

**KARAKTERISASI MORFOLOGI DAN PENGELOMPOKAN  
ISOLAT BAKTERI PENGHASIL HORMON IAA  
(*Indole Acetic Acid*) DARI TANAH RHIZOSFER  
BAWANG MERAH (*Allium cepa*) DI NGANJUK  
DENGAN VARIASI WILAYAH  
YANG BERBEDA**

**SKRIPSI**



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Disusun Oleh:**

**WURI HANDAYANI**

**NIM: H01216020**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Wuri Handayani

NIM : H01216020

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "KARAKTERISASI MORFOLOGI DAN PENGELOMPOKAN ISOLAT BAKTERI PENGHASIL HORMON IAA (*Indole Acetic Acid*) DARI TANAH RHIZOSFER BAWANG MERAH (*Allium cepa*) DI NGANJUK DENGAN VARIASI WILAYAH YANG BERBEDA". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 24 Maret 2020

Yang menyatakan,



Wuri Handayani  
NIM H01216020

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Proposal skripsi oleh

NAMA : Wuri Handayani


NIM : H01216020

JUDUL : Karakterisasi Morfologi dan Pengelompokan Isolat Bakteri Penghasil Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dari Tanah Rhizosfer Bawang Merah (*Allium cepa*) di Nganjuk dengan Variasi Wilayah yang Berbeda

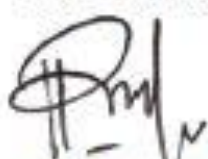
Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 24 Maret 2020

Dosen Pembimbing I

  
Misbakhul Munir, S.Si., M. Kes NIP.  
198107252014031002

Dosen Pembimbing II


  
Inul Hidayati, M. Kes  
NIP. 198102282014032001

## PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

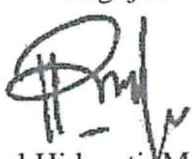
Skripsi ini telah dipertahankan  
di depan tim penguji skripsi  
di Surabaya, 24 Maret 2020

Mengesahkan,  
Dewan Penguji

Penguji I

  
Misbahul Munir, S.Si., M. Kes  
NIP. 198107252014031002


Penguji II

  
Irul Hidayati, M.Kes  
NIP. 198102282014032001

Penguji III


  
Esti Tyastirin, M.KM  
NIP. 198706242014032001

Penguji IV

  
Estri Kusumawati M.Kes  
NIP. 198708042014032003

Mengetahui,  
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya



  
Dr. Evy Fatmatur Rusydiyah, M.Ag  
NIP. 197312272005012003



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Wuri Handayani  
NIM : H01216020  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi  
E-mail address : wurihandayani2@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain(.....)  
yang berjudul :

Karakterisasi Morfologidan Pengelompokan Isolat Bakteri Penghasil Hormon IAA

(Indole Acetic Acid) dari Tanah Rhizosfer Bawang Merah (*Allium cepa*) di Nganjuk dengan

Variasi Wilayah yang Berbeda

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 24 Maret 2020

Penulis

(Wuri Handayani)



















disebabkan penguapan atau erosi yang dapat menimbulkan masalah lingkungan yang berat (Aisha dkk, 2007).

Penggunaan pupuk kimia berdampak pada kesehatan dan lingkungan. Setiap hari para petani terpapar bahan kimia saat melalui proses budidaya tanaman. Disamping itu masyarakat sekitar lokasi pertanian sangat beresiko terkontaminasi melalui udara, tanah, dan air yang ikut tercemar bahkan konsumen melalui produk pertanian tersebut. Berdasarkan studi literatur bahwa penyebab multiple myeloma, sarkoma, kanker prostat dan pankreas, kanker rahim, pankreas serta Hodgkin merupakan dampak dari paparan bahan kimia (Alavanja dkk, 2004; Arcury dan Quandt, 2003; Rich, 2006).

Maraknya penggunaan pupuk kimia salah satunya disebabkan oleh kemajuan teknologi di bidang pertanian dalam meningkatkan hasil pertanian. Padahal penggunaan produk alami dapat digunakan sebagai alternatif dari penggunaan pupuk kimia yang dampak buruknya lebih kecil. Seperti penggunaan mikroorganisme yang berperan sebagai zat pengatur tumbuh (ZPT).

Mikroorganisme endofit merupakan salah satu dari mikroorganisme yang saat ini mulai dikembangkan peranannya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui kemampuannya menghasilkan hormon pertumbuhan dan penambatan  $N_2$  dari udara. Kemampuannya dalam menghasilkan hormon IAA atau dikenal dengan auksin dapat membantu tanaman untuk tumbuh lebih baik (James dan Olivares, 1997). Diantara hormon IAA yaitu berperan dalam perkembangan akar, menghambat pertumbuhan tunas samping, merangsang terjadinya absisi, dan berperan dalam pembentukan jaringan xylem dan floem (Silitonga dkk, 2008).











### 2.1.2. Morfologi

Tanaman bawang merah terdiri dari akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Akar tanaman bawang merah terdiri dari akar serabut yang berfungsi sebagai tempat tumbuh akar adventif dan bulu akar untuk menopang tanaman serta menyerap air dan zat hara di dalam tanah. Akar tersebut dapat tumbuh hingga kedalaman 30 cm, berwarna putih, dan jika diremas baunya menyengat seperti bawang merah. Bawang merah merupakan tanaman semusim yang berbentuk rumput dan tumbuh tegak dengan tinggi mencapai 15 - 50 cm. Akar dapat tumbuh hingga kedalaman 30 cm, berwarna putih, dan jika diremas akar berbau menyengat seperti bau bawang merah. Daun bawang merah memiliki tangkai yang pendek, berbentuk bulat mirip pipa, berlubang, dan meruncing pada bagian ujung. Daun berwarna hijau tua atau hijau muda tergantung varietasnya. Saat masa tua, daun mulai menguning dan tidak lagi setegak saat masih muda dan akhirnya mengering mulai dari bagian bawah tanaman (Pitojo, 2003). Bunga bawang merah termasuk bunga majemuk berbentuk tandan (Wibowo, 2007). Bunga bawang merah terdiri dari tangkai dan tandan bunga. Tangkai bunga berbentuk ramping, bulat dan berukuran panjang lebih dari 50cm. Pada bagian bawah pangkal tangkai bunga agak menggelembung dan berukuran lebih kecil pada tangkai bagian atas. Terdapat bagian yang berbentuk kepala dan berujung agak runcing di bagian ujung tangkai, yaitu tandan bunga yang masih terbungkus seludang. Saat seludang terbuka, perlahan tandan akan tampak dan muncul kuncup-kuncup bunga dengan ukuran tangkai kurang dari 2 cm. Bunga bawang merah termasuk kelompok bunga sempurna karena memiliki benang sari dan kepala putik. Tiap kuntum bunga terdiri atas 6 daun bunga yang berwarna putih, 6 benangsari yang berwarna hijau ke



kuning-kuningan, dan sebuah putik. terkadang diantara kuntum bunga bawang merah ditemukan bunga yang memiliki putik yang sangat kecil dan pendek yang diduga merupakan bunga steril (Wijarini, 2017).

Tajuk dan umbi pada bawang merah seperti bawang bombay, tetapi ukurannya kecil. Perbedaan lainnya adalah umbinya yang berbentuk seperti buah jambu air, kulitnya coklat kemerahan, berkembang secara berkelompok dipangkal tanaman, kelompok ini dapat terdiri dari beberapa hingga 15 umbi. Bawang merah memiliki 2 fase tumbuh, yaitu fase vegetatif dan generatif. Fase vegetatif dimulai setelah berumur 11 - 35 hari setelah tanam (HST), dan fase generatif pada saat tanaman berumur 36 hari setelah tanam (HST), pada fase generatif ini ada yang disebut dengan fase pembentukan umbi antara 36 - 50 HST dan fase pematangan umbi 51 - 56 HST (Yamaguchi dan Rubatzky, 1998).

Bakal biji bawang merah seperti kubah yang terdiri dari tiga ruangan dan masing-masing memiliki bakal biji. Bunga yang berhasil mengadakan persarian akan tumbuh menjadi buah dan bunga-bunga yang lain akan mengering mati. Buah bawang merah berbentuk bulat dan di dalamnya terdapat biji yang berbentuk agak pipih dan berukuran kecil. Berwarna putih bening jika masih muda dan berwarna hitam setelah tua (Pitojo, 2003).

Tanaman bawang merah umumnya diperbanyak dengan bibit berupa umbi. Oleh karena itu dalam pememilih bibit haruslah fokus ditujukan kepada umbinya dan haruslah berasal dari tanaman yang sehat dan dipanen diwaktu yang cukup tua (Wibowo, 2007). Umbi-umbi bawang merah yang dipanen cukup tua terlihat padat dan berisi. Sedangkan umbi yang dipanen muda atau belum cukup umur terasa lunak atau kurang padat bila dipegang. Umbi yang sehat mempunyai ciri warna

yang nampak cerah dan tidak terlihat adanya warna hitam atau gelap yang menunjukkan terserang penyakit cendawan. Penggunaan umbi untuk bibit haruslah yang sudah disimpan cukup lama. Minimal sudah disimpan selama 2 bulan, yang paling baik adalah yang sudah disimpan 6-8 bulan dengan penyimpanan yang baik (Wibowo,2007). Umbi sehat yang berwarna mengilap, kompak atau tidak keropos, ukuran umbi sedang (3-4 gr/umbi), dan kulit tidak luka merupakan ciri-ciri umbi yang siap ditanam (Supriati dan Herliana, 2014). Cara penanaman bawang merah untuk umbi sama dengan penanaman untuk konsumsi. Akan tetapi, jarak tanam yang digunakan lebih rapat (10x10 cm). Penanaman bawang merah dengan jarak yang rapat mampu menghasilkan lebih banyak umbi yang berukuran sedang dan hasil umbi per satuan luas lebih banyak. Sebaliknya, bila jarak tanam terlalu rapat, umbi yang dihasilkanpun lebih kecil dan lebih rebah (Rahayu dan Nur, 2004).

## **2.2. Bakteri Rhizosfer**

Bakteri merupakan organisme prokariotik bersel tunggal dengan jumlah kelompok paling banyak dan dijumpai di tiap ekosistem. Bakteri memiliki kemampuan metabolik lebih beragam dan memegang peranan penting dalam dekomposisi bahan organik, pembentukan tanah, transformasi unsur hara, remediasi tanah tercemar, berintegrasi secara mutualistik dengan tanaman, dan juga sebagai penyebab penyakit tanaman (Saraswati dkk, 2007).

Mikroorganisme tanah yang bermanfaat seperti bakteri pelarut fosfat (BPF) dan bakteri penambat nitrogen non-simbiotik. Proses penyuburan tanah merupakan peran dari bakteri pelarut fosfat karena mampu melarutkan fosfat dengan mengekskresikan sejumlah asam organik berbobot molekul rendah seperti fumarat, oksalat, suksinat, dan malat. Asam-asam organik ini akan bereaksi dengan bahan

pengikat fosfat, seperti  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ , atau  $Mg^{2+}$  membentuk khelat organik yang stabil sehingga mampu membebaskan ion fosfat terikat dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Simanungkalit dan Suriadikarta 2006). Widawati dan Suliasih (2006) menyatakan bahwa populasi BPF di daerah rhizosfer mampu menghasilkan 10100 kali lebih banyak dibandingkan daerah nonrhizosfer karena bahan organik yang diekskresikan oleh akar mampu merangsang dan mencukupi pertumbuhan bakteri. Bakteri penambat nitrogen non-simbiotik merupakan bakteri yang dapat mengubah molekul nitrogen menjadi amonium tanpa bergantung pada organisme lain. Secara biologis, jumlah nitrogen hasil penambatan nitrogen merupakan yang terbesar dari seluruh proses penambatan  $N_2$  atmosfer menjadi ion amonium (Danapriatna 2010).

Bagian tanah yang berada disekitar perakaran tanaman disebut dengan rhizosfer yang berperan sebagai pertahanan luar bagi tanaman terhadap serangan patogen akar. Tanah di rhizosfer pada umumnya memiliki populasi mikroorganisme lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah nonrhizosfer. Aktivitas mikroorganisme rhizosfer dipengaruhi oleh eksudat yang dihasilkan dari perakaran tanaman. Selain perannya dalam siklus hara dan proses pembentukan tanah beberapa mikroorganisme rhizosfer berperan dalam pertumbuhan tanaman, mempengaruhi aktivitas mikroorganisme, dan sebagai pengendali hayati terhadap patogen akar (Simatupang, 2008). Tilak dkk (2005), menyatakan bahwa komunitas bakteri rhizosfer tanaman memiliki sistem yang efisien untuk mengambil dan melakukan katabolisme senyawa-senyawa organik yang berada di dalam eksudat akar.

Mikroorganisme yang berasal dari rhizosfer tanaman berpotensi mampu menghasilkan hormon IAA karena akar tanaman dapat mensekresikan eksudat akar yang mengandung tryptopan yang digunakan sebagai prekursor dalam biosintesis hormon IAA pada tanaman (Khalid dkk, 2004).

Menurut Pan dkk, (1999) Bakteri tanah yang mampu menghasilkan hormon untuk pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung dengan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan sebagai fasilitator dalam penyerapan beberapa unsur hara dari lingkungan. Sedangkan secara tidak langsung dengan menghasilkan fitohormon melalui mekanisme penghambatan organisme patogen pada tanaman.

Tanaman dalam masa pertumbuhannya mampu mensintesis sendiri fitohormon auksin secara alamiah. Selain itu, tanaman juga dapat memperoleh fitohormon auksin dari mikroba yang bersimbiosis dengan tanaman tersebut. Mikroba-mikroba tersebut biasanya hidup di daerah rizosfer dan endofit tanaman. Biasanya dilakukan isolasi dan seleksi mikroba rizosfer dan mikroba endofit untuk mendapatkan mikroba penghasil fitohormon yang unggul (Sukmadi, 2013).

Interaksi akar dan mikroorganisme di dalam rhizosfer terjadi proses tertentu. Akar tanaman yang berbeda pada rhizosfer bersaing untuk mendapatkan air, mineral, dan nutrisi (Sanaullah dkk, 2011). Mikroorganisme dapat mempengaruhi pertumbuhan dan serapan hara oleh tanaman karena adanya interaksi antara mikroorganisme dan tanaman dengan merangsang atau menghambat zat yang mempengaruhi fisiologi akar dan sistem akar (Marschner dkk, 2011). Peran utama mikroba ini adalah membantu menyediakan unsur hara bagi tanaman. Dampak yang ditimbulkan oleh mikroba ini yaitu dengan mempengaruhi

pertumbuhan tanaman secara tidak langsung. Komunitas bakteri di rhizosfer tidak pernah statis tetapi selalu berfluktuasi sejalan dengan tahapan pertumbuhan tanaman (Widyati, 2013).

Beberapa mikroba rhizosfer berperan penting dalam siklus hara dan proses pembentukan tanah, pertumbuhan tanaman, memengaruhi aktivitas mikroba, dan sebagai pengendali hayati terhadap patogen akar (Simatupang, 2008). Menurut Irianto (2002), mikroba rhizosfer yang berada di dalam tanah dekat dengan perakaran dapat bersifat menguntungkan dan ada yang bersifat merugikan. Menguntungkan antara lain dalam stabilitas tanah, penyerapan air dan nutrisi, pemacu pertumbuhan, fiksasi N<sub>2</sub>, pengendalian hayati, antibiosis dan simbiosis. Proses penyediaan nutrisi pada tanaman mikroba rhizosfer berperan dengan cara mengubah sifat morfologi dan fisiologi akar serta sistem tanaman, mengubah fase keseimbangan nutrisi sehingga mudah ditransport ke permukaan akar dan atau diabsorpsi, mengubah komposisi kimia tanah, melakukan transfer langsung dari mikroba simbiotik ke inang melalui proses simbiotik, dan menghambat area penyerapan pada akar tumbuhan atau berkompetisi dalam mendapatkan makanan.

Berdasarkan biografinya, rhizosfer dicirikan dengan aktivitas biologinya yang paling tinggi pada tanah. Interaksi dari tanah, tanaman, dan organisme yang berasosiasi dengan akar tersebut menentukan lingkungan rhizosfer total. Secara terus menerus berbagai senyawa organik dikeluarkan akar ke dalam rhizosfer yang secara intensif akan menarik kehadiran mikroba yang menguntungkan maupun patogen, sehingga berdampak positif dan negatif bagi tanaman (Berg dan Smalla, 2009).





mampu mengembangkan sel-sel yang ada di daerah belakang meristem. Sehingga sel-sel tersebut menjadi panjang dan banyak berisi air. Auksin mempengaruhi pengembangan dinding sel yang mengakibatkan berkurangnya tekanan dinding sel terhadap protoplas. Pertumbuhan bersifat irreversible yaitu penambahan jumlah sel pada suatu organisme dan bersifat tidak dapat dikembalikan. Proses ini pada umumnya di ikuti dengan penambahan bobot tubuh. Pertumbuhan akan di ikuti oleh proses perkembangan sehingga menjadikan suatu proses yang saling berkaitan. Kedua hal ini terjadi melalui beberapa tahapan. Seperti pada akar yang merupakan bagian tumbuhan berbiji yang berada dalam tanah bewarna putih, dan seringkali berbentuk meruncing dan suka menembus dalam tanah. Akar memiliki komponen penyusun akar salah satunya yaitu tudung akar yang terletak dibagian ujung akar. Dibagian belakang tudung akar terdapat terdapat titik tumbuh yang berupa sel-sel meristem yang selalu membelah. Dibelakang titik tumbuh meristem terdapat kumpulan sel-sel besar yang mampu memanjang atau disebut sebagai daerah perpanjangan. Perpanjangan bagian meristem ini dapat dipengaruhi oleh adanya hormon tumbuh pada akar (Heddy, 1990).

Terdapat dua kelompok zat pengatur tumbuh (ZPT) yang sering digunakan yaitu kelompok auksin seperti Indoleacetic acid (IAA) dan naphthaleneacetic acid (NAA). Sedangkan kelompok sitokinin seperti kinetin dan benzylamino purine (BAP). Penggunaan auksin dan sitokinin pada konsentrasi yang tepat mampu memicu pertumbuhan eksplan, terutama pada pembentukan daun, tunas, dan ruas (Samudin, 2009).

Pada tahun 1935, Went dan Kenneth V Thimann menunjukkan bahwa IAA memacu pertumbuhan awal akar pada setek batang, dan mulai dari situlah pertama

kali berkembang penggunaan auksin dalam praktek. Auksin tiruan NAA biasanya lebih efektif daripada IAA, terlihat karena hormon NAA tidak dirusak oleh hormon IAA oksidase atau enzim lain, sehingga bisa bertahan lebih lama. (Salisbury dan Ross, 1992). Jenis zat pengatur tumbuh yang sangat efektif yang mampu mengatur pertumbuhan akar adalah golongan auksin. Asam indol-3 asetat (IAA) diidentifikasi tahun 1934 sebagai senyawa alami yang mampu menunjukkan reaksi auksin yang mendorong pembentukan akar adventif. IAA sintetik juga telah terbukti mendorong pertumbuhan akar adventif. Pada waktu yang samapula ditemukan asam indol butirat (IBA) dan asam naptalen asetat (NAA) yang mempunyai dampak sama seperti IAA (Ashari,1995).

ZPT (Zat Pengatur Tumbuh) merupakan senyawa organik yang bukan termasuk unsur hara, meskipun dalam jumlah sedikit tetap dapat mendukung dan merubah proses fisiologis tanaman, tetapi jika dalam jumlah besar dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Penggunaan ZPT yang tepat dapat memberikan pengaruh positif bagi pertumbuhan tanaman. Jika jumlahnya terlalu banyak akan meracuni tanaman dan jika terlalu sedikit tidak akan berpengaruh bagi pertumbuhan tanaman (Safitri, 2019).

ZPT tanaman merupakan senyawa organik yang bukan hara. Meskipun dalam jumlah sedikit mampu mendukung, menghambat, dan merubah proses fisiologis tumbuhan. Selain diperhatikannya media tumbuh, maka diperlukan pula zat pengatur tumbuh (zpt) untuk mendapatkan hasil perbanyakan bibit yang baik dan menunjang tumbuh kembangnya tanaman. Auksin merupakan salah satu hormon yang dapat berpengaruh terhadap pembentukan akar, kegiatan sel-sel

meristem, perkembangan tunas, pembentukan buah, pembentukan bunga, dan terhadap gugurnya daun dan buah (Patma dkk, 2013).

Hormon IAA dihasilkan di dalam rhizosfer yang merupakan zona disekitar akar tanaman yang memiliki banyak peran penting terutama dalam daur unsur organik untuk kehidupan tanaman juga merupakan interaksi antara mikroba tanah dan akar tanaman hidup (Sukmadi, 2013). Mikroba yang berada di rhizosfer mampu untuk membentuk mantel di daerah perakaran dan meningkatkan kemampuan tanaman untuk memanfaatkan hara, peran tersebut dianggap sebagai pemicu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth Promoting rhizospheric Microorganism* (PGPRM) (Munif dan Awaludin, 2011). Menurut Sukmadi (2013), ada beberapa mikroba rhizosfer yang memberikan efek menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman seperti *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., dan *Enterobacter* sp. yang mampu menghasilkan hormon IAA

Hormon IAA terdiri atas endogen dan eksogen. Secara endogen, hormon IAA dapat diproduksi oleh tanaman itu sendiri namun IAA yang dihasilkan belum optimal, sehingga membutuhkan IAA eksogen yang berasal dari luar tanaman dan berasal dari mikroorganisme yang hidup di sekitar rizosfer tanaman. Mikroorganisme penghuni rizosfer tanaman memanfaatkan eksudat tanaman (substrat) untuk mensintesis dan melepaskan auksin sebagai metabolit sekunder (Ljung, 2013). Jika konsentrasi IAA rendah maka dapat menstimulasi pemanjangan akar utama, sedangkan jika konsentrasi tinggi maka akan menstimulasi pembentukan akar lateral dan akar adventif. Pada tanaman yang masih muda, pembentukan akar lateral dan akar adventif sangat berperan dalam hal menyerap unsur hara (Astriani, 2015).

Dengan melalui jalur indole-3-pyruvate (IPA) dan indole-3-acetamide (IAM) sebagian besar bakteri memproduksi IAA dengan menggunakan triptofan sebagai prekursor (Putrie dkk, 2017). Adapun jalur lainnya seperti jalur triptamin (TAM) dan indol-3-asetonitril (IAN) (Spaepen et al., 2007). Triptofan pada tanaman maupun mikroba telah diakui sebagai prekursor fisiologis biosintesis auksin dan juga merupakan prekursor fisiologis yang efisien dalam proses biosintesis auksin mikrobial serta mengandung sumber berupa senyawa aktif yang memacu pertumbuhan mikrobiota rhizosfer dan endofit (Sari, 2012).

*Indole Acetic Acid* (IAA) yang dikenal dengan hormon auksin merupakan anggota utama dari kelompok auksin yang mengendalikan banyak proses fisiologis penting termasuk memacu pemanjangan sel, sehingga perkembangan akar menjadi lebih optimal (Larosa dkk, 2013). IAA merupakan salah satu hormon pertumbuhan yang berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman sepanjang sumbu longitudinal yang terlihat berupa peningkatan pembesaran sel yang berlangsung kesegala arah juga berperan dalam pembelahan dan pembentangan sel (Wattimena, 1991).

Terdapat beberapa auksin alami lain selain IAA yang ditemukan pada tumbuhan, yaitu 4-chloro-IAA dan phenylacetic acid. Namun, dibanding IAA mereka lebih tidak aktif. Selain auksin alami, terdapat juga 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) dan NAA (naphthaleneacetic acid) yang merupakan auksin sintesis. IAA bergerak melalui sel-sel parenkim di korteks dan jaringan pembuluh. Pada batang, IAA bergerak secara basipetal, artinya IAA bergerak menuju dasar, bahkan jika batang dibalikkan. Pada akar, IAA bergerak secara akropetal yang artinya bergerak menuju pucuk (Heddy, 1990).



Menurut Dwianti (2016), pada bagian akar, batang, dan bunga adalah tempat terbanyak ditemukannya hormon auksin yang berfungsi mengatur proses pembelahan sel dan memicu proses pemanjangan sel didaerah meristem subapikal. Selain itu auksin dapat meningkatkan tekanan osmotik, permeabilitas sel, mengurangi tekanan pada dinding sel, meningkatkan plastisitas dan mengembangkan dinding sel serta meningkatkan sintesis protein. Hormon IAA dibedakan menjadi dua kelompok yaitu IAA endogen dan IAA eksogen (Astriani, 2015).

IAA endogen berasal dari tanaman yang merupakan salah satu hormon tanaman paling penting yang mengatur banyak aspek yaitu pertumbuhan dan perkembangan tanaman sepanjang siklus sel tumbuhan, pembelahan sel, pemanjangan sel, dan diferensiasi untuk inisiasi akar, dominasi apikal, tropisme, dan pembungaan (Baca dan Elmerich, 2003).

IAA eksogen merupakan salah satu fitohormon yang aktif secara fisiologi, dihasilkan oleh beberapa mikroba yang mempunyai jalur metabolisme melalui sintesis L-triptopan. 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. Bakteri Penghasil IAA**

Bakteri penghasil fitohormon merupakan bakteri yang mampu menghasilkan senyawa yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman. Dalam meningkatkan produktivitas tanaman dan mempertahankan kesuburan tanah, bakteri tanah (rhizobakteria) mampu menghasilkan hormon IAA dan memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sangat penting karena dapat membawa



tersebar luas. Bakteri memiliki ratusan ribu spesies yang hidup di darat maupun di laut bahkan pada tempat-tempat ekstrim disana terdapat bakteri yang menguntungkan bahkan ada yang merugikan (Campbell dkk, 2006).

Sejumlah bakteri tanah dan air dalam pertumbuhan sesuatu tanaman memegang peranan penting dalam proses penguraian senyawa organik (Vessey, 2003). Bakteri tanah ataupun air yang dapat menghasilkan hormon tanaman yang akan merangsang pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik, tanaman akan menyerap hormon bakteri tersebut melalui akar tanaman. Terdapat beberapa bakteri yang dapat menghasilkan IAA diantaranya *Pseudomonas* sp. dan *Azotobacter* sp. Bakteri *Azotobacter* sp. Dapat menguraikan N menjadi amonium dan menghasilkan fitohormon dan dapat pula memperbaiki tajuk, tinggi, dan akar tanaman (hindersah dan Simarmata, 2004). Selain dapat menghasilkan hormon IAA, bakteri juga mampu menghasilkan vitamin dan berbagai asam organik yang berfungsi merangsang pertumbuhan bulu-bulu akar (Vessey, 2003).

Triptopan mampu mensintesis IAA oleh mikroba yang digunakan sebagai prekursor dan jaringan tanaman taksonomi beragam dan metabolik yang berbeda. Beberapa mikroorganisme endofit dalam meningkatkan atau merangsang pertumbuhan berpotensi mensintesis IAA ketika terjadi kolonisasi dengan endofit (Shi dkk, 2009). Kemampuan produksi molekul seperti auksin merupakan salah satu kontribusi besar mikroorganisme terhadap pertumbuhan tanaman (Saepen dkk, 2007).

Terdapat beberapa mikroorganisme yang mampu menghasilkan IAA selain *Pseudomonas* sp. dan *Azotobacter* sp., diantaranya *Enterobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Klebsiella* sp., *Alcaligenes faecalis*, *Azoarcus* sp., *Serratia* sp.,

*Cyanobacteria*, *Erwinia herbicola*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Agrobacterium tumefaciens*, dan bakteri sulfur dapat mendorong pertumbuhan tanaman (Rubio dkk, 2000). Sedangkan menurut Pattern dan Glick (2005), beberapa mikroba yang hidup zona rhizosfer yang tergolong dalam kelompok *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dilaporkan mampu memproduksi hormon IAA.

Beberapa peneliti melaporkan bahwa bakteri rhizosfer memacu pertumbuhan tanaman. Kultur *Streptomyces* galur CMU H009 yang diisolasi dari rhizosfer tanaman mampu memproduksi IAA dan dapat meningkatkan pertumbuhan akar dari benih jagung sebesar 185.3 mm (Khamma dkk, 2009)..

## **2.5. Biofertilizer (Pupuk Hayati)**

Pupuk merupakan bahan yang diberikan ke dalam tanah untuk memperbaiki kondisi kimia, fisika, dan biologi tanah juga meningkatkan produksi tanaman, baik berupa organik, anorganik, kapur pertanian, pembenah tanah, maupun tepung belerang (Kartikawati dkk, 2017).

Meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman dalam tanah merupakan peranan pupuk hayati karena mikroorganisme dalam pupuk hayati melakukan pelarutan hara, dekomposisi, dan mineralisasi hara, dan memperbaiki sifat fisik tanah (James dkk, 2000). Selain itu juga dapat meningkatkan mikroorganisme tanah yang bermanfaat, memperbaiki agregat tanah, menghasilkan zat pemacu tumbuh (ZPT) dan tidak berbahaya bagi lingkungan (Syaputra dkk, 2011)

*Biofertilizer* atau yang sering disebut pupuk hayati merupakan suatu bahan yang terdapat sekumpulan mikroorganisme fungsional yang mampu menyediakan nutrisi bagi tanaman untuk proses pertumbuhan. Menurut Subba (1993), *biofertilizer* adalah kumpulan dari mikroorganisme hidup yang mampu mengubah

unsur hara menjadi betuk yang tersedia bagi tanaman melalui proses biologi baik yang hidup berasosiasi dengan tanaman atau hidup bebas di dalam tanah (*free living*)

*Biofertilizer* membentuk koloni dibagian rhizosfer dan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menambah ketersediaan nutrisi tanah yang merupakan formulasi mikroorganisme yang hidup dan bila diaplikasikan pada pembibitan tanaman, permukaan tanaman atau tanah (Vessey, 2003). *Biofertilizer* mempunyai peluang besar untuk dimanfaatkan pada berbagai tanaman karena jenis mikroba yang tidak bergantung pada satu komoditas tanaman (Kartikawati dkk, 2017).

Mikroorganisme yang biasa digunakan untuk *biofertilizer* adalah mikroba penambat nitrogen, pelarut pospat, dan mikroorganisme pengatur tumbuh (ZPT) (Syarifudin, 2002). Bakteri dapat memacu pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen dan menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin, giberelin, dan sitokinin (Nasahi, 2010).

Fungsi mikroba dalam pupuk hayati untuk melarutkan fosfat, menambat nitrogen, merombak bahan organik, melarutkan kalium, menghasilkan fitohormon, sebagai biopestisida tanama, sebagai antibodi tanaman, dan mereduksi akumulasi kadar logam berat yang terkandung dalam tanah. Meningkatnya pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, menyediakan dan meningkatkan akses tanaman untuk mendapatkan unsur hara merupakan dampak keberadaan mikroba didalam pupuk hayati (Fadiluddin,2009).

Keberhasilan pemanfaatan mikroorganisme penyubur tanah dengan inokulasi isolat unggul pemberian bahan organik ke dalam tanah seperti pupuk kandang dan sisa jaringan tanaman hasil pangkasan. Selain memperbaiki sifat kimia

tanah untuk meningkatkan ketersediaan hara makro maupun mikro, keberadaan bahan organik di dalam tanah juga sebagai sumber energi bagi mikroorganisme penyubur tanah. Pemberian bahan organik dan inokulum mikroorganisme penyubur tanah tidak hanya untuk mengganti atau mengurangi penggunaan pupuk, namun juga sebagai upaya untuk menjaga kelestarian lingkungan (Ruhnayat, 2000).

Pemanfaatan pupuk hayati yang berdampak pada peningkatan pendapatan petani harus sudah teruji dan efisien serta emahaman strategi pemanfaatan pupuk hayati untuk memperbaiki kualitas tanah, memelihara keanekaragaman hayati yang menunjang keberlanjutan produktivitas pertanian perlu ditekankan. Diperlukan penyuluhan agar pemanfaatan pupuk hayati berdampak pada peningkatan hasil dan efisiensi pemupukan (Kartikawati dkk, 2017).

Agar tanaman menjadi semakin baik maka menggunakan pupuk hayati (*biofertilizer*) yang merupakan pupuk dengan mengandung 9 konsorsium mikroba dan bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman agar menjadi lebih baik. Mikroba yang digunakan yaitu bakteri fiksasi Nitrogen non simbiotik *Azotobacter sp.* dan *Azospirillum sp.*, bakteri fiksasi Nitrogen simbiotik *Rhizobium sp.*, bakteri pelarut Fosfat *Bacillus megaterium* dan *Pseudomonas sp.*, bakteri pelarut Fosfat *Bacillus subtilis*, mikroba dekomposer *Cellulomonas sp.*, mikroba dekomposer *Lactobacillus sp.* dan mikroba dekomposer *Saccharomyces cereviceae* (Suwahyono, 2011).

Penggunaan pupuk kimia (anorganik) secara berlebihan dan terus-menerus akan mematikan mikroorganisme didalam tanah. Oleh karena itu, pada tanah yang minim mikroorganisme, penggunaan pupuk hayati merupakan salah satu cara terbaik dalam upaya memperbaiki kesuburan tanah. Penggunaan pupuk hayati













6. Penumbuhan bakteri dilakukan dengan mengambil 0.1 ml hasil dari pengenceran  $10^{-6}$  lalu menuangkan pada media NA.
7. Sampel kemudian diinkubasi dengan suhu ruang. Koloni bakteri akan tumbuh 1-2 hari pada petri dish tersebut.
8. Melakukan prosedur kembali pada setiap sampel tanah yang telah diambil di lapangan.

#### **3.5.4. Pemurnian**

Pemurnian (*purification*) bertujuan agar diperoleh biakan murni yang diinginkan tanpa ada kontaminan dari mikroba lain. Pemilihan mikroba yang akan dimurnikan berdasarkan perbedaan dari penampakan morfologi koloni seperti warna, elevasi, tekstur permukaan, maupun garis-garis radial sehingga diperoleh isolat murni. Pemurnian dilakukan dengan memindahkan bakteri dengan menggunakan metode garis yang kemudian ditumbuhkan pada media NA (Ed-Hardik, 2017).

#### **3.5.5. Karakterisasi Morfologi Koloni dan Sel**

Karakterisasi morfologi koloni rhizobakteri dilakukan berdasarkan petunjuk Cappucino dan Sherman (1998) yaitu pengamatan koloni rhizobakteri yang meliputi warna koloni, permukaan koloni, tepian koloni, bentuk koloni, dan elevasi. Selanjutnya dilakukan dengan pewarnaan gram sebagai berikut :

1. Membersihkan gelas benda dengan alkohol sehingga bebas lemak, kemudian dipanggang di atas nyala bunsen.

2. Preparat apusan bakteri dibuat dengan mengambil secara aseptik 1 ose suspensi biakan bakteri lalu diratakan di atas permukaan gelas benda kira-kira seluas 1 cm<sup>2</sup> kemudian difiksasi.
3. Olesan bakteri diberi 2-3 tetes pewarna Kristal violet (gram A) dan dibiarkan selama 1 menit lalu dcuci dengan air mengalir dan dikeringanginkan.
4. Olesan bakteri digenangi dengan 2 tetes larutan lugol iodine (gram B), dibiarkan selama 2 menit lalu dicuci dengan air mengalir dan dikeringanginkan.
5. Olesan dicuci dengan larutan alkohol 95% (gram C) selama 30 detik lalu dibilas dengan air mengalir dan dikeringanginkan.
6. Olesan diberi cat safranin (gram D) selama 2 menit lalu dicuci dengan air mengalir dan dikeringanginkan.
7. Kelebihan air pada olesan bakteri diserap dengan *tissue* dengan hati-hati
8. Preparat diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran kuat (1000x) menggunakan minyak emersi. Bakteri gram negatif akan berwarna merah muda, sedangkan gram positif akan berwarna ungu atau biru gelap.

#### **3.5.6. Pengukuran Kandungan IAA**

1. Pembuatan kurva larutan standart IAA dengan deret 20 µl (1 ppm), 100 µl (5 ppm), 200µl (10 ppm), 300 µl (15 ppm), 400 µl (20 ppm), hingga 1000 µl (50 ppm) dengan pengukuran spektrofotometer panjang gelombang 520 nm.





1. Konsentrasi IAA dihitung setelah dibandingkan dengan kurva larutan standart IAA (Lestari dkk, 2015; Sari dan Retno, 2018).

### 3.6. Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif yakni melihat perubahan warna sampel pada tahap identifikasi yang mengindikasikan terjadinya suatu reaksi pada bakteri dan perubahan warna sampel menjadi merah muda yang mengindikasikan isolat menghasilkan IAA. Adapun metode kuantitatif yaitu dengan mengukur absorbansi suspensi isolat menggunakan spektrofotometer yang menyatakan konsentrasi IAA yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan kurva standar IAA.

Selanjutnya data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan uji *One Way Anova* untuk membandingkan variasi dari tiga wilayah pengambilan sampel menggunakan program SPSS for Windows Release 16.0 dan  $p < 0,05$  dipilih sebagai tingkat minimal signifikansinya. Syarat uji *One Way Anova* adalah skala numerik, distribusi data normal dan homogen. Jika uji *One Way Anova* menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) maka dilanjutkan dengan dengan *LSD Pos Hoc Test*. Jika syarat uji *One Way Anova* tidak dapat dipenuhi maka digunakan uji alternatif nonparametrik yaitu *Kruskal Wallis*. Apabila uji *Kruskal Wallis* menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) maka dilanjutkan dengan *Pos Hoc Test* menggunakan uji *Mann Whitney*.





Isolat bakteri terbanyak ditemukan pada sampel rhizosfer tanaman di wilayah yang dekat sungai (Tok) yaitu terdapat 16 isolat. (T3)U1.2 merupakan kode isolat terbaik diantara 16 isolat tersebut karena kemampuannya dalam menghasilkan hormon IAA tertinggi di wilayah tersebut dengan konsentrasi 31,155 ppm. Sedangkan jumlah isolat bakteri yang paling sedikit diperoleh dengan 11 isolat bakteri yakni pada wilayah jauh dari pemukiman warga (Lor). Sedangkan untuk wilayah dekat dengan pemukiman warga (Atusan) diperoleh 14 isolat bakteri.

Berdasarkan penelitian Prasetya dkk (2018) yang berhasil mengisolasi bakteri rhizosfer bawang merah dengan dominansi warna putih dengan ragam bentuk yaitu *circular* (bulat), *irregular* (tidak beraturan), dan *filamentous* (seperti benang-benang). Isolat bakteri lainnya memiliki elevasi *raised* (ketinggian nyata terlihat) dan *flat* (ketinggian tidak terukur) dengan tepi beragam yaitu *undulate* (bergelombang), *entire* (rata), *filamentous* (seperti benang-benang), *erose* (bergerigi), dan *lobate* (berlekuk).

Perbedaan antara jumlah isolat bakteri yang tidak terlalu signifikan ditemukan pada setiap rhizosfer tanaman bawang merah dikarenakan perbedaan lingkungan rhizosfer baik itu pada kelembaban tanah ataupun jenis tanah yang berada disekitaran perakaran rhizosfer serta proses pengisolasian. Sesuai yang dikemukakan oleh Doi dkk (2011) yakni jenis tanah, tahap pertumbuhan, praktek pertanaman, dan faktor lingkungan lainnya merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi komposisi komunitas mikroba rhizosfer. Perlu diketahui pula keberagaman jumlah bakteri dari setiap rhizosfer dalam suatu tanaman tentunya dipengaruhi oleh eksudat akar dari suatu tanaman yang merupakan penentu













Hasil pengamatan berdasarkan perubahan warna yang terjadi pada setiap isolat setelah 30 menit diinkubasi pada ruang gelap, terdapat supernatan isolat bakteri yang mengalami perubahan warna menjadi merah muda hingga pekat, namun perubahan warna yang terjadi variasi tingkat kepekatan warna seperti pada Gambar A tampak tidak terang, sedangkan pada gambar B mulai tampak perubahan warna merah yang terjadi disebabkan reaksi antara IAA dengan Fe membentuk senyawa kompleks  $[Fe_2(OH)_2(IA)_4]$  sehingga solat yang mampu menghasilkan IAA secara kualitatif akan berwarna merah, IA merupakan indole-3-acetate (Dewi dkk, 2016). Reaksi yang terbentuk ada dua macam yaitu reaksi kompleks dan reaksi redoks (Kovacs, 2009). Produksi hormon yang mengindikasikan adanya IAA dari tingkatan kepekatan warna merah yang terbentuk karena adanya cincin indol (Joule dan Mills, 2000). Cincin indol terbentuk setelah supernatan isolat direaksikan dengan reagen Salkowski.

Menurut Joule dan Mills (2000), Salkowski merupakan reagen pewarna yang dapat digunakan untuk menguji senyawa indol dan turunannya yang akan mengoksidasi senyawa indol dan turunannya. IAA merupakan salah satu contoh senyawa yang memiliki gugus indol sehingga akan reaksinya dengan Salkowski akan menghasilkan warna merah muda. Menurut Patil (2011), warna merah muda yang semakin pekat menunjukkan kandungan IAA yang di hasilkan oleh bakteri semakin tinggi. Isolat (A1)U1.1 merupakan isolat dengan warna terendah dari 41 isolat yang mengalami sedikit perubahan. Sedangkan isolat (L1)U1.2 merupakan isolat dengan kepekatan warna paling tinggi. Potensi terjadinya perubahan warna akan semakin besar jika konsentrasi Salkowski yang digunakan semakin tinggi. IAA yang dihasilkan oleh mikroba dari perakaran tanaman terutama pada daerah

rhizosfer mempunyai jalur metabolisme. Sebagai sinyal molekuler penting, hormon IAA mampu memacu perkembangan perakaran tanaman inang, regulasi perkembangan tanaman, meningkatkan ketahanan terhadap patogen dan memacu pertumbuhan tanaman (Shaharoon, dkk., 2006; Joshi dan Bath, 2011).

Diperolehnya isolat bakteri penghasil IAA memberi keuntungan bagi industri pertanian karena mampu mengendalikan banyak proses fisiologis penting termasuk memacu pemanjangan sel, sehingga perkembangan akar menjadi lebih optimal (Larosa dkk, 2013). Menurut Dommergues & Manganot (1970), dengan menghasilkan fitohormon, vitamin, atau molekul organik yang mudah diserap akar bakteri terhadap tanaman atau dengan cara pelarutan dan mineralisasi unsur hara tertentu. Untuk menanam benih tanaman, aplikasi bakteri penghasil IAA yang telah ditemukan ini dapat dicampur dengan tanah gambut. Bakteri dalam tanah akan menempel pada akar, kemudian memanfaatkan eksudat akar berupa triptofan untuk menghasilkan IAA. Senyawa IAA yang dihasilkan bakteri tersebut dapat digunakan kembali oleh tanaman sebagai pemacu tumbuh.

Menurut A'ini (2013) isolat bakteri rizosfer penghasil IAA memberi keuntungan bagi pengembangan tanaman dan tanah menjadi subur sehingga memberikan dampak baik bagi pertumbuhan tanaman.

Tanah yang baik yaitu tanah yang mampu memenuhi unsur hara yang diperlukan tumbuhan dan membutuhkan nutrisi yang cukup di tanah, sehingga tanah harus dalam kondisi subur. Selain itu tumbuhan membutuhkan fitohormon *Indole Acetic Acid* (IAA) yaitu senyawa pemacu pertumbuhan tanaman yang juga berperan dalam kesuburan tanah (Kurniati, 2018).

Kualitas biologi tanah meningkat dengan adanya mikroorganisme tanah terutama pada rhizosfer yang merupakan bagian tanah yang berada di sekitar perakaran tanaman. Populasi mikroorganisme di rhizosfer umumnya lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah nonrhizosfer karena aktivitas mikroorganisme rhizosfer dipengaruhi oleh eksudat yang dihasilkan oleh perakaran tanaman. Beberapa mikroorganisme rhizosfer berperan dalam siklus hara dan proses pembentukan tanah, pertumbuhan tanaman, memengaruhi aktivitas mikroorganisme, serta sebagai pengendali hayati terhadap patogen akar (Simatupang, 2008).

Eksudat akar berupa triptofan dimanfaatkan oleh bakteri dalam tanah yang dapat menempel pada akar untuk menghasilkan IAA. Senyawa IAA yang dihasilkan bakteri tersebut dapat digunakan kembali oleh tanaman sebagai pemacu pertumbuhan. Bakteri pemacu tumbuh dapat bereaksi secara langsung terhadap tanaman dengan menghasilkan fitohormon, vitamin, atau molekul organik yang mudah diserap akar atau secara tidak langsung melalui ameliorasi nutrisi mineral dengan cara pelarutan dan mineralisasi unsur hara tertentu (Dommergues dan Mangenot, 1970).

Menurut Ahemad dan Kibret (2014), Triptofan berfungsi sebagai prekursor untuk biosintesis hormon auksin pada mikroorganisme. Triptofan berasal dari eksudat akar atau sel-sel yang rusak. Auksin dibiosintesis dari asam amino dengan prekursor triptofan dan dibantu oleh enzim IAA oksidase, hasilnya adalah IAN (Indolaseto nitril), TpyA (Asam Indol piruvat) dan IAAlD (Indol asetat dehid) suatu substansi yang mirip dengan auksin namun mempunyai aktifitas yang lebih kecil. Melalui reaksi deaminasi, dekarboksilasi, dan reaksi hidrolisis triptofan dapat









hasil Kafrawi dkk (2015), yang mengisolasi isolat bakteri dari perakaran bawang merah di Gorontalo menghasilkan hormon IAA tertinggi sebesar 2,33 ppm.

Berdasarkan tabel 4.3 diketahui bahwa konsentrasi isolat penghasil hormon terbesar diperoleh wilayah T (dekat dengan sungai) dengan rata-rata konsentrasi 13,637 ppm. Hasil konsentrasi yang didapat sesuai dengan terbanyaknya isolat yang diperoleh dari ketiga wilayah tersebut yaitu 16 isolat di wilayah T (dekat dengan sungai) (Tabel 4.1) membuktikan bahwa diwilayah tersebut memiliki kualitas yang lebih unggul dibandingkan dengan wilayah lainnya.

Isolat bakteri rhizosfer bawang merah diinkubasi selama 48 jam karena pada masa tersebut bakteri memasuki fase eksponensial (log). Sesuai dengan hasil penelitian Gusniar (2007) dan Kresnawaty dkk (2008) bahwa produksi IAA tertinggi dihasilkan pada inkubasi isolat selama 48 jam. Pada masa inkubasi 48 jam bakteri pada umumnya berada pada fase akhir logaritmik, sehingga IAA yang dihasilkan cukup tinggi. Hal tersebut dipengaruhi oleh kandungan enzim-enzim yang digunakan seperti triptofan monooksigenase, indol-piruvat dekarboksilase, IAM hidrolase, dan IAA1d dehidrogenase untuk memodifikasi triptofan menjadi IAA dihasilkan cukup banyak dan aktif sejalan dengan laju pertumbuhan. Sedangkan pada masa inkubasi 24 jam produksi IAA masih rendah, karena pada masa tersebut bakteri masih dalam proses memasuki fase logaritmik dan juga enzim-enzim untuk mengubah triptofan menjadi IAA masih rendah. Pada inkubasi 72 jam bakteri memasuki fase kematian sehingga produksi IAA menurun. Menurut Kresnawaty dkk (2008), bahwa pada inkubasi 72 jam isolat mengalami penurunan produksi IAA karena mengalami pelepasan enzim pendegradasi IAA seperti oksidase dan peroksidase.



Dari hasil uji perbedaan konsentrasi hormon IAA yang dihasilkan dari isolat bakteri rhizosfer bawang merah menggunakan uji *Kruskal Wallis* diperoleh nilai probabilitas 0,073 yang berarti nilai probabilitas  $(p) > (\alpha) 0,05$  sehingga  $H_0$  diterima yang berarti tidak ada perbedaan yang signifikan konsentrasi hormon IAA yang dihasilkan isolat bakteri rhizosfer bawang merah.

Tidak adanya perbedaan yang signifikan pada konsentrasi hormon IAA yang dihasilkan disetiap wilayah menandakan bahwa kondisi dan komposisi tanah disekitar wilayah tersebut tidak berbeda karena adanya perlakuan yang sama dalam proses perataan tanaman dan berada dalam satu lokasi persawahan yaitu di Dusun Jetis Desa Kendalrejo Kecamatan Bagor Kabupaten Nganjuk.

Menggunakan media tanam yang tepat merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan hasil bawang merah, yang mempunyai sifat fisik tanah yang gembur, ringan, subur, dan memiliki kandungan bahan organik yang tinggi (Tambunan dkk, 2014).

Keadaan tanah dan pengelolaan merupakan faktor penting yang akan menentukan pertumbuhan dan hasil tanaman yang diusahakan karena tanah merupakan media tumbuh bagi tanaman dan pensuplai unsur hara. Tanah merupakan campuran dari pasir, debu, dan liat. Makin halus partikel akan menghasilkan luas permukaan partikel per satuan bobot yang makin luas. Tanah liat merupakan fraksi tanah yang berpermukaan paling luas dibanding 2 fraksi lainnya. Pada permukaan partikel inilah terjadi berbagai reaksi kimiawi tanah, yang kemudian mempengaruhi kesuburan tanah (Hanafiah, 2005).

Kesuburan tanah oleh interaksi sejumlah sifat fisika, kimia, dan biologi bagian tubuh tanah yang menjadi habitat akar-akar aktif tanaman merupakan mutu

tanah untuk bercocok tanam. Maka dari itu mikroba dalam pupuk hayati untuk membantu kesuburan tanah mampu melarutkan fosfat, menambat nitrogen, merombak bahan organik, melarutkan kalium, menghasilkan fitohormon, sebagai biopestisida tanama, sebagai antibodi tanaman, dan mereduksi akumulasi kadar logam berat yang terkandung dalam tanah. Meningkatnya pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, menyediakan dan meningkatkan akses tanaman untuk mendapatkan unsur hara merupakan dampak keberadaan mikroba didalam pupuk hayati (Fadiluddin,2009).

Akar selain berfungsi untuk penyerapan air dan hara, juga sebagai penjangkar tanaman. Karena bukan sifat melainkan mutu maka kesuburan tanah tidak dapat diukur atau diamatai, tetapi hanya dapat ditaksir (*assessed*) (Romlah, 2015).

Interaksi akar dan mikroorganisme di dalam rhizosfer terjadi proses tertentu. Mikroorganisme dapat mempengaruhi pertumbuhan dan serapan hara oleh tanaman karena adanya interaksi antara mikroorganisme dan tanaman dengan merangsang atau menghambat zat yang mempengaruhi fisiologi akar dan sistem akar (Marschner dkk, 2011). Peran utama mikroba mampu menyediakan unsur hara bagi tanaman. Dampak yang ditimbulkan oleh mikroba ini yaitu dengan mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara tidak langsung. Komunitas bakteri di rhizosfer tidak pernah statis tetapi selalu berfluktuasi sejalan dengan tahapan pertumbuhan tanaman (Widyati, 2013).

Wilayah persawahan di Dusun Jetis Desa Kendalrejo Kecamatan Bagor Kabupaten Nganjuk dalam upaya memelihara kualitas tanah menggunakan proses

penanaman lahan dengan sistem pola Pertanaman berurutan yaitu sistem penanaman dengan dua tanaman atau lebih secara berurutan (bergilir).

Seperti yang dikemukakan oleh Hairiah dkk (2004), tentang upaya-upaya pemeliharaan tanah yaitu dengan cara:

1. Pertanaman campuran, yaitu penanaman lebih dari satu macam tanaman semusim pada lahan dan waktu yang sama dengan pola tidak teratur.
2. Pertanaman tumpang sari, yaitu pertanaman lebih dari satu macam tanaman pada waktu dan lahan secara simultan
3. Pertanaman berlajur, yaitu penanaman dua jenis tanaman atau lebih dalam strip-strip secara berselang-seling antara tanaman pokok dan tanaman penutup tanah.
4. Pertanaman berurutan, yaitu penanaman dengan dua tanaman atau lebih secara berurutan (bergilir).
5. Penanaman bertingkat, adalah sistem penanaman kombinasi antara pohon dan tanaman lain yang lebih pendek habitusnya. Penanaman berbagai tanaman pohon yang berbeda tinggi tajuknya diatur dengan arah barisan timur-barat dan tanaman pangan atau pakan diantaranya.
6. Pertanaman tumpang gilir, yaitu penanaman lebih dari satu macam tanaman pada lahan yang sama secara bergilir.









- Berg, G. dan K. Smalla. 2009. Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere. *FEMS Microbiol. Ecol.* 68:1-13.
- Campbell, N. A., Reece, J. B dan Michell, L. G. 2006. *Biologi*. Erlangga, Jakarta
- Cappucino, J. G. And Sherman, N. (1998). *Microbiology. A Laboratory Manual*. The Benjamin/Cumming Publishing Company, Inc. California
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
- Dauda, S.N., Ajayi, F. A and Ndor, E. 2008. Growth and Yield of Water Melon (*Citrullus lanatus*) as Affected by Poultry Manure Application. *Journal of Agriculture and Social Science*. 4: 121-124
- Danapriatna N. 2010. Biokimia penambahan nitrogen oleh bakteri non simbiotik. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah 1 (2)*: 1-10.
- Dewi, T. K., J. Suryanggono, D. Agustiyanti. 2016. Isolasi dan Uji Aktivitas Bakteri Penghasil Hormon Tumbuh IAA (Indole-3-Acetic Acid) dan Bakteri Perombak Protein dari Tanah Pertanian Tual, Maluku Tenggara. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia. Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Jawa Tengah, hal. 271-276.
- Dobrev, P.I., Havlicek, L., Vagner, M., Malbeck, J., dan Kaminek, M. 2005. Purification And Determination Of Plant Hormones Auxin And Abscisic Acid Using Solid Phase Extraction And Two Dimensional High Performance Liquid Chromatography. *Journal of Chromatography A*. Vol. 1075. 159-166.
- Doi, T., J. Abe, F. Shiotsu, dan S. Morita. 2011. Study on Rhizosphere Bacterial Community in Lowland Rice Grown With Organic Fertilizers by Using PCR-denaturing Gradient Gel Electrophoresis. *Original Research Article Plant Root*, 5, 516.
- Dommergues, Y. dan F. Manguet. 1970. *Microbial Ecology of Soil*. Masson and Cie, Paris.
- Dwiati, M. 2016. *Peran Zat Pengatur Tumbuh Auksin dan Sitokinin terhadap Pertumbuhan Semai Anggrek Phalaenopsis*. Makalah dipresentasikan pada acara Pelatihan Budidaya Anggrek di PKH Banteran, 11 Oktober 2016.

- Ed-Har, Adiz Adryan., Rahayu Widyastuti, dan Gunawan Djajakirana. 2017. Isolasi dan Identifikasi Mikroba Tanah Pendegradasi Selulosa dan Pektin dari Rhizosfer *Aquilaria malaccensis*. *Jurnal Buletin Tanah dan Lahan*. Vol. 1(1) :58-64
- Fadiluddin, M. 2009. Efektivitas Formula Pupuk Hayati dan Memacu Serapan Hara, Produksi, dan Kualitas Hasil jagung dan Padi Goro di Lapang. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Fardiaz S, 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Fardiaz, S. 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*. PT. Raja Grafindo Persada Jakarta.
- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 4: 109-117.
- Gram, H.C.J. 1884. *Pola Resistensi*. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Gusnaniar. 2007. Produksi IAA oleh *Rhizobium* sp, *Pseudomonas* spp, dan *Azotobacter* sp. dalam medium sintetik dan serum lateks *Hevea brasiliensis* Muel.Arg dengan suplementasi triptofan.
- Hairiah, K., Suprayogo, D., Widiyanto, Berlian, Suhara, E., Mardiasuning, A. 2004. Alih Guna Lahan Hutan menjadi Agroforestri Berbasis Kopi :Ketebalan seresah, Populasi cacing tanah, dan Makroporositas tanah. *Agrivita Jurnal Ilmu Pertanian*. Vol. 28 no.3. Malang.
- Hanafiah, Kemas Ali. (2005). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Heddy, S. 1990. *Biologi Pertanian*. Rajawali, Jakarta
- Hindersah, R dan T. Simartama. 2004. Kontribusi Rhizotobakteri *Azotobacter* dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah Melalui Fiksasi N<sub>2</sub> dan Produksi Fitohormon di Rhizosfer. *Jurnal Natur Indonesia*. 6 : 127-133
- Irianto, A. 2002. *Mikrobiologi Lingkungan*. Universitas Terbuka Jendral Soedirman, Purwokerto.
- James, E.K. and Oliveres F.L. 1997. Infection and Colonization of Sugar Cane and Other Gramineous Plants by Endophytic Diazotrophs. *Critical Reviews in Plant Science*. 17 : 77-119
- James E.K., P. Gyaneshwar, N. Mathan, W.L. Barraquio, and J.K Ladha. 2000. Endophytic diazotroph associated with rice. In: Ladha J.K., Reddy P.M,

- editors. The quest for nitrogen fixation in rice. Makati City, Philippines. *International Rice Research Institute (IRRI)*. p 119-140
- Joshi, P dan A.B. Bath. 2011. Diversity and Function of plant growth-promoting rhizobacteria associated with wheat rhizosphere in North Himalaya Region. *Int J Environ Sci* (16): 11351143.
- Joule, J.A. dan K. Mills. 2000. *Heterocyclic Chemistry*. Blackwell Science. Oxford.
- Jutono, Soedarsono, J., Hartadi, S., Kabirun, S., Suhadi, dan Soesanto. 1973. *Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum*. Departemen Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Halaman 182- 187.
- Kafrawi, Zahraeni Kumalawati, dan Sri Muliani. 2015. Skrining Isolat Plant Growth Promoting Rhizobacteri (PGPR) dari Pertanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) di Gorontalo. *Jurnal Mikrobiologi Kesehatan dan Lingkungan*.
- Kartikawati, Andriana, O. Trisilawati, dan I. Darwati. 2017. Pemanfaatan Pupuk Hayati (Biofertilizer) pada Tanaman Rempah dan Obat. *Jurnal Perspektif*. Vol.16 (1)
- Kesaulya, H., Baharuddin, Zakaria, B., & Syaiful, S. A. (2015). Isolation and physiological characterization of PGPR from potato plant rhizosphere in medium land of Buru island. *Procedia Food Science*, 3, 190-199.
- Khairani, G. 2009. Isolasi dan Uji Kemampuan Bakteri Endofit Penghasil Hormon IAA (Indole Acetic Acid) dari Akar Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Skripsi*. Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Khalid A, Arshad M, Zahir ZA. 2004. creening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *J. Appl. Microbiol.* 96: 473-480.
- Khamma, S.A Yukota, J. F. Peberdy and S. Lumyong. 2009. Antriungal Activity of Streptomyces spp. Isolated from Rhizosphere of Thai Medicinal Plant. *International Journal of Integrative Biology*. 6 : 143-147
- Kloepper, JW. 1993. *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria as Biocontrol Agents*. Di dalam : F.B. Meeting Jr. (ed) *Soil Microbial Ecology. Application in Agricultural and Environmental Management*. Marcel Dekker Inc, New York.

- Kovacs, K. 2009. Applications of Mossbauer Spectroscopy in Plant Physiology. Disertasi. ELTE Chemistry Doctoral School, ELTE Institute of Chemistry. Budapest.
- Kresnawaty I, S. Andanawarih, Suharyanto dan Tri-Panji. 2008. Opmimisasi dan pemurnian IAA yang dihasilkan Rhizobium sp. dalam medium serum lateks dengan suplementasi triptofan dari pupuk kandang. *Menara Perkebunan*. 76(2), 74-82
- Kurniati, sri. 2018. Skrining dan Identifikasi Bakteri Penghasil Hormon Indole-3 Acetid Acid (IAA) Daerah Perakaran Padi (*Oryza sativa*) di Kelurahan Balang Kecamatan Binamu Kabupaten Jeneponto. *Skripsi*.
- Larosa, Sofyan Fausi, Endang Kusdiyantini, Budi Raharjo, dan Antonius Sarjiya. 2013. Kemampuan Isolat Bakteri Penghasil IAA dari Tanah Gambut Sampit Kalimantan Tengah. *Jurnal Biologi*. Vo.2(3):41-52
- Lay BW. 1994. *Analisis Mikroba di Laboraturium*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- 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)
- Lingga. 2002. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Penebar Swadaya. Jakarta
- Ljung, K. 2013. Auxin metabolism and homoestatis during plant development. *Development*, 140 (5): 943-950.
- Marschner P, Crowley D, Rengel Z. 2011. Rhizosphere interactions between microorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis e model and research methods. *Soil Biology & Biochemistry*, 43 : 883- 894.
- Munif, A. Dan H. Awaludn. 2011. Potensi Bakteri Endofit dan Rhizosfer dalam Meningkatkan Pertumbuhan Jagung. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Serealia, IPB
- Nasahi, C. 2010. *Peran Mikroorganisme dalam Pertanian Organik*. UNPAD, Bandung
- Pan, B., Y. M. Bai, S. Leibovitch and D.L. Smith. 1999. Plant-growth-promoting rhizobacteria and kinetin as way to promote corn growth and yield in a short-growingseason area. *Agronomy Journal* 11:179 – 186.



- Patma , Utri., Lollie Agustina P. Putri Dan Luthfi A. M. Siregar. 2013. Respon Media Tanam Dan Pemberian Auksin Asam Asetat Naftalen Pada Pembibitan Aren (*Arenga pinnata merr*). *Jurnal Online Agroekoteknologi* . ISSN No. 2337- 6597. Vol.1, No.2 : 286-295.
- Pattern, C. L. dan B. R. Glick. 2005. Isolation and characterization of Indol Acetic Acid biosynthesis genes from PGPR. Dept. of Biology University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Patil, V. 2011. Production of indole acetic acid by *Azotobacter* sp. *Rec Res Sci Technol*. 3 (12), 14-16.
- Pitojo, S. 2003. Penangkaran Benih Bawang Merah. Kanisius, Jogjakarta
- Prasetya, Indra Adi Wira ., Yuni Sri Rahayu, dan Guntur Trimulyono. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Kitinolitik Endofit Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) serta Potensinya dalam Menghambat Pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. *Lentera Bio*. Vol.7(1).
- Prayudaningsih, R., Nursyamsi, dan R. Sari. 2015. Mikroorganisme Tanah Bermanfaat pada Rhizosfer Tanaman Umbi di Bawah Tegakan Hutan Rakyat Sulawesi Selatan. *Journal Nasional Masyarakat Bi*, 1 (4),
- Putrie RFW, Widowati T, Lekatompessy SJR, Sukiman H. 2017. Studies for IAA (indole-3-acetic acid) production by isolate H6 with nitric acid mutation. *Microbiol indones*. 11(1):18-22.doi:10.5454/mi.11.1.3.
- Rahayu, E. dan V. A. Nur Berlian. 2004. *Bawang Merah*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Rich, Deborah. 2006. Are pests the Problem or Pesticides. *Biology Journal*. 28 (1): 6-7
- Romlah, Siti. 2015. Analisis Sebaran Kesuburan Tanah dengan Metode Potensial Diri (Self Potential). *Skripsi*. Fakultas SAINTEK UIN Malik, Malang
- Rubio, M. G. T., S.A.V Olata, J.B Castillo and P.M Nieto. 2000. Isolation of Enterobacteria, *Azotobacter* sp. And *Pseudomonas* sp. Producers of IAA and Siderophore from Colombian Rice Rhizosphere. *Revista Latinoamericana de Microbiologia*. 32 : 171-176
- Ruhnayat, A. 2000. Pemanfaatan mikroorganisme penyubur tanah non simbiotik pada tanaman rempah dan obat. *Pengembangan Teknologi Tanaman rempah dan Obat*. 12 (1) : 7-14

- Safitri, Ahyar. 2019. Aplikasi Zat Pengatur Tumbuh IAA pada Pembibitan Dua Varietas Tanaman Lada dengan Setek. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Lampung
- Salisbury dan Ross. 1992. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 2*. Institut Teknik Bandung, Bandung.
- Samudin, Sakka. 2009. Pengaruh Kombinasi Auksin-sitokinin Terhadap Pertumbuhan Buah Naga . *Media Litbang Sulteng*. Vol. 2(1):62-66.
- Sanaullah, Muhammad., Blagodatskaya, Evgenia., Chabbi, Abad, Rumpel, Cornelia., Kuzyakov, Yakov. 2011. Drought effects on microbial biomass and enzyme activities in the rhizosphere of grasses depend on plant community composition. *Applied Soil Ecology*. 48 : 38–44.
- Saraswati, Rasti., Edi H, dan R.D.M Simanungkalit. 2007. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor
- Sari YNI. 2012. *Analisa Kandungan IAA dari Bakteri Pelarut Fosfat dan Penambat Nitrogen*. Jatinangor (INA): Universitas Padjadjaran.
- Sari, Ramdana dan Retno Prayudyaningsih. 2018. Efektivitas Lama Inkubasi Supernatan Rhizobia Setelah Penambahan Reagen Salkowski Terhadap Produksi Hormon *Indole acetic acid*. *Prosiding Seminar Nasional Jurusan Pendidikan Biologi Universitas Negeri Yogyakarta*, ISBN 978-602-97298-6-3
- Saepen, S., S.Jos. and Roseline.R.2007. Indole-3-Acetic Acid in Microbial and Microorganism and Microorganism Plant Signaling. Departemen of Microbial and Moleculer Systems. *centre of Microbial and Plant Genetics* ; Belgium
- Shaharoon B., M. Arshad, Z.A. Khalid, 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-diaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biol Biochem* 38:2971-2975.
- Shi Y, Lou K, Li C (2009) Isolation, quantity distribution and characterization of endophytic microorganisms within sugarbeet. *Afr J Biotechnol* 8:835–840



- Silitonga, D. M., N. Priyani, dan I. Nurwahyuni. 2008. *Isolasi dan Uji Potensi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat dan Bakteri Penghasil Hormon IAA (Indole Acetic Acid) terhadap Pertumbuhan Kedelai (Glicine max L) pada Tanah Kuning*. Fakultas MIPA USU, Medan
- Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Bogor.
- Simatupang, D.S. 2008. *Berbagai Mikroorganisme Rhizosfer pada Tnaman Pepaya (Carica papaya L.) di Pusat Kajian Buah-buahan Tropika (PKBT) IPB Desa Ciomas, Kecamatan Pasir Kuda, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Skripsi*. Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Subba Rao, N. S. 1993. *Biofertilizers In Agriculture and Forestry*. Oxford and IBM Publising Co., (P) Ltd. Third Edition
- Sukirno, Sadono. (2012). *Teori Pengantar Mikro Ekonomi, Edisi Ketiga*. Rajawali Pers, Jakarta
- Sukmadi, R. B. 2013. *Aktivitas Fitohormon Indole-3-Acetic-Acid (IAA) dari Beberapa Isolat Bakteri Rhizosfer dan Endofit*. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 14 (3), 221-227.
- Supriati, Y., dan Herliana, E. 2014. *Sayuran Organik dalam Pot*. Penebar Swadaya, Jakarta Timur
- Suwahyono, U. 2011. *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Suwandi, Leli Nuryati, Budi Wariyanto. 2016. *Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Holtikultura*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian
- Spaepen, S., Jos, V., & Roseline, R. 2007. *Indole-3-acetic in microbial and microorganism plant signaling*. *FEMS Microbiol Rev*: 1- 24.
- Syaputra, R., P.D. Riajaya dan B. Hariyono. 2011. *Pengujian efek pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan produksi tiga provenan jarak pagar (Jatropha curcas L.)*. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Perkebunan*. p 86-92

- Syarifudin, A. 2002. Teknik Identifikasi Mikroorganisme Penyedia Unsur Hara Tanaman pada Ultisol Pulau Buru. *Bulletin Teknik Pertanian*. 7(1): 21-24
- Syulasmu, A., Hamdiyati, Y. Dan Kusnadi. 2005. *Petunjuk Praktikum Mikrobiologi*.
- Tambunan, W.A., S. Rosita, E.S. Ferry. 2014. Pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan pemberian pupuk hayati pada berbagai media tanam. *Jurnal Online Agroekotek*. 2(2): 825-836.
- Tilak K.V.B.R., N. Ranganayaki, K. K. Pal, R. De, A. K. Saxena, C. S. Nautiyal, S. Mittal, A. K. Tripathi, B. N. Johri. 2005. Diversity of Plant Growth and Soil Health Supporting Bacteria. *Curr Sci*, 89, 136-150
- Vessey, J. K. 2003. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biofertilizers. *Plant Soil* 255 : 571-586
- Wattimena, G. A. 1991. *Zat Pengatur Tumbuh Tanaman*. IPB, Bogor.
- Wibowo, S. 2007. *Budi daya Bawang putih, Merah, dan Bombay*. Penebar Swadaya, Jakarta
- Widawati S, dan Suliasih. 2006. Populasi bakteri pelarut fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol dan Ciptarasa, serta kemampuannya melarutkan P terikat di media Pikovskaya padat. *Biodiversitas* 7 (2): 109-113.
- Widyati, Enny. 2013. Dinamika Komunitas Mikroba Di Rizosfir Dan Kontribusinya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Hutan. *Tekno Hutan Tanaman*. Vol.6 (2)
- Wijarini, Nefrina. 2017. Pengaruh Etil Metana Sulfonat (EMS) Terhadap Respon Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa* L.). *Skripsi*. ITS, Surabaya
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Gava Media, Yogyakarta
- Yamaguchi dan Rubatzky, V.E. 1998. *Sayuran Dunia, Prinsip, Produksi, dan Gizi, alih bahasa Catur Herison*. ITB, Bandung.