

SKRIPSI

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI
RHIZOSFER TANAMAN EBONI (*Diospyros celebica*
Bakh.) YANG BERPOTENSI MENGHASILKAN
FITOHORMON IAA DAN GA3**

Disusun dan diajukan oleh :

ALI HASAN SALMAN

(M011 18 1324)



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI RHIZOSFER TANAMAN EBONI (*Diospyros celebica* Bakh.) YANG BERPOTENSI MENGHASILKAN FITOHORMON IAA DAN GA3

Disusun dan diajukan oleh

ALI HASAN SALMAN

M011181324

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas
Kehutanan Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 13 Januari 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

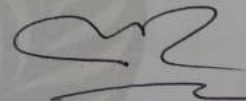
Menyetujui:

Pembimbing Utama



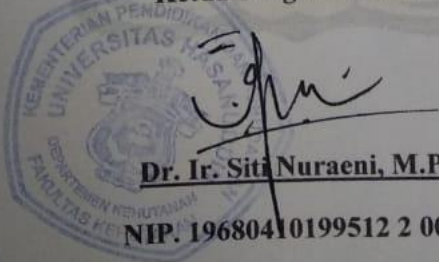
Dr. Ir. Siti Halimah Larekeng S.P., M.P.
NIP. 198202092015042002

Pembimbing Pendamping



Mukrimin, S. Hut, M.P., Ph. D.
NIP. 19780209200812 1 002

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Siti Nuraeni, M.P.
NIP. 19680410199512 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ali Hasan Salman

NIM : M011181324

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul "Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) yang Berpotensi Menghasilkan Fitohormon IAA dan GA3"

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya menerima saksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 13 Januari 2023

Yang menyatakan



Ali Hasan Salman

ABSTRAK

Ali Hasan Salman (M011181324, Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) yang Berpotensi Menghasilkan Fitohormon IAA dan GA3 Di bawah bimbingan Siti Halimah Larekeng dan Mukrimin

Eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) merupakan salah satu jenis pohon yang mempunyai pertumbuhan lambat (*Slow Growing Spesies*) yang menjadi salah satu faktor pembatas terhadap regenerasi alaminya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi bakteri rhizosfer yang mampu menghasilkan IAA dan GA3 yang berasosiasi dengan tanaman eboni sehingga dapat dikembangkan dan diaplikasikan sebagai pupuk hayati dalam membantu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas eboni. Hasil penelitian menunjukkan 6 isolat yang berpotensi menghasilkan IAA dan GA3, tiga isolat bakteri terbaik dalam menghasilkan IAA yaitu EP1b, EP3d, dan EP3c memiliki karakteristik gram basil positif dengan morfologi koloni berbentuk bulat dan menjalar tidak beraturan, tepi utuh dan berombak, warna putih, tengah bening, elevasi timbul dan timbul bermotif, sedangkan 3 isolat bakteri penghasil GA3 terbaik yaitu EP2a, EP2c dan EP2e memiliki kandungan gram basil negatif dan basil positif dengan morfologi koloni yang berbentuk bulat dan menjalar tidak beraturan, tepi utuh dan berombak, warna putih, elevasi timbul dan timbul bermotif.

Keywords: Bakteri Rhizosfer, Eboni, IAA, dan GA3

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan anugerah, rahmat, Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul **“Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) yang Berpotensi Menghasilkan Fitohormon IAA dan GA3”** sebagai bentuk upaya penyelesaian masa studi Kehutanan di Universitas Hasanuddin

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada orang tua tercinta, ayahanda **Salman S.Pi, M.Si** dan Ibunda **Nur Aini** yang selalu memberikan motivasi, dukungan serta doa di berbagai kondisi. Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Ibu **Dr. Ir. Siti Halimah Larekeng S.P., M.P** dan Bapak **Mukrimin, S. Hut, M.P., Ph. D** selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu **Gusmiaty, S.P., M.P.** dan ibu **Ira Taskirawati, S,Hut. M.Si. Ph.D** selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran, bantuan serta koreksi dalam penyusunan skripsi.
3. Kepada kak **Iswanto S.Hut, M.Si**, kak **Nurul Musdalifah S.Hut, Hesty Pratiwi Putri S. Hut, Kurniawan, Abbas S. Hut, Andi Wafiqah Mufli Murtdha S. Hut, Riska Amalia S.Hut, Shicilia**, dan kak **Yusril Suryamsyah, S.Hut.** yang telah membantu dalam proses penelitian.
4. Kak **Musdalifah S.Hut**, kak **Sulastris Indriyani S.Hut**, kak **Imelda Taruk**, kak **Atisa Muslimin S.Hut**, dan ibu **Siti Aminah, S.P.** selaku orang-orang yang telah membantu saya selama penelitian di lapangan dan di laboratoriu
5. Keluarga besar **“Kelas B, SOLUM 2018 dan seluruh teman-teman Bioteknologi”** terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya selama masa perkuliahan.

Dengan keterbatasan ilmu dan pengetahuan, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Bertolak dari itulah, penulis mengharapkan adanya koreksi, kritik dan saran yang membangun, dari berbagai pihak sehingga menjadi masukan bagi penulis untuk peningkatan di masa yang akan datang. Akhir kata penulis mengharapkan penyusunan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Makassar, 13 Januari 2023

Ali Hasan Salman

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
I. PENDAHULUAN	
2.1 Latar Belakang.....	1
2.2 Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Eboni	4
2.1.1 Sistematika.....	4
2.1.2 Morfologi.....	4
2.1.3 Penyebaran.....	5
2.2. Bakteri Rhizosfer	5
2.3 IAA (<i>Indole Acetic Acid</i>).....	6
2.4 GA3 (<i>Gibberellic Acid</i>).....	7
2.5 Bakteri Gram Positif dan Negatif	7
2.6 Bakteri Penghasil IAA dan GA3	8
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Penelitian	11
3.3.1 Pengambilan Sampel Tanah	11

3.3.2	Pembuatan Media Biakan Bakteri.....	12
3.3.3	Isolasi Miktoba Tanah.....	12
3.3.4	Proses Pemunian	13
3.3.5	Pengukuran Konsentrasi IAA.....	13
3.3.5	Pengukuran Konsentrasi GA3.....	15
3.3.5	Pengujian Reaksi Gram Bakteri.....	15
3.4	Analisis Data	16
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Isolasi Bakteri Rhizosfer	17
4.2	Uji Kemampuan Produksi IAA dan GA3	18
4.2.1	Produksi IAA	18
4.2.2	Produksi GA3.....	22
4.2	Karakterisasi Morfologi Bakteri Rhizosfer	26
4.2	Pewarnaan Gram Bakteri Rhizosfer.....	27
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran	31
	DAFTAR PUSTAKA	32
	LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah pada Tanaman Eboni di Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin, Kabupaten Maros.....	10
Gambar 2.	Pola Pengambilan Sampel Tanah Rhizosfer	12
Gambar 3.	Hasil Isolasi Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni, (a) Koloni Bakteri Hasil Pengenceran Hasil Pengenceran 10^{-6} , (b) Kontaminasi Jamur pada Media Biakan	25
Gambar 4.	Diagram Konsentrasi IAA Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni Berdasarkan Uji DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) pada Inkubasi 0 jam	19
Gambar 5.	Diagram Konsentrasi IAA Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni Berdasarkan Uji DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) pada Inkubasi 24 jam	19
Gambar 6.	Diagram Konsentrasi IAA Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni Berdasarkan Uji DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) pada Inkubasi 48 jam	20
Gambar 7.	Diagram Konsentrasi IAA Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni Berdasarkan Uji DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) pada Inkubasi 72 jam	20
Gambar 8.	Perbandingan Perubahan Warna 3 Isolat Penghasil IAA Tertinggi pada Waktu Inkubasi 0 Jam dan 72 jam (a) EP1b (b) EP3d (c) EP3c	21
Gambar 9.	Diagram Konsentrasi GA3 Isolat Bakeri Rhizosfer Tanaman Eboni Berdasarkan Uji DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) pada Inkubasi 0 Jam.....	23
Gambar 10.	Diagram Konsentrasi GA3 Isolat Bakeri Rhizosfer Tanaman Eboni Berdasarkan Uji DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) pada Inkubasi 24 Jam.....	23
Gambar 11.	Diagram Konsentrasi GA3 Isolat Bakeri Rhizosfer Tanaman Eboni Berdasarkan Uji DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) pada Inkubasi 48 Jam.....	24

Gambar 12. Diagram Konsentrasi GA3 Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni Berdasarkan Uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada Inkubasi 72 Jam..... 24

Gambar 13. Perbandingan Perubahan Warna 3 Isolat Penghasil GA3 Tertinggi pada Waktu Inkubasi 0 Jam dan 72 jam (a) EP2e (b) EP2c (c) EP2a 25

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni Penghasil Konsentrasi IAA Tertinggi.....	21
Tabel 2.	Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni Penghasil Konsentrasi IAA Tertinggi.....	25
Tabel 3.	Karakteristik Morfologi Pertumbuhan Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni	26
Tabel 4.	Hasil Pewarnaan Gram Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni Penghasil IAA dan GA3 tertinggi	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Titik Koordinat Pengambilan Sampel	38
Lampiran 2.	Komposisi Bahan	38
Lampiran 3.	Kegiatan Pengambilan Sampel	38
Lampiran 4.	Kegiatan Pembuatan Media NA dan Isolasi Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni	40
Lampiran 5.	Kegiatan Pengujian Bakteri	42
Lampiran 6.	Indukan Isolat Bakteri Rhizosfer Tanaman Eboni	43
Lampiran 7.	Pengujian IAA.....	46
Lampiran 8.	Pengujian GA3	49
Lampiran 9.	Nilai Konsentrasi IAA	51
Lampiran 10	Nilai Konsentrasi GA3	52

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) termasuk jenis kayu mewah dikarenakan memiliki corak kayu yang sangat indah. Maka dari itu eboni memiliki keuntungan secara ekonomis untuk dipergunakan sebagai sumber bahan baku industri. Eboni memiliki provenansi di Sulawesi yang meliputi Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Utara. Khususnya di Sulawesi Selatan eboni memiliki sebaran alami (provenansi) maupun budidaya yang membentuk tegakan alami (ras lahan) yang tersebar di Barru, Maros, Luwu, Sidrap dan Mamuju (Restu, 2006). Tanaman eboni memiliki sifat pertumbuhan yang lambat (*slow growing species*) menjadi salah satu faktor pembatas terhadap regenerasi alaminya sehingga eksploitasi yang dilakukan secara besar-besaran pada masa lalu menimbulkan kekhawatiran akan ancaman kelangkaan dan kepunahan jenis tersebut (Kinho *et al.*, 2015).

Produktivitas suatu tanaman sangat dipengaruhi oleh lahan dari tempat tumbuh tanaman tersebut. Salah satu indikator bagusnya tempat tumbuh adalah banyaknya jumlah mikroba. Komposisi mikroba di daerah rhizosfer sangat mempengaruhi penyediaan nutrisi bagi tanaman. Rhizosfer adalah tanah yang berada di sekitar akar tanaman dan dipengaruhi langsung oleh mikroba tanah serta eksudasi perakaran tanaman (Sukmadi, 2012). Bakteri rhizosfer memiliki peranan yang penting dalam menyediakan nutrisi bagi tanaman, melindungi tanaman dari infeksi bakteri patogen (terutama daerah perakaran) serta menghasilkan hormon yang memacu pertumbuhan tanaman (Khairani *et al.*, 2019).

Spesies mikroba sebagian merupakan mikroorganisme yang bermanfaat bagi pertumbuhan, sebagian beberapa jenis mikroba menyebabkan penyakit pada tanaman. Beberapa mikroba yang diketahui memiliki manfaat, seperti bakteri yang berperan sebagai agen peningkat pertumbuhan tanaman yang menghasilkan hormon tumbuh, salah satunya adalah *Indole Acetic Acid* (IAA) dan *Giberelic Acid* (GA3), IAA merupakan salah satu hormon pertumbuhan yang berperan untuk memacu pertumbuhan sepanjang sumbu longitudinal. Hal spesifik yang terlihat berupa peningkatan pembesaran sel yang berlangsung ke segala arah secara

isodiametric dan juga berperan dalam pembelahan serta pembentangan sel (A'Ini, 2013). Mikroba rhizosfer seperti *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., dan *Enterobacter* sp., dapat memberikan efek menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman karena kemampuannya menghasilkan hormon IAA (Sukmadi, 2012). GA3 atau asam giberelin merupakan metabolit sekunder yang secara struktural dapat terjadi pada tumbuhan dan mikroorganisme yang berperan sebagai hormon pertumbuhan alami yang mengendalikan banyak proses perkembangan seperti perkecambahan biji dan pemanjangan batang (Shukla *et al.*, 2005).

Hormon pemacu pertumbuhan ada yang berasal dari luar tumbuhan (eksogen) dan ada yang bersifat alami (endogen). IAA endogen merupakan hormon yang dihasilkan tanaman, sedangkan IAA eksogen merupakan hormon yang dihasilkan oleh bakteri yang mampu mempercepat pertumbuhan dengan memacu proses diferensiasi pada akar dalam membentuk rambut akar. Pembentukan rambut akar distimulasi oleh adanya bakteri rhizosfer yang memproduksi IAA (Patil, 2011). Giberelin endogen merupakan hormon yang berasal dari tanaman yang dapat ditemukan pada akar, batang, tunas, daun, tunas-tunas bunga, bintil akar, buah dan jaringan kalus (Wiraatmaja, 2017). Sedangkan giberelin eksogen dihasilkan oleh mikroorganisme seperti bakteri dan cendawan.

Pertumbuhan tanaman eboni diharapkan memiliki pertumbuhan yang maksimal dengan memanfaatkan bakteri rhizosfer yang menghasilkan IAA dan GA3. Penelitian mengenai potensi bakteri rhizosfer dalam menghasilkan hormon IAA suatu tanaman dilakukan oleh Silitonga *et al.*, (2013) yang menggunakan bakteri dari sampel tanah pada tumbuhan kedelai dengan masa inkubasi bakteri selama 6 hari. Firdausi (2018) mengisolasi bakteri penghasil IAA dari tegakan hutan rakyat Suren dan penelitian mengenai potensi bakteri rhizosfer penghasil GA3 oleh (Susilo *et al.*, 2015) dengan menggunakan sampel tanah rhizosfer pohon keruing (*Dipterocarpus* sp.).

Ekplorasi bakteri rhizosfer yang mampu menghasilkan senyawa pemacu pertumbuhan tanaman eboni seperti IAA masih sangat sedikit dilakukan dan GA3 belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengeksplorasi bakteri rhizosfer tanaman eboni yang berpotensi menghasilkan fitohormon IAA dan GA3 yang berasosiasi di bawah tanaman eboni.

1.2. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi bakteri rhizosfer yang mampu menghasilkan IAA dan GA3 yang berasosiasi dengan tegakan eboni. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai data dasar mengenai karakteristik bakteri rhizosfer penghasil IAA dan GA3 di bawah tegakan eboni sehingga dapat dikembangkan dan diaplikasikan sebagai pupuk hayati dalam membantu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas eboni.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eboni (*Diospyros celebica* Bakh.)

2.1.1 Sistematika

Riswan, (2002) mengklasifikasikan jenis *D. celebica* secara lengkap dengan uraian sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae (menghasilkan biji)
Kelas	: Dicotyledone (tumbuhan berbunga)
Sub Kelas	: Sympetalae
Ordo	: Ebenales
Famili	: Ebeneceae
Genus	: <i>Diospyros</i>
Spesies	: <i>Diospyros celebica</i> Bakh.

2.1.2 Morfologi

Pohon eboni berbentuk lurus dan besar, dengan ketinggian dapat mencapai 40 m dengan tinggi bebas cabang (TBC) \pm 20 m, diameter mencapai 150 cm atau lebih di atas akar papan yang tingginya dapat mencapai 4 m di atas permukaan tanah. Warna batang hitam dan bersisik. Bentuk daun yang dimiliki yaitu daun tunggal, bentuk memanjang sampai jorong dengan panjang 12-35 cm dengan lebar 2,5-7 cm. Ujung daun berbentuk lancip dan bagian dasar daun tumpul, tulang daun menjala tersier dan nyata jika diraba, baik muka daun dan bawah daun (Riswan, 2002).

Buah dari eboni menyerupai telur dengan ukuran rata-rata 3,5-5 cm x 3-3,5 cm, kulit buah halus dan berbulu tipis pada dasar dan ujung buah. Eboni akan berbunga dan berbuah pada umur 5-7 tahun. Periode dari bunga betina matang dan dibuahi sampai menjadi masak memerlukan waktu selama kurang lebih 6 bulan (Riswan, 2002). Biji diperoleh dari buah masak yang berasal dari pohon yang bagus dan sehat. Biji eboni yang berumur tua memiliki warna coklat kehitaman, berbentuk bulat panjang menyerupai biji sawo. Biji eboni memiliki panjang 2-5 cm dan tebal

0,5-1,5 cm. Rata-rata berat satu biji yaitu 0,5-2 gram dan dalam 1 kg terdapat ± 1.100 biji (Santoso *et al.*, 2002).

2.1.3 Penyebaran

Secara geografis penyebaran eboni yang terdapat di pulau Sulawesi tersebar dari 1°LS-4°LS dan 119°BT-120°BB yang berada di sepanjang jalur pegunungan yang membentang dari utara dan selatan. Spesies ini secara alami tersebar di Pulau Sulawesi utamanya di daerah Poso, Donggala dan Parigi (Provinsi Sulawesi Tengah), Gowa, Maros, Barru, Sidrap, Mamuju dan Luwu (Provinsi Sulawesi selatan). Eboni juga dijumpai di Sulawesi utara di daerah Gorontalo. Eboni tumbuh secara alami di punggung-punggung bukit dataran rendah hingga ketinggian 700 m dari permukaan laut. Pada ketinggian di atas 400 m diperoleh hasil pengamatan pertumbuhan tanaman eboni kurang baik (Allo, 2002). Tipe iklim yang disukai eboni adalah tipe iklim A-D daerah Malili, Mamuju dan Poso, tipe C yang tumbuh di hutan monsoon di daerah parigi (Alrasyid, 2002).

2.2 Bakteri Rhizosfer

Mikroba dalam lingkungan tanah memiliki peran utama dalam aliran energi dan daur nutrien yang berhubungan dengan produktivitas primer salah satunya adalah bakteri. Bakteri merupakan organisme prokariota dan berukuran kecil (mikroskopik) yang berperan besar dalam kehidupan di bumi. Setiap bakteri memiliki jenis yang berbeda-beda. Hal ini menyebabkan beberapa kelompok bakteri dikenal sebagai suatu agen yang menyebabkan infeksi dan penyakit, sedangkan kelompok lainnya mampu memberikan manfaat di bidang pangan, pengobatan dan industri (Stryer *et al.*, 2002).

Daerah perakaran tumbuhan secara umum disebut dengan rhizosfer sedangkan daerah sekitar tumbuhan disebut filosfer. Pada saat biosintesis, perakaran tumbuhan akan memasok oksigen ke rhizosfer atau sebaliknya pada saat respirasi akan membebaskan karbondioksida pada rhizosfer. Perakaran secara berkelanjutan akan membebaskan nutrien yang berasal dari eksudat, sekresi akar atau lisisnya sel-sel di perakaran (Sari, 2015).

Rhizosfer merupakan bagian dari tanah yang memiliki aktivitas metabolisme tertinggi yang didefinisikan sebagai sebagian kecil volume tanah yang langsung

dipengaruhi oleh pertumbuhan dan metabolisme akar tanaman (Niswati *et al.*, 2008). Terdapat berbagai macam mikroorganisme hidup dan berkembang di rhizosfer termasuk di permukaan perakaran (*rhizoplane*) dan mendapatkan keuntungan dari ketersediaan oksigen dan nutrient. Rhizosfer juga berperan sebagai pertahanan luar bagi tanaman terhadap serangan patogen akar (Putri, 2015).

Total lingkungan rhizosfer ditentukan oleh interaksi dari tanah, tanaman, organisme yang berasosiasi dengan akar. Interaksi antara akar dan organisme dapat menguntungkan, merusak, atau netral tetapi seiring pengaruhnya tergantung pada kondisi tanah (Adawiah, 2016). Sejumlah spesies bakteri rhizosfer tanaman tergolong ke dalam genus *Azospirillum*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, dan *Serratia* yang mampu memberikan efek positif bagi pertumbuhan tanaman (Tilak *et al.*, 2005).

2.3 IAA (*Indole Acetic Acid*)

IAA merupakan hormon yang tidak diproduksi oleh tumbuhan atau disebut sebagai IAA eksogen yang dapat disintesis oleh bakteri, fungi, dan alga. Hormon IAA menginduksi pemanjangan akar, pertumbuhan tunas, pembelahan sel dalam jaringan, diferensiasi sel, dan pembentukan akar adventif. Auksin alami yang sering ditemui adalah IAA. Kemampuan menghasilkan IAA tersebar diantara kelompok bakteri tanah, bakteri epifit, dan bakteri endofit. *Pseudomonas* sp. dan *Azotobacter* sp. merupakan salah satu mikroorganisme yang berperan penting dalam menghasilkan hormon IAA (De-Bashan *et al.*, 2008). Hormon auksin (IAA) dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu IAA endogen dan eksogen (Astriani, 2015).

Hormon IAA endogen berperan dalam perkembangan akar, menghambat pertumbuhan tunas samping, merangsang terjadinya absisi, serta berperan dalam pembentukan jaringan *xylem* dan *floem* (Silitonga *et al.*, 2013). Hormon IAA di lingkungan dapat berasal dari mikroorganisme penghasil IAA terutama yang berasosiasi dengan permukaan akar atau daerah rhizosfer (Manulis *et al.*, 1994). IAA mengendalikan banyak proses fisiologis termasuk pembesaran sel, diferensiasi jaringan, serta respon tanaman terhadap cahaya (Spaepen *et al.*, 2007).

IAA eksogen merupakan salah satu fitohormon paling aktif secara fisiologi, dihasilkan oleh beberapa mikroba yang mempunyai jalur metabolisme antara lain melalui sintesis L-triptofan. Bakteri rhizosfer dapat mensintesis auksin sebagai metabolit sekunder karena persediaan substrat yang berasal dari eksudat akar lebih banyak dibandingkan dengan tanah non-rhizosfer (Patil, 2011).

2.4 GA3 (*Gibberellic Acid*)

Giberelin adalah hormon pada tumbuhan yang terdapat di batang, akar, tunas, daun, bintil akar, buah dan jaringan halus. Giberelin dapat merangsang pertumbuhan batang serta meningkatkan besarnya daun pada beberapa jenis tumbuhan. Giberelin dapat pula menggantikan suhu rendah 20-40°C pada tanaman yang membutuhkan perlakuan tersebut dan bagi pembungaan dapat mempercepat munculnya tunas di permukaan tanah (J. Nasution & Friska, 2020).

Pengaruh GA3 terutama di dalam perpanjangan ruas tanaman berhubungan dengan bertambah besar dan jumlah sel-sel pada ruas-ruas tersebut (Srilillah, 2008) Giberelin banyak digunakan dalam industri pertanian, pembuatan bir dan kosmetik. Produksi tahunan dunia asam giberelin melebihi sekitar 25 ton dengan nilai pasar 100 juta USD (Karakoc & Aksoz, 2004).

Giberelin berfungsi dalam memacu pertumbuhan batang, meningkatkan pembesaran dan perbanyakkan sel pada tanaman, sehingga tanaman dapat mencapai tinggi yang maksimal (Puspitasari, 2008). Proses pembelahan sel dan pembesaran sel bukan saja dipengaruhi oleh giberelin, tetapi juga oleh auksin. Perbedaan antara giberelin dan auksin dalam proses tersebut adalah bahwa giberelin lebih efektif pada tanaman yang utuh, sedangkan auksin pada potongan-potongan organ tanaman seperti pada stek akar, stek tunas dan lain-lain (Harahap, 2012).

2.5 Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif

Secara umum jenis bakteri gram dapat dibedakan menjadi dua, yaitu gram positif dan gram negatif. Bakteri yang mempunyai gram negatif mempunyai zat lipid yang sangat mudah larut selama pencucian dengan menggunakan alkohol, sehingga pori yang ada pada dinding sel membesar sehingga menyebabkan permeabilitas pada dinding sel menjadi besar, dan zat warna yang diserap menjadi

mudah untuk dilepaskan sehingga bakteri menjadi tidak berwarna. Sedangkan bakteri gram positif mempunyai sifat yang berbeda jika dibandingkan dengan bakteri gram negatif, dimana bakteri gram positif pada saat proses pencucian dengan alkohol mengalami denaturasi protein pada dinding selnya. Sehingga menyebabkan protein menjadi keras dan kaku, kemudian pori akan menjadi kecil dan permeabilitas menjadi kurang sehingga Kristal violet tetap dipertahankan dan mengakibatkan muncul warna ungu. (Syahrurachman *et al.*, 2012).

Bakteri gram negatif dalam mensintesis IAA sangat tergantung dengan adanya triptofan dengan melalui indole-3-pyruvic acid (IPA), indole-3-acetamid (IAM), atau indole-3-acetonitrile (IAN), sebagai perantara yang sangat penting. Bakteri gram positif dalam mensintesis IAA tidak tergantung adanya triptofan dari luar. Bakteri gram positif mensintesis IAA dapat melalui berbagai cara, tetapi rute utama IAA adalah melalui indole-3-pyruvic acid (IPA) dengan kemungkinan senyawa yang paling berperan besar adalah indole-3-ethanol (Idris *et al.*, 2007).

2.6 Bakteri Penghasil IAA dan GA3

Rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman (RPPT) berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil panen, dan kesuburan lahan (Agustian *et al.*, 2010). Beberapa mikroorganisme tanah yang mampu menghasilkan IAA diantaranya *Enterobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Klebsiella* sp., *Alcaligenes faecali*, *Azoarcus* sp., *Serratia* sp., *Cyanobacteria*, *Erwinia herbicoa* *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Agrobacterium tumefaciens* dan bakteri sulfur dapat mendorong pertumbuhan tanaman (Rubio *et al.*, 2000). Menambahkan bakteri *Pseudomonas* sp., pada beberapa tanaman juga dapat memacu produksi hormon IAA (Picard & Bosco, 2005). Beberapa bakteri yang memproduksi IAA dengan penambahan triptofan antara lain ialah *Azetobacter* memproduksi IAA sebesar 1.47-11.88 mg/ml, 5.99-24.8 mg/ml dan 7.3-32.8 mg/ml setelah penambahan triptofan 1,2 dan 5 mg/ml (Ahmad *et al.*, 2005).

Giberelin merupakan salah satu fitohormon yang dapat dihasilkan oleh bakteri. Giberelin berperan dalam mengatur pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Susilo *et al.*, 2015). Giberelin dapat dihasilkan oleh mikroba yang berperan dalam proses fisiologis, memacu pertumbuhan akar, dan meningkatkan

pertumbuhan rambut akar (Utami *et al.*, 2018). Kemampuan bakteri rhizofe dalam menghasilkan giberelin berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik biokimia dan faktor lingkungan (Ahmad *et al.*, 2008). Giberelin yang dihasilkan rizobakteri dapat berperan sebagai hormon endogen pada tanaman. Pada bakteri *Pseudomonas* sp. Mengalami pertumbuhan dan produksi giberelin yang optimum pada media tumbuh dengan pH 7 namun, mengalami hambatan biosintesis giberelin ketika terpapar oleh cahaya (Karakoc & Aksoz, 2006).