebagai pendukung pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Jenis metabolit sekunder yang mampu diproduksi oleh fungi adalah ammonia dan hormon tanaman, khususnya *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) (Sieber *et al.*, 2003; Khan *et al.*, 2012). Fungi penghasil metabolit sekunder merupakan fungi yang berasosiasi dengan tumbuhan. Fungi ini sebagian besar tergolong kedalam basidiomycota (Smith, 2008). Asosiasi fungi dilakukan dengan mengkolonisasi dalam jaringan

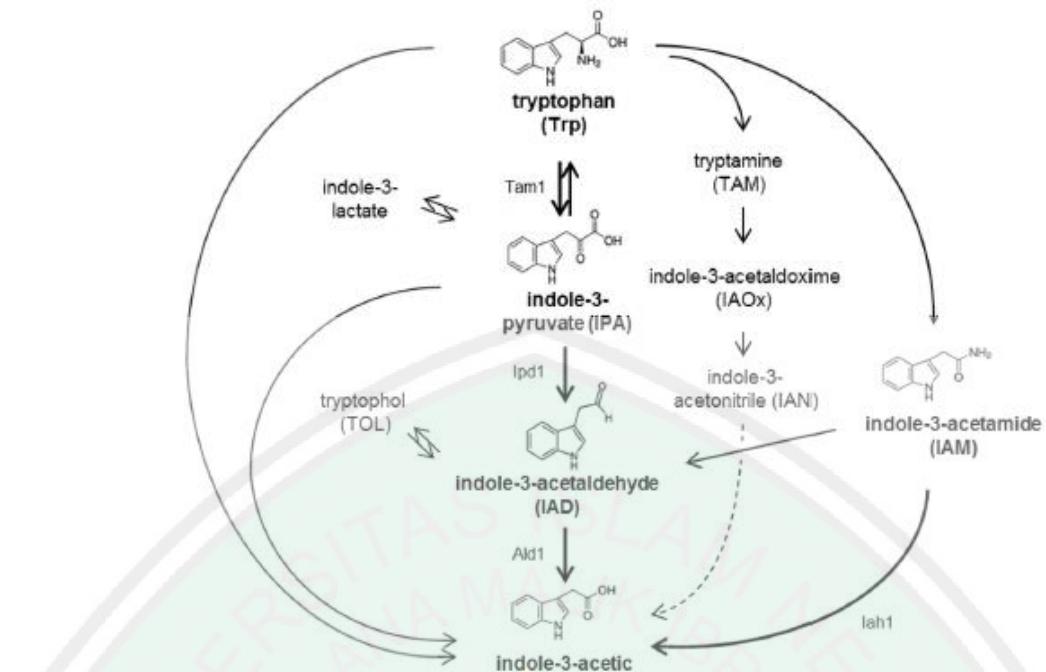
tumbuhan, dikenal sebagai fungi endofit. Fungi endofit penghasil fitohormon juga dapat mengalahkan mikroorganisme patogen dan penyakit dengan meningkatkan sistem imun tumbuhan (Kumla *et al.*, 2014). Berbagai jenis fungi pada tanaman memiliki kemampuan dalam memproduksi IAA (Sergeeva *et al.*, 2002), sehingga dapat memungkinkan mikroorganisme ini dalam mempengaruhi dan mengubah proses fisiologis tanaman (Donati *et al.*, 2013).

Fungi endofit penghasil fitohormon IAA yang berhasil diisolasi dan diidentifikasi sejumlah 770 spesies dari berbagai macam tumbuhan. Contoh spesies fungi tersebut antara lain *Aspergillus* sp., *Alternaria infectoria*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum musae*, *Cordana musae*, *Nigrospora oryzae*, *Nigrospora sphaerica*, *Phomopsis* sp., *Penicillium* sp., *Rhizoctonia* sp., species of *Xylaria* dan *Phialocephala sphaerooides* (Wilson *et al.*, 2004; Ismail *et al.*, 2016).

2.4.3 Mekanisme Biosintesis IAA

Mekanisme fungi dalam menghasilkan hormon *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) dilakukan melalui proses enzimatis. Enzim spesifik yang berguna dalam menghasilkan hormon *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) terekspresi oleh adanya gen-gen tertentu. Proses biosintesis IAA berawal mengubah bahan dasar triptofan. Triptofan merupakan hasil sintesis dari korionat melalui indole-3-gliserolfosfat di dalam kloroplas (Mano & Nemoto, 2012). Ada dua jalur yang dapat diterapkan oleh fungi untuk menghasilkan IAA, yaitu: melalui *Indole-3-pyruvate* (IPA) dan *Indole-3-acetamide* (IAM) (Reineke *et al.*, 2008; Ljung, 2013).

Biosintesis IAA melalui jalur IPA dimulai dengan mengkonversi triptofan menjadi IPA dengan bantuan enzim triptofan aminotransferase yang dikodekan dengan gen Tam 1. Kemudian dari IPA dirubah menjadi *Indole-3-acetaldehyde* (IAD) dengan bantuan enzim *indole-3-pyruvic acid decarboxylase* yang dikodekan dengan gen Ipd 1. Terakhir dari IAD dikonversi menjadi hasil akhir IAA dengan bantuan enzim *aldehyde dehydrogenase* yang dikodekan oleh gen Ald1 (Gambar 2.9) (Krause *et al.*, 2015)



Gambar 2.9 Mekanisme biosintesis IAA oleh fungi (Krause *et al.*, 2015).

Jalur yang kedua lebih sederhana dengan mengkonversi triptofan menjadi *Indole-3-acetamide* (IAM) dengan bantuan enzim *tryptophan-2-monoxygenase* yang dikodekan dengan gen aux1, iaaM, atau tms1 (Nemoto *et al.*, 2009; Mano *et al.*, 2010). IAM kemudian berubah menjadi hasil akhir IAA dengan bantuan enzim indole-3-acetamide hydrolase yang dikodekan dengan gen Iah1 (Krause *et al.*, 2015).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimental berbasis laboratorium yang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian eksperimental ini untuk mengetahui kemampuan fungi endofit rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) dalam menghasilkan fosfat terlarut dan *Indole-3-Acetic Acid* (IAA).

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Januari hingga Agustus 2018. Penelitian bertempat di Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Biologi Molekuler (Genetika), dan Laboratorium Biokimia Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah vortek (Barnstead International; M37610-33; serial no. 1861071114916), *Laminar Air Flow* (LAF) (Esco; AHC-4A1; 2007-2639), autoklaf (ALP Co., Ltd.; KT-30L; serial no. 802533), oven (Thermo Scientific; UT 6120; 51017254), cawan petri, jarum enten, tabung reaksi, *shaker* (Barnstead International; SHKE7000-1CE), micropipette, *hot plate* (Thermo Scientific; Cimarex), *stirrer*, pinset, alumunium foil, botol flakon, gelas beker, Erlenmeyer, *milipore*, neraca analitik (Sartorius; Practum224-1S; 0035505667), *sentrifuge* (Microcentrifuge; 16 K/ 166-0602), pH meter (pH 150 Meter Kit with DJ pH Probe and ATC Probe; ECPHWP15002K), korek api, bunsen, jangka sorong, rak tabung, spektorfotometer (SmartSpecTM

Plus Spectrophotometer; 273BR 04049), kuvet, gelas ukur, pipet volume, spatula, pengaduk kaca, kaca benda, kaca penutup, mikroskop (Nikon Eclipse E 200 LED MV RS).

3.3.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah *Potato Dextrose Agar* (PDA) instan (MERCK; No.Kat: 1.10130.0500), aquades steril, *chloramphenicol*, *Potato Dextrose Broth* (PDB) instant (MERCK; No. Kat : 1.10130.0500), *Pikovskaya Broth* ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, glukosa, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NaCl, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ekstrak yeast, KCl, MnSO_4 , NaOCl 5,3%, alkohol 75%, sodium molibdat ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 2,5%, asam sulfat (H_2SO_4) 10 N, hidrazin sulfat 0,3%, *Indole-3-Acetic Acid* (IAA), larutan tryptofan, reagen *salkowski* ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,5 M, asam sulfat (H_2SO_4) 96%, aquades steril, KH_2PO_4 , methanol, asam asetat, dan akuabides.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Media

3.4.1.1 Media PDA (*Potato Dextrose Agar*)

Pembuatan media PDA diawali dengan menimbang serbuk PDA *instant* sebanyak 19,5 gram. Serbuk PDA *instant* dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer ukuran 1000 ml dan Aquades sebanyak 500 ml dituang ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi serbuk PDA instan. Labu Erlenmeyer yang berisi serbuk PDA instant dan aquades dipanaskan di atas *hot plate* dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Saat melakukan pemanasan PDA *instant*, ditambahkan antibakteri yaitu *Chloramphenicol* sebanyak 250 mg. Setelah media sudah larut, penutup diletakkan pada mulut labu Erlenmeyer menggunakan kapas dan kasa. Media disterilkan dengan menggunakan autoklaf selama 15 menit dalam suhu 121°C dan tekanan 1 atm (Hasyati *et al.*, 2017).

3.4.1.2 Media PDB (*Potato Dextrose Broth*)

Pembuatan media PDB diawali dengan menimbang serbuk PDB *instant* sebanyak 19,5 gram. Serbuk PDB *instant* dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer ukuran 1000 ml. Setelah itu Aquades ditakar sebanyak 500 ml dan dituang ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi serbuk PDB *instant*. Labu

Erlenmeyer yang berisi serbuk PDB instant dan aquades dipanaskan di atas *hot plate* dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Saat melakukan pemanasan PDB *instant*, ditambahkan antibakteri yaitu *Chloramphenicol* ditambahkan sebanyak 250 mg. Setelah media sudah larut, penutup diletakkan pada mulut labu Erlenmeyer menggunakan kapas dan kasa. Media disterilkan dengan menggunakan autoklaf selama 15 menit dalam suhu 121°C dan tekanan 1 atm (Hasyati *et al.*, 2017).

3.4.1.3 Media *Pikovskaya Broth*

Pembuatan media *Pikovskaya Broth* diawali dengan menimbang bahan sebagai berikut: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ 5 g, glukosa 13 g, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.5 g, NaCl 0.2 g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.0002 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.1 g, ekstrak yeast 0.5 g, KCl 0.2 g, MnSO_4 0.0002 g. Semua bahan dilarutkan dalam aquades sebanyak 1000 ml. Bahan dimasukkan secara bertahap dalam *beaker glass* berisi aquades 1000 ml. Campuran bahan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*. Media diukur derajat keasaman menggunakan pH meter sampai nilai 7,2 dan dibagi kedalam setiap tabung reaksi sebanyak 10 ml (Pikovskaya, 1948; Promwee *et al.*, 2014).

3.4.2 Isolasi Fungi Endofit

Sampel tumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) diambil dari area bukit. Sampel tumbuhan yang diambil kemudian disimpan dalam kotak berisi es. Penyimpanan sampel kedalam kotak berisi es untuk menjaga kesegaran tumbuhan yang digunakan sebagai sampel. Sampel tumbuhan kemudian dicuci dengan air mengalir selama 10 menit setelah itu rimpang rumput teki dipotong menjadi beberapa bagian dengan panjang 2-3 cm. Potongan bagian rimpang rumput teki ditaruh dalam suatu cawan petri steril (Hasyati *et al.*, 2017). Potongan rimpang direndam dalam alkohol 75% selama 1 menit. Setelah itu potongan rimpang dimasukkan ke dalam larutan natrium hipoklorit (NaOCl) 5,3% selama 3 menit dan terakhir direndam dalam larutan alkohol 75% selama 30 detik. Potongan rimpang dikeringkan dengan menggunakan tisu steril. Organ tanaman tersebut dibelah menggunakan pisau steril dan diletakkan dalam cawan petri yang berisi media PDA (Widowati *et al.*, 2016).

Kontrol diperlukan untuk mengetahui hasil fungi yang diisolasi berasal dari jaringan dalam tumbuhan (endofit) atau permukaan tumbuhan (epifit). Bilasan

terakhir yang digunakan untuk perendaman 30 detik adalah larutan alkohol 75%. Larutan alkohol 75% yang telah dipakai untuk merendam kemudian dituang sebanyak 100 µl pada media PDA dengan metode *spread plate*. Perlakuan kontrol ini untuk membuktikan adanya kontaminasi permukaan atau tidak dengan membandingkan koloni yang mucul antara hasil isolasi dan kontrol (Hasyati *et al.*, 2017).

3.4.3 Pemurnian Fungi Endofit

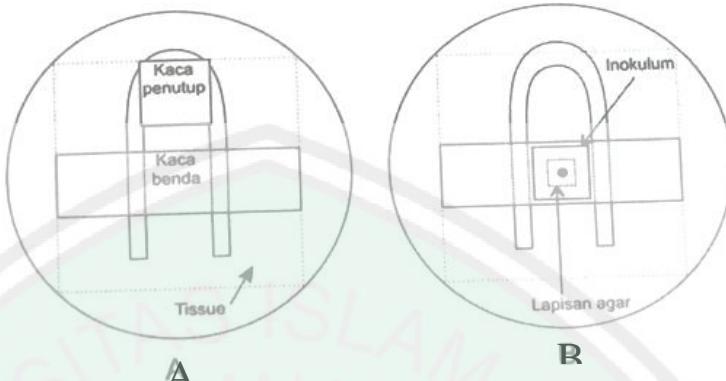
Identifikasi dilakukan pada koloni fungi endofit yang tumbuh di sekitar potongan sampel tanaman pada media PDA. Koloni yang menunjukkan perbedaan secara makroskopis dipisahkan dan dikultur kembali pada media PDA sampai didapatkan kultur yang seragam dalam satu cawan petri (Murdiyah *et al.*, 2017). Pemurnian dilakukan dengan menggunakan propagasi koloni yaitu pemindahan sebagian fungi endofit kedalam media baru dengan memotong secara aseptis. Pemindahan menggunakan jarum ose yang sebelumnya telah dipanaskan hingga merah di atas api. Fungi endofit diletakkan di atas media PDA yang baru. Inkubasi dilakukan selama 3-5 hari dalam suhu 27°-29°C (suhu ruang) (Hafsari *et al.*, 2013). Isolat hasil pemurnian dibuat duplo (2 kali ulangan) pada agar miring, satu untuk stok kultur dan satu untuk kultur penelitian (Noverita *et al.*, 2009).

3.4.4 Identifikasi Fungi Endofit secara Makroskopis dan Mikroskopis

Identifikasi karakter dilakukan dengan mengamati ciri-ciri morfologi secara makroskopis. Pengamatan morfologi menggunakan isolat hasil pemurnian yang berumur 5 hari. Identifikasi tersebut meliputi warna permukaan dan bagian bawah koloni, permukaan koloni (granular seperti menggunung, tepung, licin), garis radial yang diambil dari pusat ke bagian tepi dan konsentris (Watanabe, 2002).

Identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan beberapa tahap pembuatan preparat fungi. Cawan petri diberi alas tisu pada bagian dalam dan dimasukkan kaca bentuk U, kaca preparat, dan kaca benda. Cawan petri disterilisasi menggunakan oven kering selama 2 jam dengan suhu 150-180°C. Media PDA dipotong dengan ukuran 0,5 X 0,5 cm dan ditempatkan pada kaca benda dalam cawan petri steril. Hasil isolasi fungi diinokulasikan secara aseptis. Preparat ditutup dengan kaca penutup yang sebelumnya disterilkan pada api bunsen. Alas

tisu dibasahi dengan aquades steril dan cawan petri ditutup kemudian diinkubasi. Inkubasi hasil preparat dalam waktu 3 hari pada suhu ruang (sekitar 25- 27°C) (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Preparat *Slide Culture* A) Alat-alat dalam pembuatan preparat, B) Setelah diinokulasi (Hastuti, 2004).

Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop. Pengamatan secara mikroskopis meliputi miselium, konidia, konidiofor, dan spora dari setiap isolat fungi endofit yang berhasil didapatkan (Hastuti, 2004; Campbell *et al.*, 2013; Valencia dan Meitiniarti, 2017). Analisis karakter mikroskopis dilakukan dengan menggunakan beberapa literatur acuan, yaitu *Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species* (Watanabe, 2002), *Identification of Pathogenic Fungi* (Campbell *et al.*, 2013) dan *Descriptions of Medical Fungi* (Kidd *et al.*, 2016).

3.4.5 Pengujian Fungi Endofit sebagai Pelarut Fosfat

3.4.5.1 Pengujian secara kualitatif

Media yang digunakan dalam analisis fungi endofit pelarut fosfat (P) secara kualitatif adalah media *Pikovskaya broth*. Isolat fungi endofit yang didapat, selanjutnya dikulturkan dalam 10 ml media *Pikovskaya broth* dengan bantuan alat *cork borer*. Kultur isolat diinkubasi dalam *shaker* dengan suhu 25°C dan kecepatan 160 rpm selama 7 hari. Isolat disaring menggunakan kertas saring *whatmann* steril. Isolat yang mengendap pada kertas saring lalu digerus sampai lembut. Hasil penggerusan dicampur dengan media hasil saringan sebelumnya. Campuran isolat yang telah digerus dan hasil saringan dimasukkan kedalam tabung *Ependorf*. Tabung *Ependorf* disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit.

Supernatan diambil sebanyak 0,4 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Pereaksi warna fosfat molibdat ditambahkan dalam tabung (0,16 ml sodium molibdat 2.5%, 0,04 ml asam sulfat 10 N dan 0,1 ml hidrazin sulfat 0,5 M, 2,3 ml aquades steril non fosfat) (Lampiran 2). Supernatan isolat yang ditambah dengan pereaksi warna fosfat molibdat didiamkan selama 10 - 35 menit. Hasil positif ditunjukkan dengan larutan berubah warna menjadi biru (Syamsia *et al.*, 2015).

3.4.5.2 Pengujian secara kuantitatif

Supernatan isolat dan pereaksi warna fosfat molibdat akan menghasilkan reaksi perubahan warna yang terjadi. Perubahan warna antara kedua campuran tersebut dianalisis lebih lanjut menggunakan spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang (λ) 840 nm. Blanko yang digunakan dalam pembacaan adalah supernatant hasil sentrifugasi media *pikovskaya broth*. Data hasil pembacaan spektrofotometer akan diolah dengan menggunakan rumus $y = ax + b$ untuk menentukan konsentrasi fosfat terlarut. Rumus yang digunakan dalam perhitungan $y = 0,0271x + 0,0623$. Perhitungan konsentrasi fosfat didasarkan pada pembacaan kurva standar fosfat dengan satuan ppm. Kurva standar menggunakan KH_2PO_4 dengan konsentrasi 0; 2,5; 5; 10; 20 dan 50 ppm (Lyn *et al.*, 2013).

3.4.6 Pengujian Fungi Endofit sebagai Penghasil IAA

3.4.6.1 Pegujian secara kualitatif

Pengujian IAA yang dihasilkan oleh fungi endofit tanaman rumput teki (*Cyperus rotundus*) menggunakan metode spektrofotometri. Media PDB sebanyak 200 ml dibagi kedalam tabung reaksi masing-masing berisi 9 ml. Media PDB disterilisasi menggunakan autoklaf dengan tekanan 1 atm, suhu 121°C, selama 15 menit. Media PDB kemudian ditambahkan dengan prekursor berupa larutan triptofan sebanyak 1 ml tiap tabung (10 g glukosa, 1 g L – Triptofan, 0,1 g ekstrak yeast dilarutkan dalam 100 ml aquades steril). Fungi endofit yang diinokulasi dalam media PDB dengan menggunakan metode *cork borer* (Yurnaliza *et al.*, 2008). Hasil isolasi ditempatkan dalam *shaker* dengan suhu 25°C dan kecepatan 160 rpm selama 5 hari.

Isolat dalam media PDB yang siap untuk diuji IAA, terlebih dahulu disaring menggunakan kertas saring . Koloni fungi endofit kemudian digerus sampai hancur. Setelah sampel hancur dan halus dicampur lagi dengan hasil saringan. Campuran

koloni fungi endofit dan media PDB dimasukkan kedalam tabung *Ependorf* ukuran 1,5 ml sebanyak 4 buah dan disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 15 menit. Supernatan diambil sebanyak 2 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi. Hasil supernatan ditambahkan reagen *salkowski* sebanyak 4 ml dan diinkubasi dalam ruangan gelap selama 60 menit (lampiran 7). Hasil positif menunjukkan larutan berubah warna menjadi merah muda (Dewi *et al.*, 2015).

3.4.6.2 Pengujian Secara Kuantitatif

Supernatan isolat dan pereaksi warna fosfat molibdat akan menghasilkan reaksi perubahan warna yang terjadi. Reaksi perubahan warna yang terjadi pada larutan hasil dianalisis lebih lanjut menggunakan spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang (λ) 540 nm. Larutan blanko yang digunakan adalah media *Potato Dextrose Broth* (PDB) yang telah ditambah dengan L-triptofan. Data hasil pembacaan spektrofotometer akan diolah dengan menggunakan rumus $y = ax + b$ untuk menentukan konsentrasi produksi IAA. Rumus yang digunakan dalam perhitungan $y = 0,0221x + 0,039$. Perhitungan didasarkan dengan menggunakan IAA murni dalam kurva standar perhitungan konsentrasi IAA sampel. Kurva standar menggunakan IAA murni dengan konsentrasi 0; 2,5; 5; 10; 20 dan 50 ppm (Lampiran 8) (Dewi *et al.*, 2015).

3.5 Analisis Data

Kelompok data diuji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* dan diuji homogenitas menggunakan *Levene Test*. Apabila data yang diuji normal dan homogen, maka dilanjutkan dengan menggunakan *Analysis of Varian* (Anova). Uji lanjut dilakukan apabila ada pengaruh perbedaan antar isolat.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Fungi Endofit Hasil Isolasi Rimpang Rumput Teki

Fungi endofit yang berhasil diisolasi dan dimurnikan dari rimpang rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) berjumlah 5 isolat dan memiliki karakter morfologi yang berbeda-beda. Lima Isolat tersebut diberi kode URT 1, URT 2, URT 3, URT 4 dan URT 5. Karakter fungi yang berbeda menunjukkan tingkat keragaman fungi endofit dari tumbuhan inang rumput teki. Keanekaragaman fungi ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: jenis jaringan tempat tinggal fungi endofit dan tempat hidup dari tumbuhan inang. Menurut Shubin *et al.* (2014), keanekaragaman fungi endofit secara umum dapat dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik seperti spesies tumbuhan inang dan tipe organ menjadi faktor utama yang mempengaruhi keanekaragaman fungi endofit (Hu *et al.*, 2011; Koo *et al.*, 2013). Organ tumbuhan yang digunakan berupa rimpang banyak mengandung nutrisi dalam jaringan kortex. Rimpang tumbuhan rumput teki mengandung substansi anorganik, organik, dan air dalam jaringan kortex. Kandungan ini dapat berguna sebagai sumber nutrisi yang dibutuhkan oleh fungi endofit. Fungi endofit dapat memanfaatkan sumber nutrisi secara efisien tanpa mengakibatkan dampak negatif pada kelangsungan hidup rumput teki (Setjo *et al.*, 2004; Deacon, 2006).

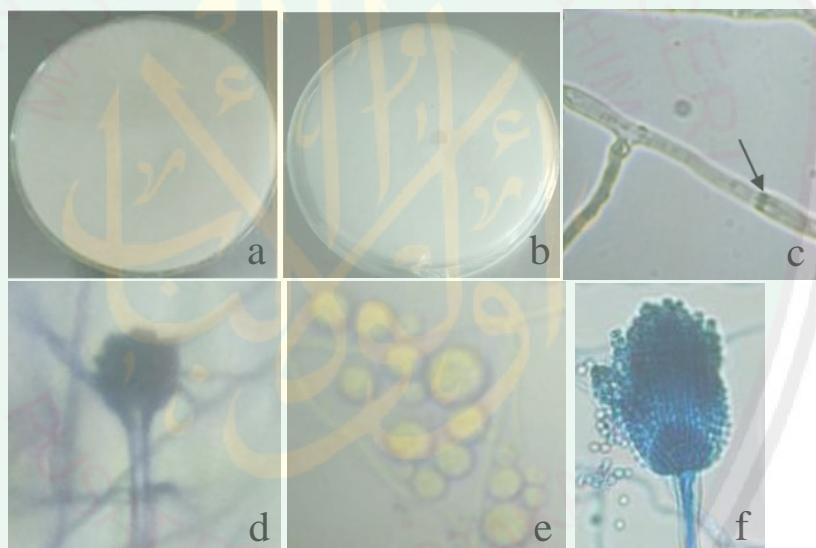
Fungi endofit rimpang rumput teki memiliki perbedaan secara morfologi makroskopis (Tabel 4.1). Kelima isolat fungi diduga termasuk ke dalam beberapa divisi. Isolat fungi endofit rimpang rumput teki dengan kode URT 1, URT 4 dan URT 2 diduga termasuk kedalam divisi Ascomycota. Isolat URT 3 diduga termasuk divisi Basidiomycota. Isolat URT 5 termasuk kedalam divisi Zygomycota. Berdasarkan penelitian Karamchand *et al.* (2009), keanekaragaman fungi endofit dari tumbuhan genus *Cyperus* dengan persentase terbesar keberadaan fungi didominasi oleh divisi Ascomycota 66,7% dan divisi Deuteromycota 33,3%.

Tabel 4.1 Karakter Morfologi Fungi Endofit dari Rimpang Rumput Teki (*Cyperus rotundus L.*)

Kode Isolat Karakter	URT 1	URT 2	URT 3	URT 4	URT 5
Bentuk	Berserabut	Berserabut	Tidak Beraturan	Tidak Beraturan	Tidak Beraturan
Pola	Menyebar	Menyebar	Menyebar	Zonasi	Zonasi
Garis Radial (Ada/Tidak)	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ada
Lingkaran Konsentris (Ada/Tidak)	Tidak	Tidak	Tidak	Ada	Ada
Warna Koloni					
Atas	Putih pucat	Hitam keabuan	Putih Susu	Zonasi Hijau dan Cokelat	Putih Pucat
Bawah	Kuning pucat	Hitam Gelap	Putih	Kuning	Cokelat Tua
Permukaan	Miselium Halus, Berbulu	Hifa Aerial, Beludru	Hifa seperti Kapas, Beludru	Halus terdapat Bintik Air. Tepung	Halus Terdapat Bintik Air, berbulu halus
Diameter (cm)	9	9	7,7	7,4	5,9
Tepi	Halus	Menyebar	Menyebar	Tidak beraturan	Tidak Beraturan
Hifa	Bersekat dan bercabang	Bersekat dan bercabang	Bersekat dan bercabang	Bersekat dan bercabang	Tidak Bersekat dan bercabang
Konidia					
Bentuk	Bulat	-	Lonjong	Bulat	Bulat
Warna	Hijau	-	Hijau	Hijau	Hijau
Ukuran	10 – 14 μm	-	16 – 20 μm	9 – 10 μm	4 – 9 μm
Dugaan Divisi	Ascomycota	Ascomycota	Basidiomycota	Ascomycota	Zygomycota

4.1.1 Isolat Fungi URT 1

Gambar 4.1 a dan b merupakan hasil pengamatan makroskopis fungi endofit URT 1 yang berumur 5 hari setelah inokulasi. Isolat URT 1 memiliki bentuk koloni berserabut, permukaan miselium halus, dan berbulu. Menurut Kidd *et al.*, (2016) divisi Ascomycota memiliki tekstur koloni *floccose* (berserabut). Warna koloni URT 1 bagian depan putih dan bagian belakang kuning pucat. Menurut Kidd *et al.*, (2016), isolat fungi divisi Ascomycota memiliki warna yang beragam, antara lain: putih, kuning, coklat, abu-abu hingga hitam, zonasi antara hijau, dan coklat. Selain itu, koloni fungi URT 1 memiliki diameter 9 cm. Hal ini menunjukkan pertumbuhan isolat URT 1 tergolong cepat karena memiliki diameter lebih dari 5 cm dalam waktu 7 hari setelah inokulasi. Menurut Samson *et al* (2007), divisi Ascomycota tergolong memiliki pertumbuhan yang cepat dengan panjang diameter lebih dari 5 cm dalam waktu 14 hari setelah inokulasi.



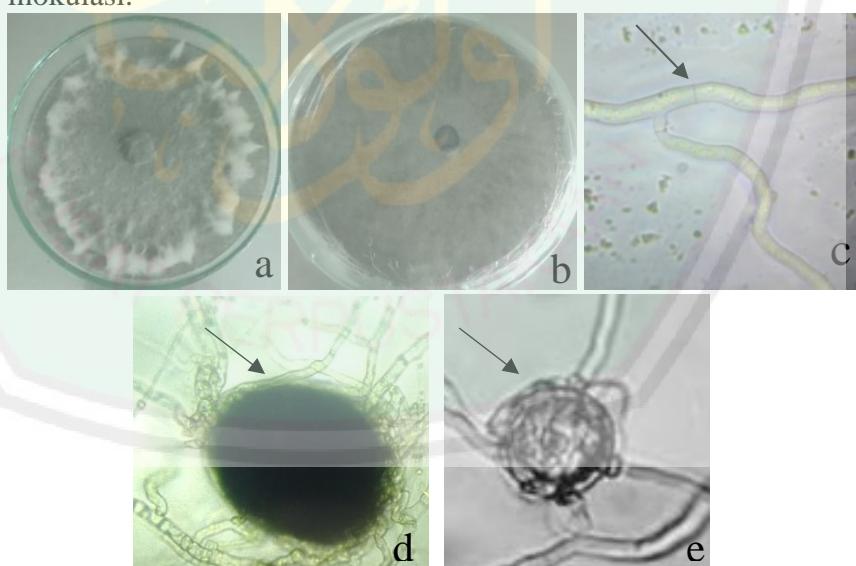
Gambar 4.1 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki berdasarkan pengamatan
 a) Permukaan koloni isolat URT 1, b) Permukaan koloni belakang koloni isolat URT 1, c) septum hifa yang ditunjukkan dengan tanda panah (perbesaran total 1000 X), d) Konidia (perbesaran total 1000 X), e) *anamorph* (perbesaran total 400 X), f) Konidiofor (Kidd *et al.*, 2016).

Hasil pengamatan mikroskopis pada perbesaran total 1000X (Gambar 4.1 c) menunjukkan bahwa terdapat hifa bersekat dengan diameter 25-30 μm . Hifa isolat URT 1 memiliki cabang dan berwarna hijau. Divisi Ascomycota memiliki salah satu ciri utama, yaitu: memiliki septum (sekat) pada hifa (Watanabe, 2002; Campbell *et al.*, 2013; Kidd *et al.*, 2016). Perbesaran total 400X (Gambar 4.1 d)

menunjukkan konidiofor sebagai alat reproduksi aseksual (*anamorf*). Kidd *et al.* (2016) fungi divisi Ascomycota memiliki bentuk kepala konidia yang padat dan batang dari konidiofor tipis. Gambar 4.1e menunjukkan adanya konidia berbentuk bulat dengan warna hijau dengan ukuran diameter 10-14 μm . Menurut Kidd *et al.* (2016), konidia pada divisi Ascomycota memiliki bentuk *globose* (bundar).

4.1.2 Isolat Fungi URT 2

Pengamatan makroskopis fungi endofit URT 2 yang berumur 5 hari setelah inokulasi. Isolat URT 2 memiliki bentuk koloni berserabut, permukaan miselium seperti beludru, dan terdapat juga hifa aerial. Hasil menurut Kidd *et al.*, (2016) divisi Ascomycota memiliki tekstur koloni *floccose* (berserabut). Warna isolat URT 2 bagian atas hitam keabuan dan bagian belakang hitam gelap. Menurut Kidd *et al.*, (2016), isolat fungi divisi Ascomycota memiliki warna yang beragam antara lain putih, kuning, coklat, abu-abu hingga hitam, zonasi antara hijau, dan coklat. Koloni fungi isolat URT 2 memiliki diameter 9 cm. Pertumbuhan isolat URT 2 tergolong cepat karena memiliki panjang diameter lebih dari 5 cm dalam waktu 7 hari setelah inokulasi. Menurut Samson *et al* (2007), divisi Ascomycota tergolong memiliki pertumbuhan yang cepat dengan panjang diameter lebih dari 5 cm dalam waktu 14 hari setelah inokulasi.

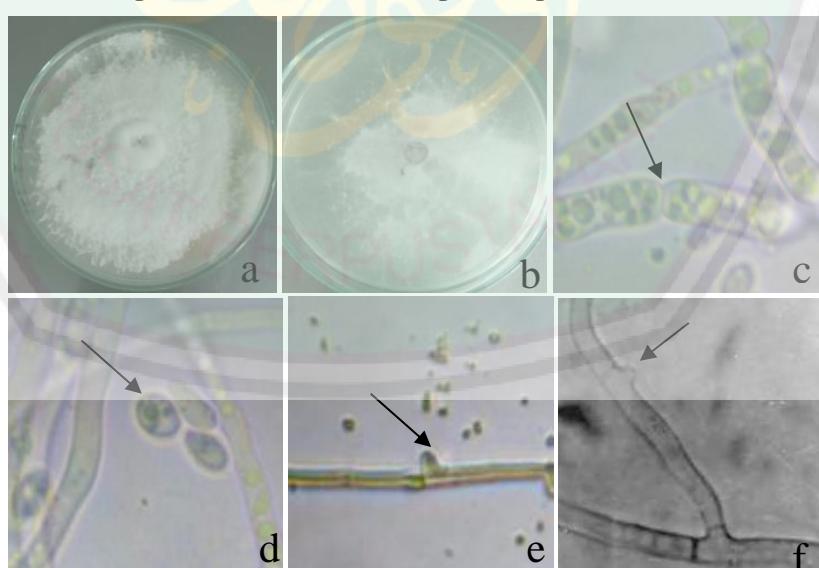


Gambar 4.2 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki berdasarkan pengamatan
 a) Permukaan koloni isolat URT 2, b) Permukaan koloni belakang koloni isolat URT 2, c) septum hifa yang ditunjukkan dengan tanda panah (perbesaran total 1000 X), d) Teleomorf (perbesaran total 400 X), e) Teleomorf (Watanabe, 2002).

Hasil pengamatan mikroskopis pada perbesaran total 1000X (Gambar 4.2c) menunjukkan terdapat hifa bersekat (ditunjukkan tanda panah) dengan diameter 18-20 μm . Hifa isolat ini juga memiliki cabang dan berwarna hijau. Divisi Ascomycota memiliki salah satu ciri utama, yaitu: memiliki septum (sekat) pada hifa (Watanabe, 2002; Campbell *et al.*, 2013; Kidd *et al.*, 2016). Bentukan teleomorf yang memiliki ukuran diameter 203-325 μm (Gambar 4.1d). Organ teleomorf yang terlihat dapat diindikasikan bahwa isolat termasuk kedalam divisi Ascomycota (Gandjar *et al.*, 2006; Sedlář *et al.*, 2009; Pitt and Hocking, 2009).

4.1.3 Isolat Fungi URT 3

Pengamatan makroskopis fungi endofit URT 3 yang berumur 5 hari setelah inokulasi. Bentuk koloni tidak beraturan, permukaan miselium beludru. Hasil Divisi Basidiomycota memiliki tekstur koloni *velvety* (beludru) (de Beer *et al.*, 2006; de Hoog *et al.*, 2015). Warna Isolat URT 3 bagian atas putih susu dan bagian belakang putih. Menurut Kidd *et al.* (2016), divisi Basidiomycota memiliki warna yang beragam salah satunya adalah warna putih salju. Isolat URT 3 memiliki diameter koloni 7,7 cm. Menurut Campbell *et al.*, (2013), pertumbuhan fungi divisi Basidiomycota dapat ditunjukkan dengan tingkat pertumbuhan cepat dengan diameter lebih dari 20 mm dalam 1 minggu. Selain itu, warna koloni kelompok ini putih dan memiliki permukaan miselium seperti kapas.



Gambar 4.3 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki berdasarkan pengamatan
a) Permukaan koloni isolat URT 3 bagian atas, b) Permukaan koloni belakang koloni isolat URT 3, c) septum pada hifa ditunjukkan dengan tanda panah (perbesaran total 1000X), d) konidia (perbesaran total

1000X), e) Hifa dengan apitan penghubung (perbesaran total 400X), f) hifa dengan apitan penghubung (Watanabe, 2002).

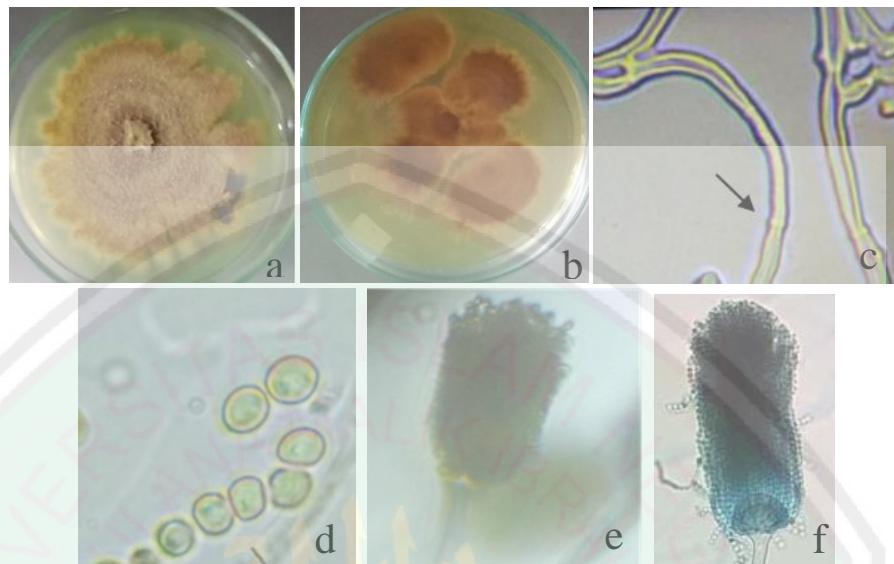
Hasil pengamatan mikroskopis pada perbesaran total 1000X (Gambar 4.3c) menunjukkan terdapat hifa bersekat (ditunjukkan tanda panah) dengan diameter 25-30 μm . Hifa isolat ini memiliki cabang dan berwarna hijau. Gambar 4.3e menunjukkan apitan penghubung yang ada pada hifa (ditunjukkan tanda panah). Umumnya kelas Basidiomycetes memiliki hifa yang bersekat dan ciri khusus berupa apitan penghubung (Watanabe, 2002; Kidd *et al.*, 2016). Gambar 4.3d menunjukkan adanya bentukan konidia yang memiliki ukuran panjang 16-20 μm (ditunjukkan tanda panah). konidia ini berbentuk bulat dan berwarna hijau. Menurut Kidd (2016), fungi divisi basidiomycota memiliki konidia berbentuk bulat (*globose*).

4.1.4 Isolat Fungi URT 4

Pengamatan makroskopis fungi endofit URT 4 yang berumur 5 hari setelah inokulasi. Bentuk koloni tidak beraturan, permukaan miselium seperti tepung, dan terdapat juga bintik air pada permukaan atas. Hasil menurut Kidd *et al.* (2016), divisi Ascomycota memiliki tekstur koloni *floccose* hingga *powdery*. Warna koloni isolat fungi URT 4 bagian atas hijau dan coklat secara zonasi, bagian belakang koloni berwarna kuning. Menurut Kidd *et al.* (2016), isolat fungi divisi Ascomycota memiliki warna yang beragam, antara lain: putih, kuning, kuning dan coklat, abu-abu hingga hitam, zonasi hijau, dan coklat. Pertumbuhan isolat ini tergolong cepat karena memiliki diameter koloni fungi 7,4 cm. Divisi Ascomycota tergolong memiliki pertumbuhan yang cepat dengan panjang diameter lebih dari 5 cm dalam waktu 14 hari setelah inokulasi (Samson *et al.*, 2007; Kidd *et al.*, 2016).

Hasil pengamatan mikroskopis pada perbesaran total 1000X (Gambar 4.4c) menunjukkan terdapat hifa bersekat (ditunjukkan tanda panah) dengan diameter 5-10 μm . Hifa isolat URT 4 memiliki cabang dan berwarna hijau. Hifa isolat URT 4 berdiameter 5-10 μm . Divisi Ascomycota memiliki salah satu ciri utama, yaitu memiliki septum (sekat) pada hifa (Watanabe, 2002; Campbell *et al.*, 2013; Kidd *et al.*, 2016). Isolat URT 4 memiliki konidia yang berbentuk bulat dengan diameter 9-10 μm (Gambar 4.4d). Menurut Kidd *et al.* (2016), konidia pada divisi Ascomycota memiliki bentuk bundar (*globose*). URT 4 menunjukkan adanya anamorph atau

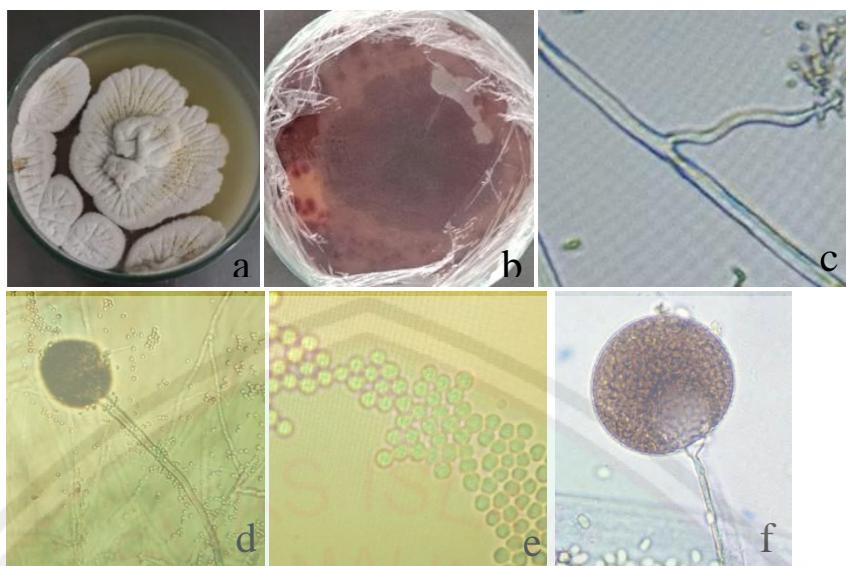
organ reproduksi aseksual berupa Konidiofor (Gambar 4.4e). Isolat URT 4 memiliki bentuk kepala konidia yang padat, selain itu batang dari konidiofor memiliki tekstur yang tipis (Kidd *et al.*, 2016).



Gambar 4.4 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki berdasarkan pengamatan
 a) Permukaan bagian depan koloni isolat URT 4, b) Permukaan koloni belakang koloni isolat URT 4, c) septum hifa yang ditunjukkan dengan tanda panah (perbesaran total 1000 X) d) konidia (perbesaran total 1000 X), d) konidiofor (perbesaran total 400 X), f) Konidiofor (Kidd *et al.*, 2016).

4.1.5 Isolat Fungi URT 5

Hasil gambar 4.5 a dan 4.5 b merupakan pengamatan makroskopis fungi endofit URT 5 yang berumur 5 hari setelah inokulasi. Bentuk koloni tidak beraturan, permukaan miselium halus, dan terdapat juga bintik air pada permukaan atas. Warna koloni bagian atas putih pucat dan bagian belakang koloni berwarna coklat. Menurut Kidd *et al.* (2016), fungi golongan divisi Zygomycota memiliki ciri-ciri koloni berwarna putih dengan tekstur koloni berbulu halus (*downy*). Isolat fungi URT 5 memiliki ukuran diameter 5,9 cm. Ukuran diameter yang dimiliki oleh isolat fungi URT 5 lebih kecil daripada isolat lainnya. Hal ini menunjukkan tingkat pertumbuhan fungi golongan ini lebih lambat daripada isolat fungi endofit rumput teki yang lainnya. Menurut Benny (2008), pertumbuhan fungi golongan Zygomycota cenderung lebih lambat daripada kelompok divisi lainnya.



Gambar 4.5 Morfologi fungi endofit rimpang rumput teki berdasarkan pengamatan a) Permukaan koloni isolat URT 5, b) Permukaan koloni belakang koloni isolat URT 5, c) hifa tidak memiliki septa (perbesaran 400X), d) Sporangia (*Anamorph*) (perbesaran 1000X), e) spora (perbesaran 1000X), f) Sporangia (Kidd *et al.*, 2016).

Hasil pengamatan mikroskopis pada perbesaran total 400 X (Gambar 4.5c) menunjukkan terdapat hifa tidak bersekat dengan diameter \pm 4-10 μm . Hifa isolat ini juga memiliki cabang dan berwarna hijau. Divisi fungi yang tidak memiliki sekat pada hifa adalah golongan divisi Zygomycota (Watanabe 2002; Campbell *et al.*, 2013; Kidd *et al.*, 2016). Gambar 4.2d menunjukkan *anamorph* atau organ reproduksi aseksual berupa sporangia. Fungi URT 5 memiliki sporangia berbentuk bulat dengan diameter 222-226 μm . sporangia ini menghasilkan spora yang berbentuk bulat dengan dimeter 4-10 μm . spora divisi Zygomycota berbentuk bulat dengan diameter 3-5 μm (Watanabe, 2002; Kidd *et al.*, 2016).

4.2 Kadar Fosfat terlarut yang dihasilkan Fungi Endofit

Uji fosfat terlarut pada fungi endofit yang berasal dari tumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) menunjukkan hasil yang positif. Keberadaan fosfat terlarut secara kualitatif dapat ditunjukkan melalui perubahan warna dari reagen yang dicampur kedalam isolat fungi endofit rumput teki (Tabel 4.2). Secara kualitatif dapat terlihat bahwa warna biru yang dihasilkan dari setiap isolat memiliki

kepekatan yang beragam. Isolat yang menghasilkan warna paling pekat adalah URT 4. Isolat URT 1 dan 2 menunjukkan warna biru tua. Sedangkan, pada URT 3 dan URT 5 menunjukkan warna biru muda (lampiran 4). Hal ini mengindikasikan tingkat konsentrasi fosfat yang dapat dilarutkan oleh fungi endofit. Menurut Pradhan (2013), hasil kepekatan warna biru dari reaksi biru molybdenum dapat menunjukkan tingkat konsentrasi fosfat terlarut yang dihasilkan sampel.

Tabel 4.2 Reaksi biru molibdenum dengan isolat fungi endofit rumput teki

Nama Isolat	Isolat 1	Isolat 2	Isolat 3	Isolat 4	Isolat 5	Kontrol negatif
Kepekatan Warna	++	++	+	+++	+	-
Hasil reaksi warna biru molibdenum						

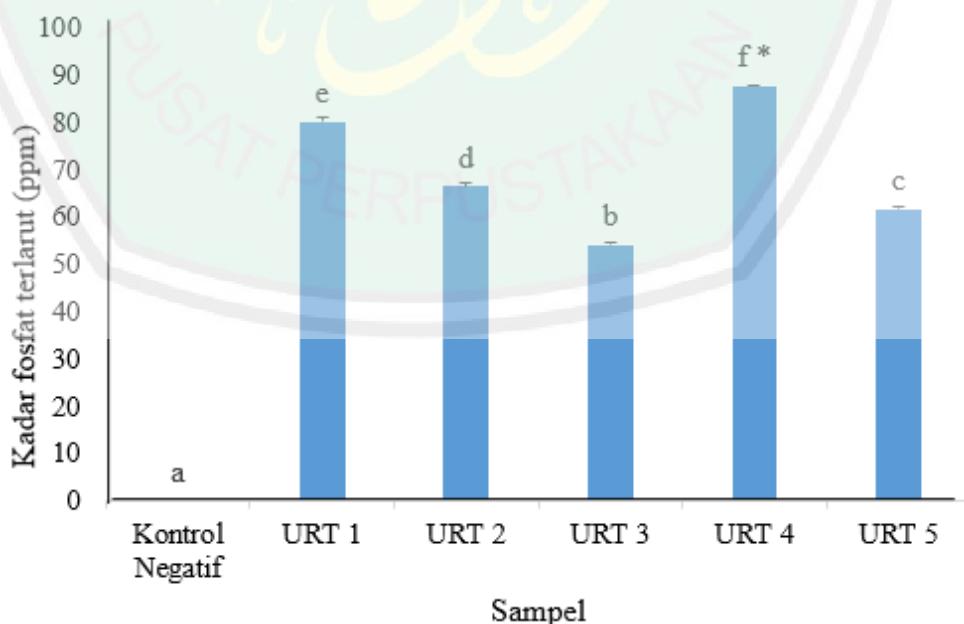
Keterangan : (-) kuning cerah
 (+) biru muda
 (++) biru tua
 (+++) biru pekat

Warna biru yang menunjukkan hasil positif dalam uji fosfat terlarut merupakan hasil reduksi asam heteropoly 12 molibdofosfat. Menurut Pradhan (2013), Asam fosfat (fosfat terlarut) akan berikatan dengan ammonium molibdat dan membentuk asam heteropoly. Kemudian asam heteropoly direduksi oleh hidrazin sulfat dan membentuk fosfomolibdenum dengan memberikan warna biru pada larutan. Indikator warna biru ini tidak berlaku untuk perlakuan kontrol negatif. Perlakuan kontrol negatif tidak mengandung fosfat terlarut sehingga reduksi asam heteropoly 12 molibdofosfat tidak terjadi. Kontrol negatif ditunjukkan dengan perubahan warna larutan menjadi kuning cerah.

Komposisi reagen yang digunakan menjadi parameter eksperimen yang beragam seperti konsentrasi ammonium molibdat, asam sulfat, hidrazin untuk stabilitas penentuan fosfat yang efektif (Pradhan and Pokhrel, 2013). Selain komposisi reagen. Waktu perubahan warna yang dibutuhkan setiap isolat saat

bereaksi dengan reagen biru molibdenum juga berbeda. Isolat URT 1, URT 2, dan URT 4 menunjukkan perubahan warna dalam waktu yang lebih cepat saat diberi reagen biru molibdenum. Isolat URT 3 dan URT 5 menunjukkan waktu yang relatif lebih lama untuk perubahan warna saat bereaksi dengan reagen biru molybdenum. Kecepatan reaksi biru molibdenum yang terjadi menunjukkan kemampuan setiap isolat fungi endofit berbeda dalam melarutkan fosfat. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Syamsia *et al.*, (2016), isolat fungi endofit menghasilkan jumlah serta jenis asam organik yang berbeda dalam menghasilkan fosfat terlarut, sehingga fosfat terlarut yang dihasilkan bervariasi.

Fungi endofit hasil isolasi dari rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat. Kadar fosfat terlarut yang dihasilkan bervariasi antara 54,03 - 87,83 ppm (Gambar 4.6). Kadar fosfat terlarut yang tertinggi dihasilkan oleh isolat URT 4, sedangkan kadar yang paling rendah dihasilkan oleh isolat URT 3 (lampiran 5). Hasil ini lebih tinggi dari penelitian Syamsia (2016), isolat fungi endofit padi aromatik enrekang yang memiliki kemampuan melarutkan fosfat antara 8,92-10,86 ppm. Namun, hasil ini tidak lebih tinggi dari penelitian Verma and Ekka (2015), Isolat fungi dari tanah sawah yang menanam padi mampu melarutkan fosfat 78,33- 218,33 ppm. Kadar optimal fosfat terlarut yang mampu diserap oleh tanaman adalah sekitar 0,3 – 0,5 % dari berat kering tanaman tersebut (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).



Gambar 4.6 Kadar fosfat terlarut fagi endofit rumput teki

Hasil analisa statistik menunjukkan bahwa setiap isolat dan kontrol negatif berbeda nyata ($P < 0.05$) (Lampiran 6). Jenis isolat yang menghasilkan kadar fosfat terlarut yang paling tinggi dibandingkan isolat lainnya adalah URT 4. Berdasarkan analisa karakter URT 4 termasuk kedalam divisi Ascomycota. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa kelompok fungi divisi Ascomycota memiliki kemampuan dalam menghasilkan fosfat terlarut yang lebih tinggi daripada jenis fungi lainnya (Mendes *et al.*, 2014).

Kemampuan fungi endofit menghasilkan fosfat terlarut disebabkan oleh proses secara kimiawi dan biologis. Menurut Ginting (2006) dalam Prastyowati (2008), Mekanisme pelarutan fosfat secara kimia, fungi endofit menghasilkan sejumlah asam organik dengan berat molekul rendah seperti oksalat, suksinat, tartat, laktat, sitrat, asetat, propionat dan formintat. Meningkatnya asam–asam organik akan diikuti dengan penurunan pH, perubahan pH berperan penting dalam peningkatan fosfat terlarut. Kadar fosfat terlarut yang berbeda pada setiap isolat dipengaruhi oleh adanya asam organik yang dihasilkan oleh fungi endofit. Asam organik yang dihasilkan oleh fungi endofit mampu mengikat kation-kation dari senyawa fosfat yang tidak terlarut seperti Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , dan Al^{3+} . Sehingga fosfat terlarut dapat lepas dari kation logam dan menjadi bentuk yang mudah diserap oleh tanaman.

Asam organik merupakan mekanisme utama fungi endofit pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat (Withelaw, 2000; Chen *et al.*, 2006; Sharma *et al.*, 2013). Setiap fungi menghasilkan jumlah asam organik yang berbeda dalam melepaskan fosfat terlarut (Ginting, 2006; Prasetyowati, 2008; Jumadi *et al.*, 2015; Syamsia *et al.*, 2016). Isolat fungi URT 1, URT2 dan URT 4 yang tergolong divisi Ascomycota menghasilkan kadar fosfat tinggi. Berdasarkan penelitian Li *et al.* (2015), fungi pada golongan divisi Ascomycota menghasilkan asam organik oksalat dalam media pikovskaya. Hal tersebut menunjukkan bahwa divisi Ascomycota mampu menghasilkan fosfat terlarut lebih tinggi dari divisi lainnya karena menghasilkan asam oksalat yang merupakan asam organik yang efektif melarutkan fosfat.

Asam organik juga memiliki kualitas yang berbeda dalam melarutkan fosfat. Asam organik memiliki kemampuan kuat sampai lemah dalam melarutkan fosfat. Asam suksinat dan asetat termasuk golongan yang kurang efektif dalam melarutkan

fosfat. Asam malat, tartarat, dan malonat termasuk keefektifan sedang dalam melarutkan fosfat. Asam sitrat dan oksalat termasuk sangat efektif dalam melarutkan fosfat (Khan *et al.*, 2009; Mahidi *et al.*, 2011; Walpola dan Yoon, 2012; Flatian *et al.*, 2018). Menurut Scervino *et al.* (2010), kualitas asam organik lebih utama dalam menghasilkan fosfat terlarut daripada jumlah asam organik yang dihasilkan dalam melarutkan fosfat.

Mekanisme secara biologi, fungi menghasilkan enzim fosfatase yang berperan dalam melarutkan fosfat. Menurut Lestari *et al.* (2015), pelarutan fosfat dapat pula dilakukan oleh fungi yang tidak menghasilkan asam organik atau enzim melalui mekanisme (i) pelepasan proton (ion H⁺) pada proses respirasi; (ii) asimilasi amonium (NH₄⁺); dan (iii) adanya kompetisi antara anion organik dengan ortofosfat pada permukaan koloid.

Kemampuan fungi endofit rumput teki dalam melarutkan fosfat pada media pikovskaya cair juga dipengaruhi oleh faktor kecepatan pertumbuhan dari setiap isolat yang berbeda – beda. Isolat fungi endofit URT 1, URT 2 dan URT 4 memiliki kadar produksi fosfat terlarut yang lebih tinggi dibandingkan dengan isolat fungi URT 5. Hal ini sebanding dengan diameter koloni fungi URT 1 (9 cm), URT 2 (9 cm), URT4 (7,4 cm), sedangkan isolat fungi URT 5 memiliki diameter yang lebih kecil yaitu 5,9 cm. Menurut Dewanti (2016), salah satu faktor yang mempengaruhi produksi fosfat terlarut pada fungi adalah kecepatan pertumbuhan fungi pelarut fosfat.

4.3 Kadar *Indole - 3 - Acetic Acid* yang dihasilkan Fungi Endofit

Lima isolat fungi endofit dari tumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) menunjukkan hasil yang positif dalam uji penghasil *Indole-3-Acetic Acid* (IAA). Hasil positif ditunjukkan dengan adanya perubahan warna larutan supernatan yang direaksikan dengan reagen *salkowski* menjadi kuning pekat hingga merah muda (lampiran 9). Menurut Lestari *et al.*, (2015), konsentrasi IAA yang terbentuk ditandai dengan perubahan warna larutan supernatan yang direaksikan dengan reagen *salkowski* menjadi kuning hingga merah muda sebagai indikasi reaksi indol oleh larutan *Salkowski*. Berdasarkan warna yang terlihat karena reaksi antara Fe dan IAA adalah merah muda (Glickmann dan Dessaux 1995; Dewi *et al.*, 2015).

Sedangkan hasil pada kontrol negatif menunjukkan hasil yang negatif saat campuran antara larutan supernatan media dan reagen *salkowski* tidak menunjukkan perubahan yaitu tetap berwarna kuning cerah seperti warna media PDB sebelum diinokulasi fungi (Tabel 4.4). Hal ini dikarenakan L-triptofan dalam media PDB tidak diubah menjadi IAA sehingga tidak tercapai reaksi indol oleh reagen *salkowski* (Lestari *et al.*, 2015).

Tabel 4.3 Reaksi reagen *salkowski* dengan isolat fungi endofit rumput teki

Nama Isolat	Isolat 1	Isolat 2	Isolat 3	Isolat 4	Isolat 5	Kontrol negatif
Kepekatan Warna	+++	+	++	++	++	-
Hasil reaksi reagen <i>salkowski</i>						

Keterangan : (-) kuning cerah
 (+) kuning pekat
 (++) merah muda
 (+++) merah pekat

Semakin tinggi kepekatan warna yang ditunjukkan, maka semakin tinggi produksi IAA yang dihasilkan (Kamnev *et al.*, 2001; Rahman *et al.*, 2010; A'ini, 2013; Dewi *et al.*, 2015). Berdasarkan warna larutan yang terbentuk menunjukkan kadar IAA secara kualitatif yang tertinggi ada pada isolat URT 1 (Tabel 4.4). Isolat URT 3, URT 4, dan URT 5 menunjukkan perubahan warna merah muda yang berarti kadar produksi IAA sedang dan pada URT 2 warna hasil reaksi adalah kuning yang menunjukkan kadar produksi IAA rendah. Konsentrasi L – triptofan bisa menjadi salah satu faktor penentu kadar optimal IAA yang dihasilkan. Kadar optimal dapat ditentukan dengan kepekatan warna yang dihasilkan tiap isolat. Konsentrasi L-triptofan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 ppm. Isolat URT 1 diperkirakan memiliki konsentrasi L-triptofan yang optimal dalam menghasilkan IAA yang tinggi dibandingkan dengan isolat fungi endofit rumput teki lainnya. Menurut Numponsak (2018), fungi mampu menghasilkan IAA yang

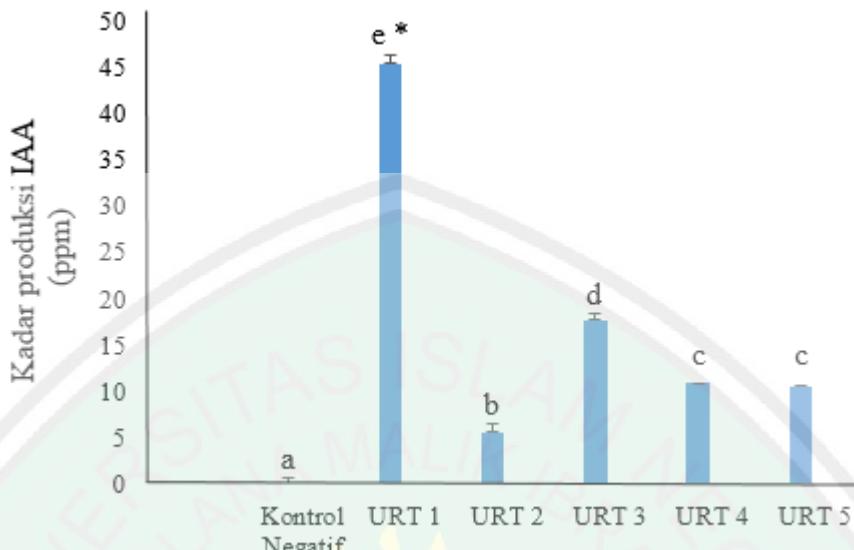
tinggi pada saat konsentrasi L-triptofan yang diberikan optimal. Sedangkan kadar L-triptofan yang terlalu tinggi akan menyebabkan penurunan kadar dari produksi IAA.

Kepekatan warna yang dihasilkan melalui reaksi antara sampel dan reagen *salkowski* juga dapat dipengaruhi oleh titik stationer pertumbuhan dari isolat fungi. Menurut Isil *et al.* (2008), fungi menghasilkan metabolit sekunder berupa IAA (*Indole-3-Acetic Acid*). Senyawa IAA yang dihasilkan oleh fungi mencapai kadar maksimal pada fase stationer pertumbuhan.

Fungi endofit hasil isolasi dari rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) memiliki kemampuan dalam menghasilkan IAA. Kadar IAA yang dihasilkan bervariasi antara 5,58- 45,50 ppm (lampiran 10). Kadar IAA tertinggi dihasilkan oleh isolat URT 1, sedangkan kadar yang paling rendah dihasilkan oleh isolat URT 2 (Gambar 4.7). Fungi rimpang rumput teki ini memiliki kadar penghasil IAA yang lebih tinggi dibandingkan penelitian Abri (2015), IAA yang dihasilkan dari isolasi cendawan tanaman padi aromatik Tanatoraja sebesar 0,556 - 2.190 mg/L. Hasil ini juga lebih tinggi daripada penelitian Mehmood (2018), yang menyatakan hasil produksi IAA spesies *Fusarium oxysporum*, yaitu sebesar 10.5 ± 1.6 to 12.5 ± 1.8 mg/L.

Kandungan-kandungan enzim yang berguna dalam konversi triptofan menjadi IAA. Enzim tersebut, seperti: triptofan monoooksigenase, IAM hydrolase, serta indol- piruvat dekarboksilasi (Kresnawaty *et al.*, 2008). Fungi endofit rumput teki mampu menghasilkan IAA karena ada prekursor berupa Triptofan. Sebagian besar spesies menggunakan triptofan untuk menghasilkan IAA, terutama melalui jalur asam *indole-3-piruvat* dan jalur *tryptamine* (Tudzynski dan Sharon, 2002; Abri *et al.*, 2015). Enzim untuk mengkonversi IAA yang dimiliki oleh fungi endofit dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: pH, suhu dan fase stationer pertumbuhan fungi. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu ruangan sekitar 25° - 30°C. Isolat fungi URT 1 menunjukkan kadar produksi IAA yang lebih tinggi pada suhu ruangan dibandingkan dengan isolat fungi lainnya. Menurut Bilkay (2010), kadar produksi IAA dapat dihasilkan secara optimal pada suhu antara 25° - 30°C. Menurut Numponsank *et al.* (2018), setiap fungi memiliki suhu optimal dalam memproduksi IAA misalnya fungi golongan genus *Colletotrichum* memiliki

suhu optimal 30°C. Suhu tersebut merupakan suhu optimal untuk enzim dalam fungi bekerja secara maksimal.



Keterangan: menunjukkan kadar tertinggi (*)
Gambar 4.7 Kadar produksi IAA fungi endofit rumput teki

Kadar produksi IAA dari fungi endofit rimpang rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) perlu diketahui perbedaan antar isolat dengan analisis statistika. Hasil analisa statistik menunjukkan bahwa setiap isolat dan kontrol negatif kecuali URT 4 dan URT 5 berbeda nyata ($P < 0.05$). Sedangkan isolat fungi URT 4 dan URT 5 menunjukkan tidak berbeda nyata ($P > 0.05$) dan diberi notasi yang sama (lampiran 11). Isolat fungi endofit rumput teki yang menghasilkan IAA dengan kadar tertinggi adalah URT 1. Isolat fungi URT 1 menunjukkan produksi IAA yang tinggi karena pertumbuhan yang optimal. Menurut Kumla *et al.* (2014), produksi IAA oleh fungi berkaitan dengan fase pertumbuhan fungi. fungi mampu menghasilkan kadar IAA tertinggi ketika fungi diinokulasi pada fase stationer.

Fungi endofit dari rimpang rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) mampu menghasilkan IAA secara alami melalui proses metabolisme. Berdasarkan hasil kedua uji yaitu terkait penghasil fosfat terlarut dan IAA, fungi URT 1 memiliki kadar yang tinggi pada kedua uji. Isolat URT 1 menghasilkan kadar fosfat terlarut sebesar 80,37 ppm dan menghasilkan kadar IAA sebesar 45,50 ppm. Hal ini sesuai dengan penelitian Zega *et al.* (2018), yang mengisolasi bakteri endofit rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). Isolat bakteri tersebut mampu menghasilkan kadar pelarut

fosfat yang tinggi (6,27 PSI) dan juga akan memproduksi IAA dengan kadar yang tinggi (49,91 ppm). Isolat bakteri yang menghasilkan kadar produksi IAA dan fosfat terlarut tinggi dapat dijadikan sebagai kandidat biofertilizer.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Hasil identifikasi fungi endofit dari rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) berdasarkan karakter secara makroskopis dan mikroskopis bahwa URT 1, URT 2 dan URT 4 termasuk ke dalam divisi Ascomycota. Sedangkan URT 3 termasuk kedalam divisi Basidiomycota dan URT 5 termasuk kedalam divisi Zygomycota.
2. Fungi endofit dari rimpang rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) memiliki kemampuan melarutkan fosfat. Kadar fosfat tertinggi dihasilkan oleh isolat URT 4 (87,83 ppm). Sedangkan terendah dihasilkan oleh isolat URT 3 (54,30 ppm).
3. Fungi endofit dari rimpang rumput teki (*Cyperus rotundus L.*) memiliki kemampuan menghasilkan IAA. Kadar IAA tertinggi dihasilkan oleh isolat URT 1 (45,50 ppm), sedangkan terendah dihasilkan oleh isolat URT 2 (5,58 ppm).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat dikemukakan beberapa saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian berikutnya, antara lain:

1. Analisa karakter secara molekuler diperlukan untuk mengetahui tingkat spesies dari fungi endofit rumput teki yang berpotensi sebagai pelarut fosfat dan penghasil IAA.
2. Eksplorasi fungi endofit dari rumput teki juga perlu dilakukan dengan mengisolasi organ lainnya untuk mengetahui kemampuan dalam pelarut fosfat dan produksi IAA.

DAFTAR PUSTAKA

- A'ini, Zakiah Fitah. 2013. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Penghasil Iaa (*Indole-3-Acid*) Dari Tanah Dan Air Di Situgunung, Sukabumi. *Faktor Exacta* 6(3): 231-240.
- Abri, Tutik Kuswinanti, Enny Lisan Sengin, Rinaldi Sjahrir. 2015. **Isolasi Cendawan Rhizozfer Penghasil Hormon Indol Acetic Acid (IAA) Pada Padi Aromatik Tanatoraja.** Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi Kesehatan dan Lingkungan. ISBN978-602-72245-0-6.
- Ahmad F, Ahmad I, Khan MS. 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiology Research* 163: 173-181.
- Akbari, G.A., S.M. Arab, H. A. Alikhani, I. Allahdadi and M.H. Arzanesh. 2007. Isolation and Selection of Indigenous *Azospirillum* spp. And the IAA of Superior Strains Effects on Wheat Roots. *World Journal of Agricultural Sciences.* 3(4): 523-529.
- Akhtar, M.S., Oki, Y., Adachi, T. 2008. Genetic vari-ability in phosphorus acquisition and utiliza-tion efficiency from sparingly soluble P-sources by Brassica cultivars under P-stress environ-ment. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 194(5): 380-392.
- Al – Najjar, Zaglul. 2011. **Sains dalam Hadis: Mengungkap Fakta Ilmiah dari Kemukjizatan Nabi.** Jakarta: Amzah.
- Alori, E., Fawole, O., and Afolayan, A. 2012. Characterization of arbuscular mycorrhizal spores isolated from Southern Guinea Savanna of Nigeria. *J. Agric.Sci.* 4, 13–19. doi: 10.5539/jas.v4n7p13.
- Aly, A.H., Debbab, A., Kjer, J., and Proksch, P. 2010. Fungal endophytes from higher plants: a prolific source of phytochemicals and other bioactive natural products. *Fungal Divers.* 41, 1–16.
- Amaizah, N.R., D. Cakmak, E. Saljnikov, G. Roglic, N. Kokovic, D. Manojlovic. 2013. Effect of waste Al-phosphate on soil and plant. *Plant Soil Environ.* Vol. 59, 2013, No. 3: 130–135.
- Arif, Adiba. 2015. Pengaruh Bahan Kimia Terhadap Penggunaan Pestisida Lingkungan. *JF FIK UINAM.* Vol.3 No.4.
- Arnold, A.E. 2005. **Diversity and ecology of fungal endophytes in tropical forests. In Current Trends in Mycological Research,** D. Deshmukh, ed. (New Delhi, India: Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.), pp. 49–68.

- Arnold, A.E. 2007. Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: progress, challenges, and frontiers. *Fungal Biol. Rev.* 21: 51–66.
- Arnold, A.E. 2008. **Endophytic fungi: hidden components of tropical community ecology.** In **Tropical Forest Community Ecology**, W.P. Carson and S.A. Schnitzer, eds. (West Sussex, UK: Wiley-Blackwell), pp. 254–271.
- Arnold, A.E., Mejí'a, L.C., Kyllo, D., Rojas, E.I., Maynard, Z., Robbins, N., and Herre, E.A. 2003. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100, 15649–15654.
- Assuero, S.G., Mollier, A., Pellerin, S. 2004. The de-crease in growth of phosphorus-deficient maize leaves is related to a lower cell production. *Plant, Cell and Environment* 27: 887-895.
- Athesh K, Divakar M, Brindha P. 2014. Anti-Obesity Potential Of *Cyperus rotundus* L. Aqueous Tuber Extract In Rats Fed On High Fat Cafeteria Diet. *Asian J Pharm Clin Res.* 7(2): 88-92.
- Axelstad M, Boberg J, Nelleman C, Kiersgaard, Jacobsen PR, Christiansen S. 2011. Exposure to the widely used fungicide mancozeb causes thyroid hormone disruption in rat dams but no behavioral effects in the offspring. *Toxicological sciences.* 120(2):439-446.
- Babalola, O. O., and Glick, B. R. 2012. Indigenous African agriculture and plant associated microbes: current practice and future transgenic prospects. *Sci. Res. Essays.* 7: 2431–2439.
- Balemi, T. and Negisho, K. 2012. management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*,12(3) 547-561.
- Baloch, Abdul Hameed, Haneef ur Rehman, Zakir Ibrahim, Mohammad Aslam Buzdar and Saeed Ahmad. 2015. The Biology of Balochistani Weed: *Cyperus rotundus* Linnaeus. A Review. *Pure Appl. Biol.*, 4(2): 171-180.
- Barreto, TR; da Silva, ACM; Soares, ACF; de Souza, JT. 2008. Population densities and genetic diversity of actinomycetes associated to the rhizosphere of *Theobroma cacao*. *Braz J Microbiol.*, 39, 464-470.
- Bartel B. 1997. Auxin biosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.* 48: 51-66.
- Bayman P. 2007. Fungal endophytes. Kubicek CP dan Druzhinina IS, editor. **Environmental and microbial relationship 2nd edition.** Berlin (DE): Springer.

- Benelli, G. and Mehlhorn, H. 2016. Declining malaria, rising of dengue and Zika virus: insights for mosquito vector control. *Parasitology Research.* 115: 1747-1754.
- Benny, Gerald L. 2008. "Methods Used by Dr. R. K. Benjamin, and Other Mycologists, to Isolate Zygomycetes," Also: *A Journal of Systematic and Evolutionary Botany.* 26(1).
- Bhagobaty R.K. and S.R. Joshi. 2009. Promotion of seed germination of Green gram and Chickpea by *Penicillium verruculosum* RS7PF, a root endophytic fungus of *Potentilla fulgens* L. *Advanced Biotech.*
- Bialek K, L Michalczuk, and JD Cohen. 1992. Auxin biosynthesis during seed germination in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiology* 100, 509-517.
- Bilkay, Işıl Seyis, Şafak Karakoç, Nilüfer Aksöz. 2010. Indole-3-acetic acid and gibberellic acid production in *Aspergillus niger*. *Turk J Biol.* 34:313-318.
- Bolero L, Perrig D, Masciarelli O, Penna C, Cassan F, Luna V. 2007. Phytohormone production by three strains of *Bradyrhizobium japonicum* and possible physiological and technological implications. *Appl Microbiol Biotechnol* 74: 874-880.
- Bouchard MF, Chevrier J Harley KG, Kogut K, Vedar M, Calderon N. 2011. Prenatal exposure to organophosphate pesticides and IQ in 7-year-old children. *Environ Health Perspect.* 119: 1189-1195.
- Brosnan JT and DeFrank J. 2008. **Purple Nutsedge Control in Turf and Ornamentals.** Landscape (revised) Jan Cooperative Extension Service/CTAHR, University of Hawaii at Mānoa, Honolulu, Hawaii.
- Campbell, Colin K., Elizabeth M. Johnson, and David W. Warnock. 2013. **Identification of Pathogenic Fungi, Second Edition.** Blackwell Publishing.
- Campos, G. S., Bandeira, A. C. and Sardi, S. I. 2015. Zika virus outbreak, Bahia, Brazil. *Emerging Infectious Diseases.* 21:1885-1886.
- Chiera, J., Thomas, J., Rufty, T. 2002. Leaf initiation and development in soybean under phosphorus stress. *Journal of Experimental Botany.* 53:473-481.
- Chithran A, Ramesh Babu T, Himaja N. 2012. Comparative study on anti-inflammatory activity of *Cyperus rotundus* (L.) using different solvent system in carragenan induced paw edema in albino wistar rats. *Int J Phytoparmacol.* 3:130-4.

- Cordell D, Drangert J-O, White S. 2009. The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global Environmental Change*. 19:292 – 305.
- Cordell, D., Rosemarin, A., Schröder, J.J., and Smit, A.L. 2011. Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere*. 84:747-758.
- Das, Bhaskar, Dilipkumar Pal, Arindam Haldar. 2015. A Review On *Cyperus rotundus* As A Tremendous Source Of Pharmacologically Active Herbal Medicine. *International Journal of Green Pharmacy*. 9 (4).
- Daswani PG, Brijesh S, Tetali P, Birdi TJ. 2011. Studies on the activity of *Cyperus rotundus* Linn. tubers against infectious diarrhea. *Indian J Pharmacol*. 43:340-4.
- Database of Weed Species in Crops and Countries, by Food and Agriculture Organisation of UN. <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematicsitemap/theme/biodiversity/weeds/listweeds/cyp-rot/en/>.
- Dayan FE, Cantrell CL and Duke SO. 2009. Natural products in crop protection. *BioorgMed Chem* 17:4022–4034.
- de Bary, A. 1866. **Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten, und Myxomyceten**. Hofmeister's Handbook of Physiological Botany, Volume II (Leipzig, Germany: Engelmann).
- de Beer, Z.W., D. Begerow, R. Bauer et al. 2006. Phylogeny of the Quambalariacea fam. nov., including important Eucalyptus pathogens in South Africa and Australia. *Stud. Mycol.* 55: 289-298.
- de Hoog, G.S. and M.T. Smith. 2011. Geotrichum Link: Fries (1832), p 1279-1286 In Kurtzman CP, Fell JW, Boekhout T (ed), **The fungi: a taxonomic study**. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.
- De Jong M, Mariani C, Vriezen WH. 2009. The role of auxin and gibberellin in tomato fruit set. *Journal of Experimental Botany* 60,1523–1532.
- Deacon, J.W. 2006. **Fungal Biologi 4th Edition**. Australia : Blackwell Publishing.
- Dewanti, Ajeng Widakusuma, Etty Pratiwi, Yulia Nuraini. 2016. Viabilitas Dan Aktivitas Enzim Fosfatase serta Produksi Asam Organik Bakteri Pelarut Fosfat pada Beberapa Suhu Simpan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* Vol 3 No 1 : 311-318.

- Dewi, Tirta Kumala, Ela Sekar Arum, Hartati Imamuddin, Sarjiya Antonius. 2015. **Karakterisasi Mikroba Perakaran (PGPR) Agen Penting Pendukung.** PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON. Volume 1. Nomor 2.
- Donati, A.J., Lee, H.I., Leveau, J.H., Chang, W.S., 2013. Effects of indole-3-acetic acid on the transcriptional activities and stress tolerance of *Bradyrhizobium japonicum*. *PLoS One*. 8: e76559.
- Eaton, C.J., Cox, M.P., Ambrose, B., Becker, M., Hesse, U., Schardl, C.L., and Scott, B. 2010. Disruption of signaling in a fungal-grass symbiosis leads to pathogenesis. *Plant Physiol.* 153, 1780–1794.
- Eaton, C.J., Cox, M.P., and Scott, B. 2011. What triggers grass endophytes to switch from mutualism to pathogenism?. *Plant Sci.* 180: 190–195.
- Ebtan S, Ringga, Arifin Noor Sugiharto, Eko Widaryanto. 2014. Ketahanan Beberapa Varietas Jagung Manis (*Zea mays Saccharata Sturt*) Terhadap Populasi Gulma Teki (*Cyperus rotundus*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(6).
- Ellis M, Nagpal P, Young JC, Hagen G, Guilfoyle TJ, Reed JW. 2005. Auxin response factor1 and auxin response factor 2 regulate senescence and floral organ abscission in *Arabidopsis thaliana*. *Development*. 132: 4563–4574.
- Emawati Emma, Nesti Septi Yani, Idar. 2017. Analisis Kandungan Fosfor (P) Dalam Dua Varietas Kubis (*Brassica oleracea*) di Daerah Lembang Bandung. *IJPST*. 1(1).
- FAO. 2018. <http://faostat.fao.org>. Fertilizer consumption by country. FAO, Rome, Italy.
- Felten J, Martin F, Legue V. 2012. Signalling in ectomycorrhizal symbiosis. *Signaling and Communication in Plants* 11.
- Flatian, Anggi Nico , Sudono Slamet, Ania Citraresmini. 2018. Pelarutan Tiga Jenis Fosfat Alam oleh Fungi Pelarut Fosfat. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 42(2).
- Fu J, Wang S. 2011. Insights into auxin signaling in plant–pathogen interactions. *Frontiers in Plant Science* 2, 74.
- Gandjar, I., dan R.A. Sjamsuridzal, W., dan Oetari, A. 2006. **Mikologi dasar dan terapan.** Jakarta. Yayasan Obor Indonesia.
- Ghosh, Pallab K., Pradipta S., Shanmugam M., Tushar K. M. 2013. Role of IAA Metabolizing Enzymes on Production of IAA in Root, Nodule of Cajanus cajan and Its PGP Rhizobium sp. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2: 234-239.

- Ginting, R.C., Badia, R. Saraswati dan E.F. Husen. 2006. **Mikroorganisme Pelarut Fosfat. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati.** Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. 144-146.
- Glickmann E, Dessaix Y. 1995. A critical examination of the specificity of the salkowski reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria. *Appl Environ Microbiol.* 61 (2): 793.
- Global Invasive Species Database. 2019. Species profile: *Cyperus rotundus*. Downloaded from <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1448> on 30-01-2019.
- Gravel, Vale'rie, Hani Antoun, Russell J. Tweddell. 2007. Effect of indole-acetic acid (IAA) on the development of symptoms caused by *Pythium ultimum* on tomato plants. *Eur J Plant Pathol.* 119:457–462.
- Grossmann K. 2010. Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science* 66, 113–122.
- Gusnawaty HS., Muhammad T., Leni T., dan Asniah. 2014. Karakterisasi Morfologi *Trichoderma* spp. Indigenus Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos.* Vol 4(2) Hal : 87-93.
- Gutierrez ,C.K., Matsuy, G.Y., Lincoln, D.E., Lovel, C.R., 2009. Production of the phytohormone indole-3 acetic acid by the estuarine species of the genus *Vibrio*. *Appl. Environ. Microbiol.* 75: 2253-2258.
- Hafsari, Anggita Rahmi dan Asterina, Isma. 2013. Isolasi Dan Identifikasi Kapang Endofit Dari Tanaman Obat Surian (*Toona sinensis*). *Edisi Agustus 2013.* 7(2).
- Hakim SS, Budi SW, Turjaman M. 2014. Sterilisasi permukaan untuk mengisolasi fungi endofit akar pada meranti tembaga (*Shorea leprosula* Miq.) di hutan penelitian Dramaga. *Jurnal Silvikultur Tropika.* 5(1): 56-61.
- Hall, D.W., Vandiver, V.V. and Ferrell, J.A. 2009. **Purple Nutsedge, *Cyperus rotundus* L.** Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Available at:<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FW/FW01500.pdf>.
- Hanane, H; Brahim, B; Mohamed, H; Ahmed , L; Marie JV; Yedir, O. 2008. Screening for rock phosphate solubilizing Actinomycetes from Moroccan phosphate mines. *Agric Ecosys Environ.* 38: 12-19.
- Harmita. 2004. **Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya.** Departemen Farmasi FMIPA-UI.

- Hasanudin. 2006. Pengaruh inokulasi mikroba pelarut fosfat dan batuan fosfat terhadap perbaikan fosfor tersedia tanah, serapan fosfor dan hasil jagung pada ultisol Bengkulu. *JIPI*. 8(2):85-90.
- Hastuti, Utami Sri. 2004. **Penuntun Praktikum Mikologi**. Malang: UMM Press.
- Hasyati, Nur Sabrina, Agung Supriadi, Budi Raharjo, Kristiani Dwiatmi.2017. Isolasi Dan Karakterisasi Kapang Endofit Dari Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban). *Jurnal Biologi*. 6(2).
- Hu F, Wang D, Zhao X, Zhang T, Sun H, et al. (2011) Identification of rhizome-specific genes by genome-wide differential expression analysis in *Oryza longistaminata*. *BMC Plant Biol* 11: 18–31.
- Husnain, Dedi Nursyamsi, dan Joko Purnomo.2015. Penggunaan Bahan Agrokimia dan Dampaknya terhadap Pertanian Ramah Lingkungan. <https://www.researchgate.net/publication/291974407>.
- Husnain, Nursyamsi D, Purnomo J. 2014. **Penggunaan bahan agrokimia dan dampaknya terhadap pertanian ramah lingkungan**. h. 7-46. Dalam: Husnain et al. (eds.). Buku Pengelolaan Lahan pada Berbagai Ekosistem Mendukung Pertanian Ramah Lingkungan. Balai Penelitian Tanah BBLSDL-PKementerian Pertanian, Bogor.
- Ibrahim, Ahmad Syawqi. 2010. **Ensiklopedia Mukjizat Ilmiah Hadits Nabi, RahasiaTumbuhan dan Manfaatnya**. Bandung: Zigma .
- Idris EE, DJ Iglesias, M Talon, and R Borri. 2007. Tryptophan- dependent production of indole-3-acetic acid (IAA) affects level of plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *Molecular Plant-Microbe Interaction*. 20: 619-626.
- Imam Jalaluddin Al-Mahalli dan Imam Jalaluddin As-Suyuthi. 2000. **Tafsir Jalalain**. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Ismail, Muhammad Hamayun, Aqib Sayyed, Islam Ud Din, Humaira Gul, Anwar Hussain. 2016. Gibberellin and indole acetic acid production capacity of endophytic fungi isolated from *Zea Mays* L. *Int. J. Biosci*. 8(3): 35-43.
- Isroi. 2008. Uji Mikroba Pelarut Fosfat 1. http://isroi.com/2008/03/13/uji_mikrobapalarutfosfat-1/.
- Jabran K, Cheema ZA, Farooq M and Khaliq A., 2007. Evaluation of fertigation and foliar application of some fertilizers alone and in combination with allelopathic water extracts in wheat. *Proc International Workshop on Allelopathy – Current Trends and Future Applications*, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, pp. 30.

- Jahan N, Rahaman KR, Ali S. Cardioprotective and antilipidemic potential of *Cyperus rotundus* in chemically induced cardiotoxicity. *Int J Agric Biol* 2012; 14:989-92.
- Joner EJ, Aarle IM, Vosatka M. 2000. Phosphatase activity of extraradical arbuscular mycorrhiza hyphae. *Plant Soil*. 226:199-210.
- Jorquera, M. A., Crowley, D. E., Marschner, P., Greiner, R., Fernandez, M. T., Romero, D., et al. 2011. Identification of β -propeller phytase-encoding genes in culturable *Paeni bacillus* and *Bacillus* sp. from the rhizosphere of pastureplants on volcanic soils. *FEMS Microbiol. Ecol.* 75, 163–172. doi: 10.1111/j.1574-6941.2010.00995.x.
- Jumadi, Oslan, Liawati dan Hartono. 2015. Produksi Zat Pengatur Tumbuh Iaa (*Indole Acetic Acid*) Dan Kemampuan Pelarutan Posfat Pada Isolat Bakteri Penambat Nitrogen Asal Kabupaten Takalar. *Jurnal Bionature*. 16(1).
- Kakarla L, Allu PR, Rama C, Botlagunta M. A review on biological and chemical properties of *Cyperus* species. *RJPBCS* 2014. 5:1142-55.
- Kamnev AA, Shchelockov AG, Pertfiliev YD, Tarantilis PA, and Polissiou MG. 2001. *J. Mol. Struct.*, 563 – 564,565 – 572.
- Karamchand, K.S., K. R. Sridhar, and R.Bhat. 2009. Diversity of Fungi Associated With Estuarine Sedge *Cyperus malaccensis* Lam. *Journnal of Agricultural Technology*.v 5 (1). 111-127.
- Kazan K, Manners JM. 2009. Linking development to defense: auxin in plant-pathogen interactions. *Trends in Plant Science* 14, 373–382.
- Khan AA, Jilani G, and Akthar MS. 2009. Phosphorous solubilizing bacteria: occurrence, mechanism and their role in crop production. *J. Agric. Biol. Sci.* 1 (1):48-58.
- Khan AL, Hamayun M, Kang SM, Kim YH, Jung HY, et al. 2012. Endophytic fungal association via gibberellins and indole acetic acid can improve plant growth under abiotic stress: an example of *Paecilomyces formosus* LHL10. *BMC microbiology* 12: 3.
- Khanh TD, Chung MI, Xuan TD and Tawata S,. 2005. The exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. *J Agron Crop Sci* 191:172–184.
- Kharwar, R.N., Mishra, A., Gond, S.K., Stierle, A., and Stierle, D. 2011. Anticancer compounds derived from fungal endophytes: their importance and future challenges. *Nat. Prod. Rep.* 28, 1208–1228.

Kidd, Sarah, Catriona Halliday, Helen Alexiou and David Ellis. 2016. **Descriptions Of Medical Fungi Third Edition.** University of Adelaide.

Kilani S, Abdelwahed A, Chraief I, Ben Ammar R, Hayder N, Hammami M, Ghedira K, Chekir-Ghedira L. 2005. Chemical composition, antibacterial and antimutagenic activities of essential oil from (Tunisian) *Cyperus rotundus*. *J Essent Oil Res*;17:695-700.

Kilani S, Ledauphin J, Bouhlel I, Ben Sghaier M, Boubaker J, Skandrani I, Mosrati R, Ghedira K, Barillier D and Chekir-Ghedira L. 2008. Comparative study of *Cyperus rotundus* essential oil by a modified GC/MS analysis method. Evaluation of its antioxidant, cytotoxic, and apoptotic effects. *Chemistry and Biodiversity*, 5, 729–742.

Kilani-Jaziri S., W. Bhouri, I. Skandrani, I. Limem, L. Chekir-Ghedira, K. Ghedira. 2011. Phytochemical, antimicrobial, antioxidant and antigenotoxic potentials of *Cyperus rotundus* extracts. *South African Journal of Botany* 77.

Klaic R, Plotegher R, Ribeiro C, Zaingirolami TC, Farinas CS. 2017. A novel combined mechanical-biological approach to improve rock phosphate solubilization. *International Journal of Mineral Procesing*. 161:50-58.

Kochian, L.V., Hoekenga, O.A., Pineros, M.A. 2004. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminium tolerance and phosphorus efficiency. *Annual Review of Plant Biology*. 55:459-493.

Kögl F, Exxleben H, Haagen-Smit AJ. 1934. Über die Isolierung der Auxine a und b aus pflanzlichen Materialien. IX. Mitteilung. *Zeitschrift für Physiologische Chemie*. 243:209–226.

Koo HJ, McDowell ET, Ma X, Greer KA, Kapteyn J. 2013. Ginger and turmeric expressed sequence tags identify signature genes for rhizome identity and development and the biosynthesis of curcuminoids, gingerols and terpenoids. *BMC Plant Biol.* 13(1): 1–16.

Kovacs K. 2009. **Applications of Mossbauer Spectroscopy in Plant Physiology [Ph.D.Dissertation].** ELTE Chemistry Doctoral School, ELTE Institute of Chemistry, Budapest.

Krause, Katrin, Catarina Henke, Theodore Asiimwe, Andrea Ulbricht, Sandra Klemmer, Doreen Schachtschabel, Wilhelm Boland, Erika Kotthea. 2015. Biosynthesis and Secretion of Indole-3-Acetic Acid and Its Morphological Effects on *Tricholoma vaccinum*-Spruce Ectomycorrhiza. *Applied and Environmental Microbiology*. 81(20).

Kresnawaty I, S. Andanawarih, Suharyanto dan Tri-Panji. 2008. Optimalisasi dan pemurnian IAA yang dihasilkan Rhizobium sp. dalam medium serum

- lateks dengan suplementasi triptofan dari pupuk kandang. *Menara Perkebunan*. 76(2): 74-82.
- Kumla J, Suwannarach N, Bussaban B, Matsui K, Lumyong S. 2014. Indole-3-acetic acid production, solubilization of insoluble metal minerals and metal tolerance of some sclerotermatoid fungi collected from northern Thailand. *Annals of microbiology*. 64:707-720.
- Kusari, S., and Spiteller, M. 2012. Metabolomics of endophytic fungi producing associated plant secondary metabolites: progress, challenges and opportunities. In *Metabolomics*, U. Roessner, ed. (Rijeka, Croatia: InTech), pp. 241–266.
- Kusari, S., Kosuth, J., Cellarova, E., and Spiteller, M. 2011. Survival-strategies of endophytic *Fusarium solani* against indigenous camptothecin biosynthesis. *Fungal Ecol.* 4: 219–223.
- Kusari, Souvik, Christian Hertweck, and Michael Spiteller. 2012. Chemical Ecology of Endophytic Fungi: Origins of Secondary Metabolites. *Chemistry and Biology*. 19.
- Kusmana, Cecep dan Hikmat, Agus. 2015. Keanekaragaman Hayati Flora Di Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Vol. 5.No. 2: 187-198.
- Lambers H, Cramer MD, Shane MW, Wouterlood M, Poot P, Veneklaas EJ. 2003. Structure and functioning of cluster roots and plant responses to phosphate deficiency. *Plant and Soil* 248 : ix – xix.
- Lambers H, Juniper D, Cawthray GR, Veneklaas EJ, Martinez E. 2002. The pattern of carboxylate exudation in Banksia grandis (Proteaceae) is affected by the form of phosphate added to the soil. *Plant and Soil* 238 : 111 – 122.
- Lambers, H., Shane, M.W., Cramer, M.D., Pearse, S.J., Veneklaas, E.J. 2006. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits. *Annals of Botany* 98,693-713.
- Lawal OA, Oyedele AO. 2009. Chemical composition of the essential oils of *Cyperus rotundus* L. from South Africa. *Molecules*. 14: 290917.
- Lavy, M.; Estelle, M. 2016. Mechanisms of auxin signaling. *Development*, 143, 3226–3229. [CrossRef] [PubMed].
- Lestari, P.L., Susilowati, D.N., dan Riyanti, E.I. 2007. Pengaruh Hormon Asam Indol Asetat yang Dihasilkan *Azospirillum* sp. terhadap Perkembangan Akar Padi. *Jurnal AgroBiogen*. 3(2): 66-72.

- Lestari, Puji, Yadi Suryadi, Dwi Ningsih Susilowati, Tri Puji Priyatno, dan I Made Samudra. 2015. Karakterisasi Bakteri Penghasil Asam Indol Asetat dan Pengaruhnya Terhadap Vigor Benih Padi. *Berita Biologi*. 14(1).
- Liferdi, L. 2010. Efek Pemberian Fosfor Terhadap Pertumbuhan dan Status Hara pada Bibit Manggis. *J. Hort.* 20 (1): 18 – 26.
- Li Z, Bai TS, Dai LT, Wang FW, Tao JJ, Meng ST. 2016. A study of organic acid production in contrasts between two phosphate solubilizing fungi: *Penicillium oxalicum* and *Aspergillus niger*. *Sci Rep.*; 6, 25313. <https://doi.org/10.1038/srep25313> PMID: 27126606 .
- Ljung K, Hull AK, Kowalczyk M, Marchant A, Celenza J, Cohen JD, Sandberg G. 2002. Biosynthesis, conjugation, catabolism and homeostasis of indole-3-acetic acid in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Mol Biol* 49:249–272. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015298812300>.
- Ludwig-Müller J. 2011. Auxin conjugates: their role for plant development and in the evolution of land plants. *Journal of Experimental Botany* 62, 1757–1773.
- Luo, Jie, Jing-Jing Zhou, and Jin-Zhi Zhang. 2018. Aux/IAA Gene Family in Plants: Molecular Structure, Regulation, and Function. *Int. J. Mol. Sci.* 19, 259; doi:10.3390/ijms19010259
- Lynn TM, Win HS, Kyaw EP, Latt ZK, Yu SS. 2013. Characterization of phosphate solubilizing and potassium decomposing strains and study on their effects on tomato cultivation. *Int J Innov Appl Stud.* 3(4):959-966.
- Machacek, Y., Malat, M. 1981. A New Extraction Method for the Spectrophotometric Determination of Phosphates. *Microchemical Journal*. 26: 307-315.
- Macías FA, Molinillo JM, Varela RM and Galindo JC. 2007. Allelopathy – a natural alternative for weed control. *Pest Manag Sci* 63:327–348.
- Mahidi SS, Hassan GI, Hussain A, Faisul-ur-Rasool. 2011. Phosphorus availability issue-its fixation and role of phosphate solubilizing bacteria in phosphate solubilization-case study. *Agricultural Science Research Journal*. 2 :174-179.
- Mano Y, Nemoto K, Suzuki M, Seki H, Fujii I, Muranaka T. 2010. The AMI1 gene family: indole-3-acetamide hydrolase functions in auxin biosynthesis in plants. *Journal of Experimental Botany*. 61: 25–32.

- Mano, Yoshihiro and Nemoto, Keiichirou. 2012. The pathway of auxin biosynthesis in plants. *Journal of Experimental Botany*. 63(8): 2853–2872, doi:10.1093/jxb/ers091.
- Maor, R., Haskin, S., Levi-Kedmi, H., Sharon, A., 2004. In planta production of indole-3-acetic acid by *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. aeschynomene. *App. Environ. Microbiol.* 70: 1852–1854.
- Mehmood Asif, Muhammad Irshad, Naeem Khan, Muhammad Hamayun, Ismail, Husna, Arooj Javed and Anwar Hussain. 2018. IAA Producing Endophytic Fungus *Fusarium oxysporum* wlw Colonize Maize Roots and Promoted Maize Growth Under Hydroponic Condition. *European Journal of Experimental Biology*. 8(4):24.
- Mehrvars, S. and Chaichi, M. R. 2008. Efect of Phosphate Solubilizing Microorganisms and Phosphorus Chemical Fertilizer on Fusariumrage and Grain Quality of Barely (*Hordeum vulgare L.*). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 3 (6) : 855-856.
- Mendes GDO, Freitas ALM, Pereira OL, Silva IR, Vassilev NB, Costa MD. Mechanisms of phosphate solubilization by fungal isolates when exposed to different P sources. *Ann Microbiol.* 64(1): 239 ± 249. <https://doi.org/10.1007/s13213-013-0656-3>
- Mittal, V; Singh, O; Nayyar, H; Kaur, J; Tewari, R. 2008. Stimulatory effect of phosphate solubilizing fungal strains [*Aspergillus awamori* and *Penicillium citrinum*] on the yield of chickpea [*Cicer arietinum L. cv. GPF2*]. *Soil Biol. Biochem.* 40: 718-727.
- Morales-Payan, J. Pablo, William M. Stall, Donald G. Shilling, Raghavan Charudattan, Joan A. Dusky, and Thomas A. Bewick. 2003. Above- and belowground interference of purple and yellow nutsedge (*Cyperus spp.*) with tomato. *Weed Science*. 51:181–185.
- Murdiyah, Siti. 2017. Fungi Endofit Pada Berbagai Tanaman Berkhasiat Obat Di Kawasan Hutan Evergreen Taman Nasional Baluran Dan Potensi Pengembangan Sebagai Petunjuk Parktikum Mata Kuliah Mikologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 3(1).
- Nagulendran, Kr., S. Velavan, R. Mahesh And V. Hazeena Begum. 2007. In Vitro Antioxidant Activity and Total Polyphenolic Content of *Cyperus rotundus* Rhizomes. *E-Journal of Chemistry*. 4(3): 440-449.
- Naik, PR; Raman,G; Narayanan,KB; Sakthivel N. 2008. Assessment of genetic and functional diversity of phosphate solubilizing *Pseudomonas fluorescent* isolated from rhizospheric soil. *BMC Microbiol.* 8, 230.

- Nalini sofia. H, Thomas M.Walter, S. Merish, M. Tamizhamuthu. 2014. An Overview Of Nut Grass (*Cyperus rotundus*) With Special Reference To Ayush. *World Journal of Pharmaceutical Reseach.* 3(6).
- Nannipieri, P., Giagnoni, L., Landi, L., and Renella, G. 2011. “*Role of phosphatase enzymes in soil,*” in Phosphorus in Action: Biological Processes in Soil Phosphorus Cycling. Soil Biology, eds E. Bunemann, A. Oberson, and E. Frossard (Berlin:Springer), 215–243.
- Nemoto K, Hara M, Goto S, Kasai K, Seki H, Suzuki M, Oka A, Muranaka T, Mano Y. 2009. Theaux1gene of the Ri plasmid issufficient to confer auxin autotrophy in tobacco BY-2 cells. *Journal of Plant Physiology.* 166:729–738.
- Nidugala H, Avadhani R, Narayana SK, Bhaskar B, Noojibail A. 2013. Atlas of macro-microscopy of raw drug sold as musta - *Cyperus rotundus* (L.). *Int J Pharm Sci Res;*4:2308-11.
- Nima ZAM, Jabier MS, Wagi RI Hussain HAK. 2008. Extraction, Identification and Antibacterial activity of Cyperus oil from Iraqi *C. rotundus*. *Engineering & Technology.* 26(10): 1156-1163.
- Noverita, Fitria D, Sinaga E. 2009. Isolation and antibacterial activity assay of fungal endophyte of leaves and Rhizome *Zingiber ottensii*. (in Indonesia). *Jurnal Farmasi Indonesia:* 4 : 171 -176.
- Numponsak T, Kumla J, Suwannarach N, Matsui K, Lumyong S. 2018. Biosynthetic pathway nd optimal conditions for the production of indole-3-acetic acid by an endophytic fungus, *Colletotrichum fructicola* CMU-A109. *PLoS ONE* 13 (10): e0205070. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205070>
- Pal DK, Dutta S. 2006. Evaluation of the antioxidant activity of the roots and rhizomes of *Cyperus rotundus* L. *Indian J Pharm Sci.* 68:256-8.
- Pikovskaya, R. I. (1948). Mobilization of phosphorus in soil connection with the vital activity of some microbial species. *Microbiologiya.* 17: 362-370.
- Pitt, J.I. and A.D. Hocking, 2009. **Fungi and Food Spoilage.** 3rd Edn. Springer, USA. 519.
- Plaxton, W.C. 2004. **Plant response to stress: Bio-chemical adaptations to P deficiency.** Encyclopedia of Plant and Crop Science. Marcel Dekker, Inc., pp 976-980.
- Podile AR, and Kishore GK. 2006. **Plant growth-promoting rhizobacteria.** In: **Plant-associated bacteria.** Gnana-manickam SS, Ed. Springer :195-230.

- Pradhan N, Shukla LB. 2005. Solubilization of inorganic phosphate by fungi isolated from agriculture soil. *African Journal of Biotechnology*. 5:850-854.
- Pradhan, Samjhana and Pokhrel, Megh Raj. 2013. Spectrophotometric Determination Of Phosphate In Sugarcane Juice, Fertilizer, Detergent And Water Samples By Molybdenum Blue Method. *Scientific World*. 11(11).
- Prasetyowati, Novi. 2008. **Pengujian Kompabilitas Antara Mikroba Pelarut Fosfat Asal Tanah Paku Haji Tangerang Dengan Tanaman Kedelai (Glycine ax (L.,) Merr)**. Jakarta: Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Promwee, Athakorn, Montree Issarakraisila, Warin Intana, Chiradej Chamswarng and Punnawich Yenjit. 2014. Phosphate Solubilization and Growth Promotion of Rubber Tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) by Trichoderma Strains. *Journal of Agricultural Science*. 6(9).
- Pullaiah T. 2011. **Encyclopedia of World Medicinal Plants**, 3rd edition, Vol 1, New Delhi, Published by Regency Publication.
- Puratchikody A, Nithya Devi C, Nagalakshmi G. 2006. Wound healing activity of *Cyperus rotundus* linn.; 68(1), 97-101.
- Rahman, Atiqur, Irnayuli Sitepu, Sui-Yan Tang, and Yasuyuki Hashidoko. 2010. Salkowski's Reagent Test as a Primary Screening Index for Functionalities of Rhizobacteria Isolated from Wild Dipterocarp Saplings Growing Naturally on Medium- Strongly Acidic Tropical Peat Soil. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 74(11), 2202-2208.
- Raut NA, Gaikwad NJ. 2006. Antidiabetic activity of hydro-ethanolic extract of *Cyperus rotundus* in alloxan induced diabetes in rats. *Fitoterapia*;77:585-8.
- Raza S, Akbar N, Kausar R, Arif MS, and Shahzad SM. 2011. Effect of different weed control practices in district sown rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agricultural and Applied Sciences*, 3(1), 21-26.
- Reineke G, Heinze B, Schirawski J, Buettner H, Kahmann R, Basse CW. 2008. Indole-3-acetic acid (IAA) biosynthesis in the smut fungus *Ustilago maydis* and its relevance for increased IAA levels in infected tissue and host tumour formation. *Mol Plant Pathol* 9:339–355. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00470.x>.
- Richardson, A. E., and Simpson, R. J. 2011. Soil microorganisms mediating phosphorus availability. *Plant Physiol.* 156, 989–996. doi: 10.1104/pp.111.175448.

- Rohyani, Immy Suci, Evy Aryanti, Suripto. 2015. **Kandungan fitokimia beberapa jenis tumbuhan lokal yang sering dimanfaatkan sebagai bahan baku obat di Pulau Lombok.** Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon. 1(2): 388-391.
- Rosmarkam, A. dan N.W. Yuwono. 2002. **Ilmu Kesuburan Tanah.** Kanisius. Yogyakarta.
- Ryan PR, Delhaize E, Jones DL. 2001. Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 52: 527 – 560.
- Sahoo HR, Gupta N. Phosphate-Solubilizing Fungi: Impact on growth and development of economically important plants. 2014. In: Khan MS, Zaidi A, Musarrat J, editors. Phosphate Solubilizing Microorganisms. Springer Switzerland; pp. 87±112.
- Saljnikov E., Cakmak D. 2012. *Phosphorus: Chemism and in-teractions.* In: Burcu Özkaraovalı Güngör E. (ed.): Principles, Application and Assessment in Soil Science. InTech Open Access Publisher, 1–28.
- Samson, R.A., S. Hong, S.W. Peterson et al. 2007 Polyphasic taxonomy of Aspergillus section Fumigati and its teleomorph Neosartorya. *Stud. Mycol.* 59: 147-203.
- Sánchez Márquez S., Bills G.F. Zabalgogeazcoa I., 2007. The endophytic mycobiota of the grass *Dactylis glomerata*. *Fung Divers* 27. 171-195.
- Sauer, Michael, Stéphanie Robert, and Jürgen Kleine-Vehn. 2013. Auxin: simply complicated. *Journal of Experimental Botany*. 64(9): 2565–2577.
- Schulz, B.J.E., and Boyle, C.J.C. 2006. **What are endophytes? In Microbial Root Endophytes**, B.J.E. Schulz, C.J.C. Boyle, and T.N. Sieber, eds. (Berlin: Springer-Verlag), pp. 1–13.
- Sedlář J., Sedlářová M., and Flusser J. 2009. *Image Processing Methods For Determination Of Downy Mildews From Light Microscopy Images.* In: Kulpa K, Kaska W.(Eds) *Signal Processing Symposium Proceedings*, Warsaw University of Technology, Warsaw.
- Seo EJ, Lee DU, Kwak JH, Lee SM, Kim YS and Jung YS. 2011. Antiplatelet effects of Cyperus rotundus and its component (+)-nootkatone. *Journal of Ethnopharmacology*, 135, 48–54.
- Sergeeva, E., Liaimer, A., Bergman, B. 2002. Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. *Planta* 215, 229–238.

- Seshachala, U., and Tallapragada, P. 2012. Phosphate solubilizers from the rhizosphere of *Piper nigrum* L. in Karnataka, India. *Chil. J. Agric. Res.* 72, 397–403. doi: 10.4067/S0718-58392012000300014.
- Setjo,S., Kartini, E., Saptasari, M. & Sulisetijono. 2004. **Anatomi Tumbuhan**. Malang :Jica.
- Setyowati, Nanik dan Suprijono, Eko. 2001. Efikasi Alelopati Teki Formulasi Cairan Terhadap Gulma *Mimosa invisa* dan *Melochia corchorifolia*. *Jurnal Ilmu – Ilmu Pertanian Indonesia*. 3(1).
- Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., and Gobi, T. A. 2013. Phosphatesolubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springerplus2*, 587–600. doi: 10.1186/2193-1801-2-587.
- Shaza Al-Massarani, Fedha Al-Enzi, Maram Al-Tamimi, Nourah Al-Jomaiah, Roaa Al-amri, K. Hüsnü Can Başer, Nurhayat Tabanca, Alden S. Estep, James J. Becnel, Jeffrey R. Bloomquist and Betül Demirci. 2016. Composition & biological activity of *Cyperus rotundus* L. tuber volatiles from Saudi Arabia. *Nat. Volatiles & Essent. Oils*, 3(2): 26-34.
- Shen, J. and J. Zhang, et al. 2011. Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant. *Plant Physiology* 156:997-1005.
- Shubin, Li, Huang Juan, Zhou RenChao, Xu ShiRu, Jin YuanXiao. 2014. Fungal Endophytes of *Alpinia officinarum* Rhizomes: Insights on Diversity and Variation across Growth Years, Growth Sites, and the Inner Active ChemicalConcentration. *PLOSONE*.
- Sieber TN, Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U .2002. Fungal root endophytes. *Plant roots: the hidden half* 887-917.
- Singh N, Pandey BR, Verma P, Bhalla M, Gilca M. 2012. Phytopharmacotherapeutics Of *Cyperus rotundus* Linn. (Motha): an overview. *Indian Journal of Natural Products and Resources*. 3(4):46776.
- Sivapalan SR and Jeyadevan P. 2012. Physico-chemical and Phyto-chemical Study of Rhizome of *Cyperus rotundus* Linn. *International Journal of Pharmacology and Pharmaceutical Technology*, 1(2), 42-46.
- Sivapalan SR. 2013. Medicinal uses and pharmacological activities of *Cyperus rotundus* Linn –a review. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 3(5): 18.
- Smith SE, Read DJ. 2008. **Mycorrhizal symbiosis**. Academic Press, London, United Kingdom.

- Soumaya KJ, Zied G, Nouha N, Mounira K, Kamel G, Genvi FDM et al. 2014. Evaluation of in vitro antioxidant and apoptotic activities of *Cyperus rotundus*. *Asian Pac J Trop Dis.* 10512.
- Spaepen S, J Vabderleyden and R Remans. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS Microbiology Review* 31, 425-448.
- Srinivasan, R., Yandigeri, M. S., Kashyap, S., and Alagawadi, A. R. 2012. Effect of salt on survival and P-solubilization potential of phosphate solubilizing microorganisms from salt affected soils. *Saudi J. Biol. Sci.* 19, 427–434.doi: 10.1016/j.sjbs.2012.05.004.
- Staniek, A., Woerdenbag, H.J., and Kayser, O. 2008. Endophytes: exploiting biodiversity for the improvement of natural product-based drug discovery. *J. Plant Interact.* 3: 75–93.
- Strobel GA. 2004. Natural products from endophytic microorganism. *Journal of Natural Products* 67: 257-268.
- Sudarsono, Pudjoarinto A, Gunawan D, Wahyuono S, Donatus IA, Dradjad M. 1996. **Tumbuhan Obat**. Yogyakarta: Pusat Penelitian Obat Tradisional Universitas Gadjah Mada (PPOTUGM). Hlm. 726.
- Sukmadi, R. Bambang. 2012. Aktivitas Fitohormon Indole-3-Acetic Acid (IAA) dari Beberapa Isolat Bakteri Rizosfer dan Endofit. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 14(3): 221-227.
- Sun X, Ding Q, Hyde KD, Guo LD. 2012. Community structure and preference of endophytic fungi of three woody plants in a mixed forest. *Fungal Ecology* 5:624-632.
- Susanti. 2009. **Cytotoxic Effect of Purple NutSedge Tuber (*Cyperus rotundus* L.) Methanol and Chloroform Extract on HeLa and SiHa Cells.** Prosiding dalam Pertemuan Ilmiah Tahunan Ahli Anatomi Indonesia; 78; Yogyakarta. Indonesia: PAAI.
- Susanti. 2013. **Potensi Rumput Teki (*Cyperus rotundus* L.) sebagai Agen Antikanker.** Prosiding Seminar Presentasi Artikel Ilmiah Dies Natalis FK Unila ke 13.
- Syamsia, Abu bakar Idhan, Muhammad Kadir. 2016. Potensi Cendawan Endofit Asal Padi Aromatik Lokal Enrekang Sebagai Pelarut Fosfat. *J. Agrotan.* 2(1) : 57 – 63.
- Syamsiaa, Tutik Kuswinantib, Elkawakib Syam'unb and Andi Masniawatic. 2015. The Potency of Endophytic Fungal Isolates Collected from Local

- Aromatic Rice as Indole Acetic Acid (IAA) Producer. *Procedia Food Science* 3. 96 – 103.
- Syers, J.K., Johnston, A.E., Curtin, D. 2008. Efficiency of Soil and Fertilizer Phosphorus: Reconciling Changing Concepts of Soil Phosphorus Behaviour with Agronomic Information. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* 18,108. (FAO: Rome).
- Tadych M., Bergen M., Dugan F.M., White J.F., 2007. Evaluation of the potential role of water in spread of conidia of the *Neotyphodium* endophyte of *Poa ampla*. *Mycol Res* 111, 466-472.
- Tallapragada, P., and Gudimi, M. 2011. Phosphate solubility and biocontrol activity of *Trichoderma harzianum*. *Turk. J. Biol.* 35, 593–600.
- Valencia, Putri Elvira dan Meitiniarti, Vincentia Irene. 2017. Isolasi Dan Karakterisasi Jamur Ligninolitik Serta Perbandingan Kemampuannya Dalam Biodelignifikasi. *Scripta Biologica*. 4(3).
- Vance, C.P., Uhde-Stone, C., Allan, D. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing non-renewable resources. *New Phytologist* 15,423-447.
- Walpolo BC and Yoon M. 2012. Prospectus of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus availability in agricultural soils: A review. *African Journal of Microbiology Research*. 6(37):6600-6605.
- Wang S, Bai Y, Shen C, Wu Y, Zhang S, Jiang D, Guilfoyle TJ, Chen M, Qi Y. 2010. Auxin-related gene families in abiotic stress response in *Sorghum bicolor*. *Functional and Integrative Genomics* 10, 533–546.
- Wani, PA; Khan, MS; Zaidi, A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with nitrogen fixing and phosphate-solubilizing rhizobacteria on the performance of field grown chickpea. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 170, 283-287.
- Watanabe, Tsuneo. 2002. **Pictorial atlas of soil and seed fungi : morphologies of cultured fungi and key to species**. New York: CRC Press.
- Widowati, Tiwit, Bustanussalam, Harmastini Sukiman dan Partomuan Simanjuntak. 2016. Isolasi Dan Identifikasi Kapang Endofit Dari Tanaman Kunyit (*Curcuma longa L.*) Sebagai Penghasil Antioksidan. *Biopropal Industri*. 7(1).
- Widyastuti, N. dan D. Tjokrokusumo. 2007. Peranan beberapa zat pengatur tumbuh (zpt) tanaman pada kultur in vitro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. Jakarta. 3(5):55-63.

- Wilson BJ, Addy HD, Tsuneda A, Hambleton S, Currah RS. 2004. *Phialocephala sphaeroides* sp. nov., a new species among the dark septate endophytes from a boreal wetland in Canada. *Canadian Journal of Botany* 82, 607-617. <http://dx.doi.org/10.1139/b04-030>.
- Xu, H. B., Ma, Y. B., Huang, X. Y., Geng, C. A., Wang, H., Zhao, Y., Yang, T. H., Chen, X. L., Yang, C. Y., Zhang, X. M. and Chen, J. J. 2015. Bioactivity-guided isolation of anti-hepatitis B virus active sesquiterpenoids from the traditional Chinese medicine: Rhizomes of *Cyperus rotundus*. *Journal of Ethnopharmacology*. 171: 131-140.
- Yasser MM, Massoud ON, Nasr SH. 2014. Solubilization of inorganic phosphate by phosphate solubilizing fungi isolated from Egyptian soils. *Journal of Bio. and Earth Scie.* 4 (1) : B83-B90.
- Yuan, H, Zhao L, Chen J, Yang Y, Xu D, Tao S, Zheng S, Shen Y, He Y, Shen C, Yan D, Zheng B. 2018. Identification and Expression Profiling of the Aux/IAA Gene Family in Chinese hickory (*Carya cathayensis* Sarg.) during the Grafting Process. *Plant Physiology and Biochemistry*. 127: 56-63.
- Yurnaliza, Rizki Hadiwibowo, dan Kiki Iriurtjahja. 2008. Isolasi dan Uji Antagonis Jamur Endofit Akar Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Terhadap *Ganoderma boninense* Pat. *Jurnal Biologi Sumatera*. 36 - 41.
- Zabalgogeazcoa, I. 2008. Review. Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6 (Special issue), 138-146.
- Zaidi, A and Khan, MS. 2007. Stimulatory effects of dual inoculation with phosphate solubilizing microorganisms and arbuscular mycorrhizal fungus on chickpea. *Aus. J. Expt. Agri.*, 47, 1016-1022.
- Zaidi, A; Khan, MS; Amil, M. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea [*Cicer arietinum* L.]. *Eur. J. Agron.*, 19, 15-21.
- Zhang Yang, Fu-Sheng Chen, Xiao-Qin Wu, Feng-Gang Luan, Lin-Ping Zhang, Xiang-Min Fang, Song-Ze Wan, Xiao-Fei Hu, Jian-Ren Ye. 2018. Isolation and characterization of two phosphate-solubilizing fungi from rhizosphere soil of moso bamboo and their functional capacities when exposed to different phosphorus sources and pH environments. *PLoS ONE* 13(7): e0199625.
- Zega, Atriani, Dwi Suryanto, Yurnaliza. 2018. An Ability of Endophytic Bacteria from Nutgrass (*Cyperus rotundus*) from Lafau Beach of North Nias in Producing Indole Acetic Acid and in Solubilizing Phosphate. *ICBSB*.

Zhao, K., Penttinen, P., Zhang, X., Ao, X., Liu, M., Yu, X., et al. 2014. Maizerhizosphere in Sichuan, China, hosts plant growth promoting Burkhol de riacepacia with phosphate solubilizing and antifungal abilities. *Microbiol. Res.* 169, 76–82. doi: 10.1016/j.micres.2013.07.003.

Zhao, Y., 2010. Auxin biosynthesis and its role in plant development. *Ann. Rev. Plant Biol.* 61: 49–64.

Zhou Z, Yin W. 2012.Two Novel Phenolic Compounds from the Rhizomes of *Cyperus rotundus* L. *Molecules.*1: 1263641.

Zhou, Z. L., Yin, W. Q., Yang, Y. M., He, C. H., Li, X. N., Zhou, C. P. and Guo, H. 2016. New iridoid glycosides with antidepressant activity isolated from *Cyperus rotundus*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin.* 64: 73-77.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kunci Determinasi Fungi

Isolat URT1 (Watanabe, 2002)

Hyphae septate	6
6. Hyphae without clamp connection	7
7. Spores formed	8

Isolat URT 2 (Watanabe, 2002)

Hyphae septate	6
6. Hyphae without clamp connection	7
7. Spores formed	8

Isolat URT 3 (Watanabe, 2002)

Hyphae septate	6
6. Hyphae with clamp connectionBasidiomycetes

Isolat URT 4 (Watanabe, 2002)

Hyphae septate	6
6. Hyphae without clamp connection	7
7. Spores formed	8

Isolat URT 5 (Watanabe, 2002)

1. Hyphae aseptate	2
2. Sporangiospores	Zygomycetes

Lampiran 2. Perhitungan Uji Kadar Fosfat

A. Pembuatan Stock KH₂PO₄ 1000 ppm

$$\begin{aligned} \text{Mr KH}_2\text{PO}_4 &= \text{Ar K} + 2 \times \text{Ar H} + \text{Ar P} + 4 \times \text{Ar O} \\ &= 39,102 + (2 \times 1.008) + 30,97 + (4 \times 16) \\ &= 39,102 + 2,016 + 30,97 + 64 \\ &= 136,088 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1000 \text{ ppm} &= 1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1\text{gr}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{\sum \text{Total Berat Molekul Bahan}}{\sum \text{Total Berat Molekul Ion}} \\ &= 1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1\text{gr}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{136.088}{94.97} \\ &= 1,4329 \frac{\text{gram}}{\text{L}} = 1,433 \frac{\text{gram}}{\text{L}} \end{aligned}$$

$\sim 0,717 \text{ gram}/500 \text{ ml}$ (Pelarut Air Steril non Fosfat)

B. Pembuatan Sodium Molibdat (Na₂MoO₄.2H₂O) 2,5% sebanyak 100 ml

$$\begin{aligned} \text{Persen Massa} &= \frac{\text{Massa Zat}}{\text{Massa Total Senyawa}} \times 100 \\ 2,5 \% &= \frac{\text{Massa Zat}}{100 \text{ gr}} \times 100 \\ \text{Massa Zat} &= 2,5 \text{ gr} \end{aligned}$$

$\sim 2,5 \text{ gram Sodium Molibdat (Na}_2\text{MoO}_4\text{.2H}_2\text{O}) + 97,5 \text{ ml Air Steril (non Fosfat)}$

C. Pembuatan Asam Sulfat (H₂SO₄) 10 N sebanyak 100 ml

$$N = \frac{(10 \times \text{Percentase Larutan} \times \text{Berat Jenis}) \times \text{Valensi}}{\text{Berat Molekul}}$$

$$N = \frac{(10 \times 96 \% \times 1,84 \text{ g/ml}) \times 2}{98,08 \text{ g/mol}}$$

$$N = 36 \text{ N}$$

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$36 \times V_1 = 10 \times 100$$

$$V_1 = \frac{10 \times 100}{36} = 27,78 \text{ ml}$$

$\sim 27,78 \text{ ml Asam Sulfat (H}_2\text{SO}_4\text{ 96\%}) + 72,22 \text{ ml Air Steril (non Fosfat)}$

D. Pembuatan Hidrazin Sulfat ($\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$) 0,5 M sebanyak 100 ml

$$M = \frac{n}{V} = \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$0,5 \text{ M} = \frac{n}{0,1\text{L}}$$

$$n = 0,5 \text{ M} \times 0,1\text{L} = 0,05 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{Mr}$$

$$0,05 \text{ mol} = \frac{m}{130,11 \text{ gr/mol}}$$

$$m = 0,05 \text{ mol} \times \frac{130,11 \text{ gr}}{\text{mol}} = 6,5055 \text{ gram}$$

~ 6,5055 gram Hidrazin Sulfat ($\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$) + 100 ml Air Steril (non Fosfat)

Lampiran 3. Kurva Kalibrasi Fosfat

A. Pembuatan Konsentrasi Kurva Kalibrasi Fosfat (2,5, 5, 10, 20, 50 ppm)

1. 2,5 ppm dalam 5 ml

$$M1V1 = M2V2$$

$$5 \times 2,5 = 1000 \times V2$$

$$V2 = \frac{5 \times 2,5}{1000} = 0,0125 \text{ ml}$$

~ 0,0125 ml (Stok Fosfat 1000 ppm) + 4,987 ml (Aquabides Steril non Fosfat)

2. 5 ppm dalam 5 ml

$$M1V1 = M2V2$$

$$5 \times 5 = 1000 \times V2$$

$$V2 = \frac{5 \times 5}{1000} = 0,025 \text{ ml}$$

~ 0,025 ml (Stok Fosfat 1000 ppm) + 4,975 ml (Aquabides Steril non Fosfat)

3. 10 ppm dalam 5 ml

$$M1V1 = M2V2$$

$$10 \times 5 = 1000 \times V2$$

$$V2 = \frac{5 \times 10}{1000} = 0,05 \text{ ml}$$

~ 0,05 ml (Stok Fosfat 1000 ppm) + 4,950 ml (Aquabides Steril non Fosfat)

4. 20 ppm dalam 5 ml

$$M1V1 = M2V2$$

$$20 \times 5 = 1000 \times V2$$

$$V2 = \frac{5 \times 20}{1000} = 0,1 \text{ ml}$$

~ 0,1 ml (Stok Fosfat 1000 ppm) + 4,900 ml (Aquabides Steril non Fosfat)

5. 50 ppm dalam 5 ml

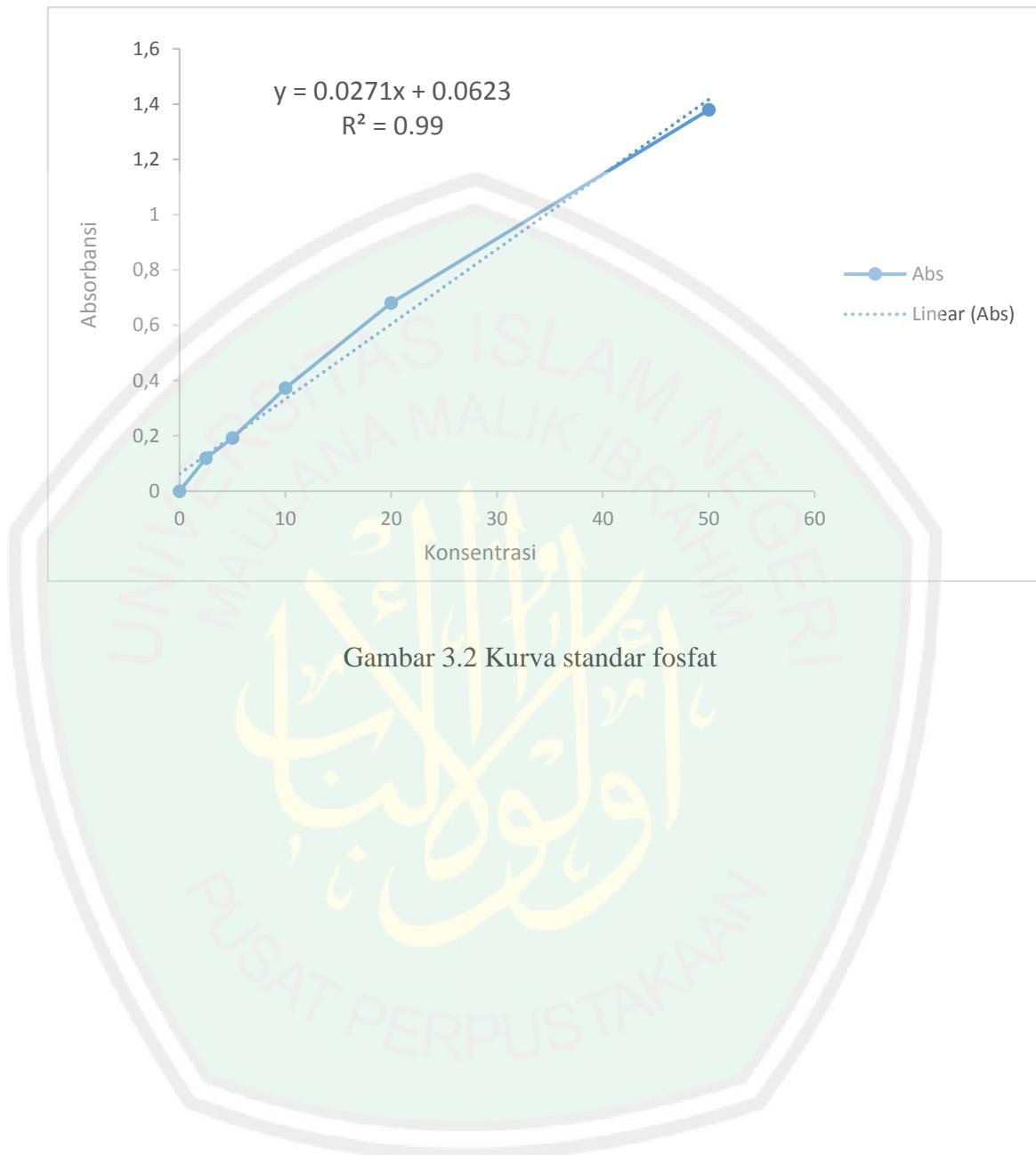
$$M1V1 = M2V2$$

$$50 \times 5 = 1000 \times V2$$

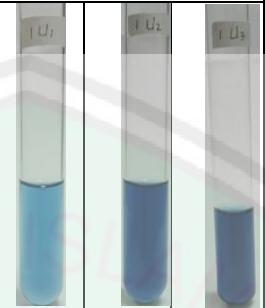
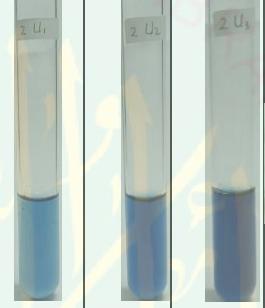
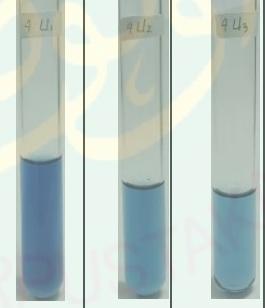
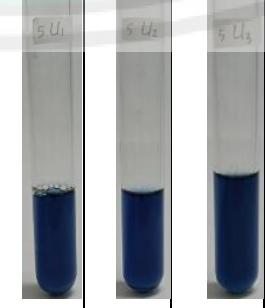
$$V2 = \frac{5 \times 50}{1000} = 0,25 \text{ ml}$$

0,25 ml (Stok Fosfat 1000 ppm) + 4,750 ml (Aquabides Steril non Fosfat)

B. Hasil Pengukuran Kurva Kalibrasi dengan $\lambda = 840 \text{ nm}$



Lampiran 4. Data Kualitatif Kelarutan Fosfat

No.	Nama Isolat	Ulangan	Hasil	Gambar Isolat bereaksi dengan molibdenum biru	Gambar Isolat sebelum direaksikan dengan molibdenum biru
1.	URT 1	1	Biru Muda		
		2	Biru Tua		
		3	Biru Tua		
2.	URT 2	1	Biru Muda		
		2	Biru Tua		
		3	Biru Tua		
3.	URT 3	1	Biru Tua		
		2	Biru Muda		
		3	Biru Muda		
4.	URT 4	1	Biru Tua		
		2	Biru Tua		
		3	Biru Tua		

5.	URT 5	1	Biru Muda		
		2	Biru Muda		
		3	Biru Muda		



Lampiran 5. Data Kuantitatif Kelarutan Fosfat

Tabel 5.1 Data hasil pembacaan spektrofotometer pada sampel

No	Isolat	Absorbansi	ppm
1	1U1	2.214	79.4
2	1U2	2.244	80.5
3	1U3	2.264	81.2
4	2U1	1.845	65.8
5	2U2	1.862	66.4
6	2U3	1.889	67.4
7	3U1	1.554	55
8	3U2	1.526	54
9	3U3	1.523	53.9
10	4U1	2.444	87.9
11	4U2	2.434	87.5
12	4U3	2.45	88.1
13	5U1	1.758	62.6
14	5U2	1.729	61.51
15	5U3	1.721	61.2

Tabel 5.2 Data konsentrasi fosfat terlarut

No.	Kode Isolat	Ulangan			Rata-rata	St. Deviasi	Notasi
		1	2	3			
1	Kontrol	0.002	0.004	0.003	0.00	0.001	a
2	URT 1	79.4	80.5	81.2	80.37	0.907	e
3	URT 2	65.8	66.4	67.4	66.53	0.808	d
4	URT 3	55	54	53.9	54.30	0.608	b
5	URT 4	87.9	87.5	88.1	87.83	0.306	f
6	URT 5	61.2	61.51	62.6	61.77	0.735	c

Lampiran 6. Uji Statistika Kelarutan Fosfat

Uji Normalitas Data (Shapiro -Wilk)

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Sampel	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kadarfosfat Kontrol	.175	3	.	1.000	3	1.000
URT1	.225	3	.	.984	3	.756
URT2	.232	3	.	.980	3	.726
URT3	.356	3	.	.818	3	.157
URT4	.253	3	.	.964	3	.637
URT5	.308	3	.	.902	3	.391

a. Lilliefors Significance Correction

Nilai signifikansi semua sampel termasuk kontrol > 0.05 : menunjukkan bahwa data terdistribusi secara normal.

Uji Homogenitas

Oneway

Descriptives								
Kadarfosfat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	.0030	.00100	.00058	.0005	.0055	.00	.00
URT1	3	80.3667	.90738	.52387	78.1126	82.6207	79.40	81.20
URT2	3	66.5333	.80829	.46667	64.5254	68.5412	65.80	67.40
URT3	3	54.3000	.60828	.35119	52.7890	55.8110	53.90	55.00
URT4	3	87.8333	.30551	.17638	87.0744	88.5922	87.50	88.10
URT5	3	61.7667	.73711	.42557	59.9356	63.5978	61.20	62.60
Total	18	58.4672	29.27051	6.89913	43.9113	73.0230	.00	88.10

Test of Homogeneity of Variances

Kadarfosfat

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.253	5	12	.116

Nilai signifikansi data > 0.05 : menunjukkan bahwa data bersifat homogen**ANOVA**

Kadarfosfat						
	Sum of Squares		df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14560.001	5	2912.000	7.036E3	.000	
Within Groups	4.967	12	.414			
Total	14564.968	17				

Nilai signifikansi data < 0.05 : menunjukkan bahwa data terdapat perbedaan dengan taraf 5%**Uji Lanjut Duncan****Kadarfosfat**

Duncan

Sampel	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	
Kontrol	3	.0030						
URT3	3		54.3000					
URT5	3			61.7667				
URT2	3				66.5333			
URT1	3					80.3667		
URT4	3						87.8333	
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Nilai pada tabel Duncan menunjukkan adanya perbedaan nyata dengan taraf 5% untuk setiap kelompok sampel.

Lampiran 7. Perhitungan Uji Produksi IAA

A. Perhitungan FeCl₃.6H₂O (0,5M)

$$M = \frac{n}{V} = \frac{mol}{L}$$

$$0,5 = \frac{n}{0,05}$$

$$n = 0,5 \times 0,05 = 0,025 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{mr} \rightarrow m = n \times mr$$

$$m = 0,025 \text{ mol} \times 270,2957 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$m = 6,757 \text{ gr} = 6,8 \text{ gr}$$

~ 6,8 gr dalam 50 mL Aquades Steril

B. Pembuatan Reagen Salkowski 100 mL

Komposisi reagen

Asam Kuat H₂SO₄ (96%) + Aquades Steril + FeCl₃.6H₂O (0,5M) = 36,8 mL + 61,4 mL + 1,8 mL

(reagen disimpan dalam ruang gelap)

Lampiran 8. Kurva Kalibrasi IAA

A. Pembuatan Konsentrasi Kurva Kalibrasi Fosfat (2,5, 5, 10, 20, 50 ppm)

1) 2,5 ppm dalam 5 ml

$$M1V1 = M2V2$$

$$5 \times 2,5 = 100 \times V2$$

$$V2 = \frac{5 \times 2,5}{100} = 0,125 \text{ ml}$$

~ 0,125 ml (Stok IAA 100 ppm) + 4,875 ml (Aquades Steril)

2) 5 ppm dalam 5 ml

$$M1V1 = M2V2$$

$$5 \times 5 = 100 \times V2$$

$$V2 = \frac{5 \times 5}{100} = 0,25 \text{ ml}$$

~ 0,25 ml (Stok IAA 100 ppm) + 4,75 ml (Aquades Steril)

3) 10 ppm dalam 5 ml

$$M1V1 = M2V2$$

$$10 \times 5 = 100 \times V2$$

$$V2 = \frac{5 \times 10}{100} = 0,5 \text{ ml}$$

~ 0,5 ml (Stok IAA 100 ppm) + 4,50 ml (Aquades Steril)

4) 20 ppm dalam 5 ml

$$M1V1 = M2V2$$

$$20 \times 5 = 100 \times V2$$

$$V2 = \frac{5 \times 20}{100} = 1 \text{ ml}$$

~ 1 ml (Stok IAA 100 ppm) + 4 ml (Aquabides Steril)

5) 50 ppm dalam 5 ml

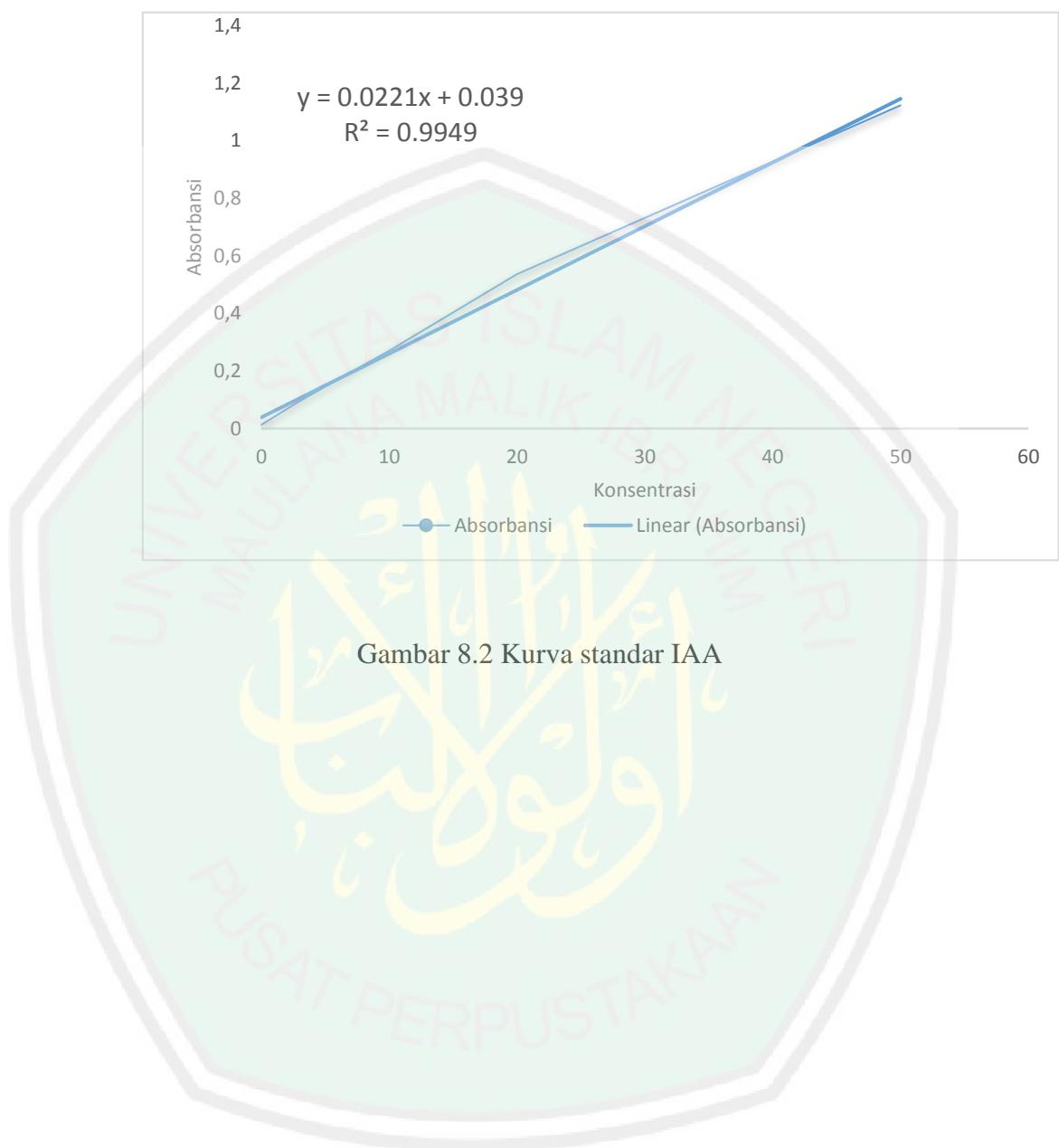
$$M1V1 = M2V2$$

$$50 \times 5 = 100 \times V2$$

$$V2 = \frac{5 \times 50}{100} = 2,5 \text{ ml}$$

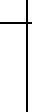
~ 2,5 ml (Stok IAA 100 ppm) + 2,5 ml (Aquabides Steril)

B. Hasil Pengukuran Kurva Kalibrasi dengan $\lambda = 540$



Gambar 8.2 Kurva standar IAA

Lampiran 9. Data Kualitatif Produksi IAA

No .	Nam a Isola t	Ulanga n	Hasil	Gambar hasil reaksi dengan reagen salkowwski	Gambar sebelum bereaksi dengan reagen <i>salkowski</i>
1.	URT 1	1	Merah Muda		
		2	Merah Muda		
		3	Merah Muda		
2.	URT 2	1	Kuning		
		2	Kuning		
		3	Kuning		
3.	URT 3	1	Merah Muda		
		2	Merah Muda		
		3	Kuning kemerahan n		
4.	URT 4	1	Merah Muda		
		2	Kuning		
		3	Kuning		
5.	URT 5	1	Merah Muda		

		2	Merah Muda		
		3	Merah Muda		



Lampiran 10. Data Kuantitatif Produksi IAA

Tabel 10.1 Data hasil pembacaan spektrofotometer pada sampel

No.	Kode Isolat	Absorbansi	ppm
1	1U1	1.069	46.61
2	1U2	1.036	45.13
3	1U3	1.028	44.77
4	2U1	0.157	5.35
5	2U2	0.180	6.36
6	2U3	0.150	5.04
7	3U1	0.452	18.67
8	3U2	0.422	17.31
9	3U3	0.417	17.09
10	4U1	0.302	11.90
11	4U2	0.262	10.11
12	4U3	0.277	10.79
13	5U1	0.260	9.99
14	5U2	0.266	10.28
15	5U3	0.291	11.40

Tabel 10.2 Data konsentrasi fosfat terlarut

No.	Kode Isolat	Ulangan			Kadar ppm	Std. Deviasi	Notasi
		1	2	3			
1	Kontrol	0.001	0	0.002	0.00	0.00100	a
2	URT 1	46.61	45.13	44.77	45.50	0.97516	e
3	URT 2	5.35	6.36	5.04	5.58	0.69024	b
4	URT 3	18.67	17.31	17.09	17.69	0.85580	d
5	URT 4	11.9	10.11	10.79	10.93	0.90357	c
6	URT 5	9.99	10.28	11.4	10.56	0.74460	c

Lampiran 11. Uji Statistik IAA

Uji Normalitas Data (Shapiro -Wilk)

Tests of Normality

	Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
KadarIAA	Kontrol	.175	3	.	1.000	3	1.000
	URT1	.316	3	.	.890	3	.355
	URT2	.299	3	.	.914	3	.433
	URT3	.338	3	.	.852	3	.246
	URT4	.230	3	.	.981	3	.737
	URT5	.312	3	.	.896	3	.374

a. Lilliefors Significance Correction

Nilai signifikansi semua sampel termasuk kontrol > 0.05 : menunjukkan bahwa data terdistribusi secara normal.

Descriptives

KadarIAA

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	.0010	.00100	.00058		-.0015	.0035	.00	.00
URT1	3	45.5033	.97516	.56301		43.0809	47.9258	44.77	46.61
URT2	3	5.5833	.69024	.39851		3.8687	7.2980	5.04	6.36
URT3	3	17.6900	.85580	.49410		15.5641	19.8159	17.09	18.67
URT4	3	10.9333	.90357	.52167		8.6887	13.1779	10.11	11.90
URT5	3	10.5567	.74460	.42990		8.7070	12.4064	9.99	11.40
Total	18	15.0446	15.08772	3.55621		7.5417	22.5476	.00	46.61

Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

KadarIAA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.206	5	12	.121

Nilai signifikansi data > 0.05 : menunjukkan bahwa data bersifat homogen

ANOVA

KadarIAA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3862.806	5	772.561	1.313E3	.000
Within Groups	7.061	12	.588		
Total	3869.868	17			

Nilai signifikansi data < 0.05 : menunjukkan bahwa data terdapat perbedaan dengan taraf 5%

Uji Duncan

KadarIAA

Duncan

Sampel	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Kontrol	3	.0010				
URT2	3		5.5833			
URT5	3			10.5567		
URT4	3			10.9333		
URT3	3				17.6900	
URT1	3					45.5033
Sig.		1.000	1.000	.559	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Nilai pada tabel Duncan menunjukkan adanya perbedaan nyata dengan taraf 5% untuk setiap kelompok sampel, kecuali untuk URT 4 dan 5.

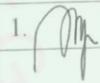
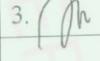
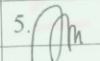
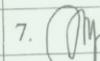


KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI

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

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Septian Tri Wicaksono
NIM : 15620078
Program Studi : Biologi
Semester : Ganjil T.A 2019
Pembimbing : Dr. Nur Kusmiyati, M.Si
Judul Skripsi : Isolasi Fungi Endofit Rimpang Rumput Teki (*Cyperus rotundus L.*) Sebagai Pelarut Fosfat Dan Penghasil Fitohormon Auksin Indole-3-Acetic Acid.

NO.	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	1 Januari 2019	Konsultasi Judul Penelitian	1. 
2.	14 Januari 2019	Konsultasi BAB I	2. 
3.	11 Februari 2019	Konsultasi BAB II	3. 
4.	25 Februari 2019	Konsultasi BAB I, II, III	4. 
5.	19 September 2019	Konsultasi BAB IV	5. 
6.	10 Oktober 2019	Konsultasi BAB IV	6. 
7.	25 Oktober 2019	Konsultasi BAB IV, V, dan Daftar Pustaka	7. 
8.	29 Oktober 2019	Konsultasi BAB IV, V, dan Daftar Pustaka	8. 

Malang, 21 November 2019

Pembimbing Skripsi,

Dr. Nur Kusmiyati, M.Si

NIDT. 19890816 20160108 2 061



Ketua Jurusan,
Komida, M.Si., D.Sc
NIP. 19810201 200901 1 019



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

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

KARTU KONSULTASI AGAMA SKRIPSI

Nama : Septian Tri Wicaksono
NIM : 15620078
Program Studi : Biologi
Semester : Ganjil T.A 2019
Pembimbing : Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
Judul Skripsi : Isolasi Fungi Endofit Rimpang Rumput Teki (*Cyperus rotundus L.*) Sebagai Pelarut Fosfat Dan Penghasil Fitohormon Auksin *Indole-3-Acetic Acid*.

NO.	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	15 Maret 2019	Konsultasi Integrasi Ayat BAB I dan II	1.
2.	15 Maret 2019	ACC Integrasi BAB I dan II	2.
3.	9 September 2019	Konsultasi Integrasi Ayat Keseluruhan BAB	3.
4.	1 November 2019	Konsultasi Integrasi Ayat Keseluruhan BAB	4.

Malang, 21 November 2019

Pembimbing Skripsi,

Dr. Ahmad Barizi, M.A

NIP. 19731212 199803 1 008

