

**ISOLASI BAKTERI NITRIFIKASI PADA RHIZOSFER TANAMAN PADI
AROMATIK LOKAL (*Oryza sativa* L.) DI KABUPATEN TANA TORAJA
SULAWESI SELATAN**

OLEH :

FATMAWATY B.

H41108255



JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2013

**ISOLASI BAKTERI NITRIFIKASI PADA RHIZOSFER TANAMAN PADI
AROMATIK LOKAL (*Oryza sativa* L.) DI KABUPATEN TANA TORAJA
SULAWESI SELATAN**

SKRIPSI

*untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat
untuk mencapai gelar sarjana sains*

FATMAWATY B.

H41108255

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

LEMBAR PENGESAHAN

ISOLASI BAKTERI NITRIFIKASI PADA RHIZOSFER TANAMAN PADI
AROMATIK LOKAL (*Oryza sativa* L.) DI KABUPATEN TANA TORAJA
SULAWESI SELATAN

OLEH :

FATMAWATY B.

H41108255

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama,

Drs. As'adi Abdullah, M.Si
NIP.19620303 198903 1007

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

Dr. Fahrudin, M.Si
NIP.19650915 199103 1002

Dr. Hj. A. Masniawati, M.Si
NIP. 19700213 199603 2001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena atas berkat, rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis mampu merampungkan penyusunan skripsi ini sebagai syarat utama menggapai gelar Sarjana Sains Jurusan Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Berbagai kendala penulis hadapi dalam rangka penyusunan skripsi ini. Namun berkat dukungan dan bantuan berbagai pihak, akhirnya penulis dapat melalui kendala-kendala tersebut. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menghaturkan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

- Bapak Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta Staf, bagi kepemimpinan dan kebijakannya bagi kami mahasiswa selama ini.
- Ketua dan Sekretaris, beserta Staf Dosen Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin atas ilmu dan pengajarannya.
- Bapak Dr. Eddy Soekandarsi, M.Sc selaku penasehat akademik, Bapak Drs. As'adi Abdullah, M.Si selaku pembimbing utama, Bapak Dr. Fahrudin, M.Si selaku pembimbing pertama, serta Ibu Dr. Hj. A. Masniawati, M.Si selaku pembimbing kedua yang telah membimbing penulis dalam penyusunan skripsi dan selalu meluangkan waktu untuk memberi motivasi, semangat, dan sumbangsih saran sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Karya ini penulis persembahkan kepada kedua orangtua dan keluarga tercinta karena semua ini takkan ada artinya tanpa dukungan, doa, kasih sayang,

dan perhatian penuh yang selalu tercurah selama ini, terkhusus kepada ayahanda dan ibunda terkasih; Aiptu. H. Basolili S., BA dan Hj. ST. Norma, S.Pd. Bagi kakakku Fitriyani, S.Ked dan adik-adikku yang selalu menghibur disaat penyusunan karya ini, terima kasih.

Kepada saudara seperjuangan Biologi 2008 (Mastoideus) yang namanya tak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala ukiran cerita yang menarik baik suka maupun duka, bersama kalian membuat hidup makin berwarna. Kepada teman-teman Mipa 2008, terima kasih atas hari-hari indah bersama kalian. Sahabatku D'Mocca crew, terspesial Alfia Ansarullah, Nurul Mukhlisa, dan Fauziah Ahmad yang selalu ada disaat-saat sulitku. Terima kasih pula kepada semua pihak yang membantu dalam segala hal selama penelitian dan penyusunan karya ini.

Tak ada gading yang tak retak, begitu pula penulis menyadari bahwa karya tulis ini sangat jauh dari kesempurnaan. Karena itu diharapkan saran dan kritik terbaik yang membangun dari para pembaca. Permohonan maaf yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada semua pihak yang pernah dirugikan oleh penulis. Akhirnya semoga karya ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan kelak.

Makassar, Juni 2013

Fatmawaty B.

ABSTRAK

Penelitian tentang isolasi bakteri nitrifikasi pada rhizosfer tanaman padi aromatik lokal (*Oryza sativa* L.) di Kabupaten Tana Toraja Sulawesi Selatan telah dilakukan. Tujuan penelitian ini untuk mengisolasi bakteri nitrifikasi pada rhizosfer tanaman padi aromatik lokal yang ditanam secara konvensional di daerah Tana Toraja. Isolasi bakteri dilakukan dengan metode pengenceran berseri hingga 10^{-6} dengan menggunakan medium spesifik nitrifikasi. Isolat bakteri yang didapatkan diamati secara makroskopis dan mikroskopis. Dari hasil isolasi pada 3 lokasi pengambilan sampel jumlah rata-rata bakteri dari masing-masing media, yaitu untuk bakteri *Nitrosomonas* sp. jumlah rata-rata bakteri tertinggi pada media NS_{S1} $19,74 \times 10^5$ CFU/mL, dan media NS_{S3} $14,8 \times 10^5$ CFU/mL sebagai jumlah rata-rata bakteri terendah. Sedangkan untuk bakteri *Nitrobacter* sp. diperoleh jumlah rata-rata bakteri tertinggi pada media NB_{S2} 32×10^5 CFU/mL, dan jumlah rata-rata bakteri terendah yaitu pada media NB_{S1} $2,08 \times 10^5$ CFU/mL. Sedangkan jumlah isolat yang diperoleh terdiri dari 9 isolat meliputi 5 isolat *Nitrosomonas* sp. dan 4 isolat *Nitrobacter* sp.. Pada pengamatan morfologi sel dan pewarnaan gram dari isolat bakteri nitrifikasi diperoleh 6 yang tergolong gram positif dan 3 yang tergolong gram negatif.

Kata kunci: Padi (*Oryza sativa* L.), rhizosfer, bakteri nitrifikasi.

ABSTRACT

Research on the isolation of nitrifying bacteria in the rhizosphere of local aromatic rice (*Oryza sativa* L.) in Tana Toraja regency South Sulawesi has been done. The purpose of this research to isolate the nitrifying bacteria in the rhizosphere of local aromatic rice that grown conventionally in the Tana Toraja. Isolation of bacteria was conducted by serial dilution up to 10^{-6} by using a specific medium nitrification. Bacterial isolates obtained observed macroscopically and microscopically. From the results of isolation at 3 sampling locations obtained the average number of bacteria of each media, which is to the bacteria *Nitrosomonas* sp. the average number of bacteria was highest in media NS_{s1} $19,74 \times 10^5$ CFU/mL, and the media NS_{s3} $14,8 \times 10^5$ CFU/mL as the average number of the lowest bacteria. As for the bacteria *Nitrobacter* sp. obtained the average number of bacteria was highest in media NB_{s2} 32×10^5 CFU/mL, and the average number of bacteria was lowest in the media NB_{s1} $2,08 \times 10^5$ CFU/mL. While the number of isolates has result 9 isolates obtained includes 5 isolates *Nitrosomonas* sp. and 4 isolates of *Nitrobacter* sp.. In observation of cell morphology and gram staining of isolates nitrifying bacteria isolates derived nitrifying 6 were classified as gram positive and 3 were classified as gram negative.

Keywords: Rice (*Oryza sativa* L.), rhizosphere, bacterial nitrification.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
<u>BAB I PENDAHULUAN</u>	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	3
I.3 Manfaat Penelitian.....	3
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian.....	3
<u>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</u>	4
II.1 Padi <i>Oryza sativa</i> L.....	4
II.2 Pertumbuhan Tanaman.....	5
II.3 Rhizosfer.....	8
II.4 Bakteri Tanah.....	11
II.5 Proses Nitrifikasi.....	14
<u>BAB III METODE PENELITIAN</u>	19
III.1 Alat.....	19
III.2 Bahan.....	19
III.3 Metode Kerja.....	19
III.3.1 Pengambilan Sampel.....	19
III.3.2 Sterilisasi Alat.....	20
III.3.3 Pembuatan Media.....	20

A. Medium NA (Nutrient Agar)	20
B. Medium Spesifik <i>Nitrosomonas sp.</i>	20
C. Medium Spesifik <i>Nitrobacter sp.</i>	21
III.3.4 Isolasi Bakteri dan Perhitungan Jumlah Bakteri secara umum.....	21
III.3.5 Isolasi Bakteri Rhizosfer	22
A. Isolasi Bakteri Nitrifikasi.....	22
III.3.6 Karakterisasi Koloni Bakteri yang Dijumpai.....	23
A. Pengamatan Morfologi Koloni.....	23
B. Pengecatan Gram.....	23
<u>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</u>	24
IV.1 Isolasi Bakteri Nitrifikasi	24
IV.2 Karakterisasi Koloni Bakteri yang Dijumpai	28
IV.2.1 Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Nitrifikasi Secara Makroskopis ...	28
IV.2.2 Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Nitrifikasi Secara Mikroskopis....	31
<u>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</u>	33
V.1 Kesimpulan	33
V.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

1. Waktu Perubahan Warna Medium Cair Spesifik Nitrifikasi Selama Inkubasi	25
2. Jumlah Total Bakteri Nitrifikasi yang Ditumbuhkan Pada Medium Padat spesifik Nitrifikasi	26
3. Hasil Pengamatan Karakteristik Morfologi Isolat Bakteri Nitrifikasi	29
4. Hasil Pengamatan morfologi Sel dari Pengecatan Gram	31
5. Hasil Perhitungan Jumlah Bakteri Nitrifikasi.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Padi <i>Oryza sativa</i> L.....	4
2. Akar dan Rambut Akar.....	7
3. Perakaran Tanaman dan Perbesaran Mikroskop Daerah Perakaran/rizosfer...	9
4. Contoh Genus Bakteri yang Ada dalam Tanah.....	13
5. Media Cair Spesifik Nitrifikasi.....	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Halaman

1. Skema Pengambilan Sampel Tanah Rhizosfer Padi <i>Oryza sativa</i> L.	38
2. Skema Kerja Isolasi Bakteri Rhizosfer	38
3. Perhitungan Jumlah Bakteri Nitrifikasi	39
4. Gambar Hasil Isolasi Bakteri	40
5. Gambar Hasil Pengecatan Gram	41

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Tana Toraja merupakan salah satu daerah dataran tinggi di Sulawesi Selatan yang sebagian besar wilayahnya memiliki lahan perkebunan, pertanian atau tanaman-tanaman yang bermanfaat. Walaupun termasuk daerah dataran tinggi, Toraja juga menghasilkan produk pertanian seperti padi *Oryza sativa* L.. Padi di daerah Toraja ini sebagian adalah merupakan padi lokal dan memiliki kekhasan tersendiri, misalnya pare bau' yang memiliki aroma yang khas dan juga memiliki perbedaan dalam pertumbuhannya dengan padi di daerah dataran rendah.

Terlepas dari lahan tanaman dan pertanian tersebut, tentunya tanah sebagai unsur padat penunjang pertumbuhan tanaman padi *Oryza sativa* L. bagi petani. Tetapi di lain sisi, tanah terbentuk karena adanya bakteri sebagai penyokong dan pendukung pertumbuhan tanaman. Bakteri adalah organisme bersel tunggal yang secara kimiawi mencerna bahan organik dalam tanah menjadi komponen-komponen gizi yang lebih kecil dalam bentuk tersedia bagi tanaman.

Mikroba-mikroba tanah banyak yang berperan di dalam penyediaan maupun penyerapan unsur hara bagi tanaman. Tiga unsur hara penting tanaman, yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) seluruhnya melibatkan aktivitas mikroba. Hara N tersedia melimpah di udara. Kurang lebih 74% kandungan udara adalah N. Namun, N udara tidak dapat langsung dimanfaatkan tanaman. Nitrogen

harus ditambat atau difiksasi oleh mikroba dan diubah bentuknya menjadi tersedia bagi tanaman. Mikroba penambat N ada yang bersimbiosis dan ada pula yang hidup bebas. Mikroba penambat N simbiotik antara lain: *Rhizobium sp.* yang hidup di dalam bintil akar tanaman kacang-kacangan (leguminose). Mikroba penambat N non-simbiotik misalnya: *Azospirillum sp.* dan *Azotobacter sp.* Mikroba penambat N simbiotik hanya bisa digunakan untuk tanaman leguminose saja, sedangkan mikroba penambat N non-simbiotik dapat digunakan untuk semua jenis tanaman (Madjid, 2009).

Bakteri tidak hanya membantu dengan ketersediaan hara, juga membantu untuk memperbaiki struktur tanah. Tanah dengan manfaat struktur miskin sebagai bakteri memecah senyawa tanah dan tanah kembali agregat. Ruang untuk udara dan air akan terbuka, dan struktur tanah akan menjadi lebih seragam (Anonim, 2011).

Struktur tanah yang baik memberikan tanaman dengan yang diperlukan oksigen di zona akar. Tanaman menggunakan karbon dioksida untuk fotosintesis, tetapi mereka menggunakan oksigen untuk respirasi, yang merupakan proses dimana tanaman memecah gula dan zat tepung disimpan untuk digunakan sebagai energi untuk pertumbuhan. Mereka mendapatkan oksigen mereka dengan menyerap di zona akar. Tanah dengan struktur yang baik memiliki banyak ruang untuk oksigen. Tanah tanpa struktur atau bahan organik umumnya tidak memiliki cukup oksigen. Ketika tanaman tidak dapat berhasil menjalani respirasi, tidak dapat tumbuh dengan baik (Anonim, 2011).

Padi yang akan diteliti ini merupakan jenis padi lokal yang ditanam di Tana Toraja yang pertumbuhannya tanpa menggunakan pestisida, bahan kimia ataupun bahan organik. Padi ini tumbuh alami hanya dengan perawatan konvensional, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai kelompok bakteri yang hidup di daerah rhizosfer tanaman padi aromatik lokal yang dikelola secara konvensional.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengisolasi bakteri nitrifikasi pada rhizosfer tanaman padi aromatik lokal yang di tanam secara konvensional di daerah Tana Toraja.

I.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik bakteri-bakteri yang terdapat pada rhizosfer tanaman padi aromatik lokal di daerah Tana Toraja.

I.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan September sampai Februari 2013 di laboratorium Bioteknologi Pertanian, Pusat Kegiatan Penelitian, Universitas Hasanuddin, Makassar, dan pengambilan sampel dilakukan di desa Balusu Bangunlipu, Rantepao, Kabupaten Tana Toraja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Padi *Oryza sativa*

Padi (bahasa latin: *Oryza sativa* L.) termasuk dalam suku padi-padian atau Poaceae (sinonim: Graminae atau Glumiflorae) merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban. Meskipun mengacu pada jenis tanaman budidaya, padi juga digunakan untuk mengacu pada beberapa jenis dari marga (genus) yang sama, yang biasa disebut sebagai padi liar. Padi diduga berasal dari India atau Indocina dan masuk ke Indonesia dibawa oleh nenek moyang yang migrasi dari daratan Asia sekitar 1500 SM (Anonim, 2012).



Gambar 1. Padi *Oryza sativa* L. (Sumber: budidayanews.blogspot.com)

Produksi padi dunia menempati urutan ketiga dari semua serealia, setelah jagung dan gandum. Namun demikian, padi merupakan sumber karbohidrat utama bagi mayoritas penduduk dunia. Hingga sekarang ada dua spesies padi yang dibudidayakan manusia secara massal: *Oryza sativa* yang berasal dari Asia, seperti yang terlihat pada Gambar 1, dan *O. glaberrima* yang berasal dari Afrika

Barat. Pada awal mulanya *O. sativa* dianggap terdiri dari dua subspecies, *indica* dan *japonica* (sinonim *sinica*). Padi *Japonica* umumnya berumur panjang, postur tinggi namun mudah rebah, lemmanya memiliki "ekor" atau "bulu" (Ing. *awn*), bijinya cenderung membulat, dan nasinya lengket. Padi *indica*, sebaliknya, berumur lebih pendek, postur lebih kecil, lemmanya tidak ber-"bulu" atau hanya pendek saja, dan bulir cenderung oval sampai lonjong. Walaupun kedua anggota subspecies ini dapat saling membuahi, persentase keberhasilannya tidak tinggi (Anonim, 2012).

Berdasarkan bukti-bukti evolusi molekular diperkirakan kelompok besar *indica* dan *japonica* terpisah sejak ~440.000 tahun yang lalu dari suatu populasi spesies moyang *O. rufipogon*. Domestikasi padi terjadi di titik tempat yang berbeda terhadap dua kelompok yang sudah terpisah ini. Berdasarkan bukti arkeologi padi mulai dibudidayakan (didomestikasi) 10.000 hingga 5.000 tahun sebelum masehi (Anonim, 2012).

II.2 Pertumbuhan Tanaman

Setiap proses pertumbuhan memerlukan energi. Tanaman mendapatkan energinya dari matahari melalui proses fotosintesis, yang merupakan proses penyerapan cahaya oleh pigmen hijau (klorofil) dalam daun. Energi cahaya, air dan CO₂ menghasilkan O₂ dan gula sederhana. Tanaman kemudian memanfaatkan gula sederhana ini untuk mensintesa gula yang lebih kompleks serta karbohidrat untuk disimpan sebagai energi yang dapat digunakan kembali jika dibutuhkan untuk mensintesa selulosa dan hemiselulosa pada dinding sel, atau menggabungkannya dengan nitrogen untuk mensintesa protein. Bagaimana

tanaman memanfaatkan energi ini bergantung pada stadia pertumbuhan tanaman dan kondisi lingkungan (Rayburn, 1993).

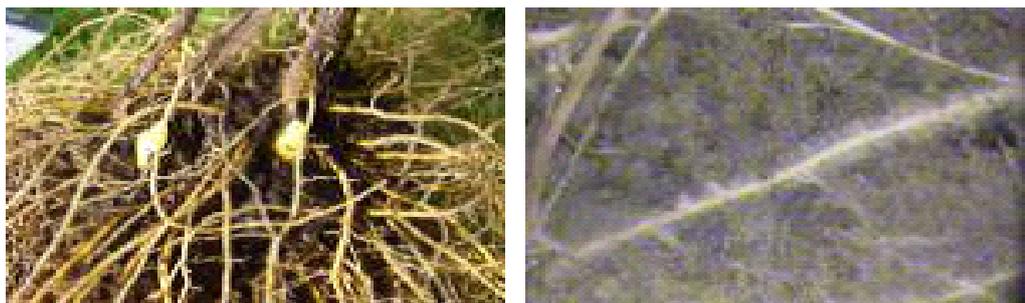
Pertumbuhan tanaman tidak hanya terjadi pada bagian atas (tajuk) tanaman, tetapi juga terjadi pada bagian bawah (akar) tanaman. Akar menentukan kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dan air, pertumbuhannya ditentukan oleh area daun yang aktif melakukan fotosintesis karena akar bergantung pada penangkapan energi oleh daun. Pada saat suplai energi terbatas, maka energi yang ada digunakan oleh jaringan tanaman yang paling dekat dengan lokasi fotosintesis. Oleh karena itu, akar menerima energi hanya pada saat ada kelebihan energi yang diproduksi melalui fotosintesis yang tidak digunakan untuk pertumbuhan tajuk tanaman (Gardner *et al.*, 1991).

Proses pertumbuhan tajuk dan akar merupakan proses yang saling berkaitan satu sama lain. Apabila terjadi gangguan pada salah satunya maka akan menyebabkan gangguan pada bagian lainnya. Misalnya pada kondisi kekurangan air dan nitrogen, pertumbuhan tajuk lebih mengalami hambatan daripada bagian akar. Hal ini disebabkan akar bertugas lebih banyak untuk mencari air dan sumber N dari dalam tanah untuk didistribusikan ke bagian tajuk. Pada saat ketersediaan air memadai maka pertumbuhan tajuk kembali ke arah normal sehingga distribusi fotosintat ke akar juga kembali normal (Gardner *et al.*, 1991).

Tanaman membutuhkan sedikitnya 13 unsur hara untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Beberapa unsur berada dalam bentuk tersedia dalam semua jenis tanah, sedangkan lainnya dalam bentuk tidak tersedia sehingga membutuhkan tambahan dari luar tanah dalam bentuk pemupukan. Unsur hara ini

berperan sebagai nutrisi bagi tanaman, sedangkan sistem yang mengendalikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah substansi kimia yang konsentrasinya sangat rendah, yang disebut substansi pertumbuhan tanaman, hormon pertumbuhan tanaman (fitohormon), atau pengatur pertumbuhan tanaman (plant growth regulator / PGR) (Gardner *et al.*, 1991).

Akar merupakan organ vegetatif utama yang memasok air, mineral dan bahan-bahan yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pertumbuhan akar yang kuat umumnya diperlukan untuk kekuatan dan pertumbuhan tajuk tanaman. Apabila akar mengalami kerusakan karena gangguan secara biologis, fisik atau mekanis sehingga mengurangi fungsinya maka pertumbuhan tajuk juga akan terganggu. Fungsi akar bagi tanaman adalah: (1) penyerapan; (2) penambatan (*anchorage*); (3) penyimpanan; (4) transport; dan (5) perbanyakan (*propagation*). Akar juga merupakan sumber utama beberapa PGR bagi tanaman tertentu (Dewi, 2007).



Gambar 2. Akar (kiri) dan rambut akar (kanan). (Sumber: <http://www.wikipedia.com>)

Penyerapan air dan mineral terutama terjadi melalui ujung akar dan bulu akar, seperti yang terlihat pada Gambar 2, walaupun bagian akar yang lebih tua dan lebih tebal juga menyerap sebagian. Akar yang lebih tua memainkan fungsi yang diperlukan untuk transport dan penyimpanan bahan, yang beranalogi dengan

transport bahan dari dan ke daun melalui batang dan percabangan. Akar dikotil seringkali berfungsi sebagai organ utama penyimpan cadangan makanan (Dewi, 2007).

Perbedaan dalam pola perkembangan perakaran, walaupun sesuai dengan sifatnya, biasanya juga sangat dipengaruhi oleh lingkungan tanah baik secara langsung maupun tidak langsung. Faktor-faktor di atas tanah yang mempengaruhi pertumbuhan tajuk, terutama transport karbohidrat ke akar, dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan akar, seperti juga faktor-faktor rhizosfer yaitu kelembaban, temperatur, kandungan nutrisi, bahan-bahan toksin, kekuatan agregat dan agen biologis (Dewi, 2007).

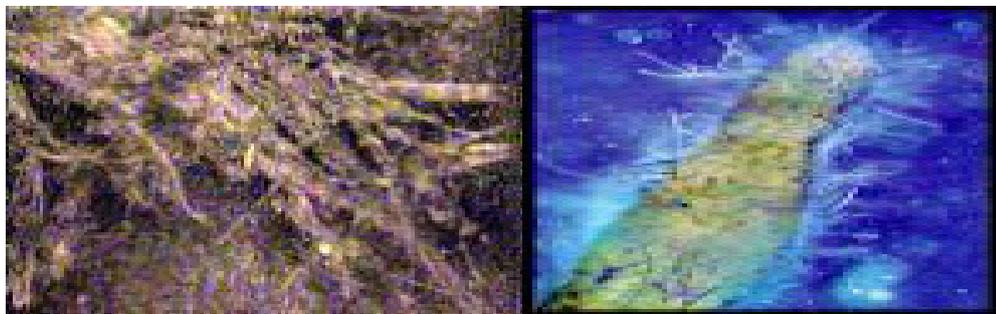
II.3 Rhizosfer

Di tanah terdapat milyaran mikrobia misalnya bakteri, fungi, alga, protozoa, dan virus. Tanah merupakan lingkungan hidup yang amat kompleks. Kotoran dan jasad hewan serta jaringan tumbuhan akan terkubur dalam tanah. Semuanya memberi kontribusi dalam menyuburkan tanah. Proses penyuburan tanah ini dibantu oleh mikrobia. Tanpa mikrobia, semua jasad tidak akan hancur. Jumlah dan jenis mikrobia dalam tanah bergantung pada jumlah dan jenis, kelembaban, tingkat aerasi, suhu, pH, dan pengolahan dapat menambah jumlah mikrobia tanah (Ramli, 2011).

Rhizosfer merupakan tempat pertemuan antara tanah dengan akar tumbuhan. Jumlah mikrobia di daerah perakaran lebih banyak dibanding tanah yang tidak terdapat perakaran, karena di daerah perakaran terdapat nutrien-nutrien

seperti asam amino dan vitamin yang disekresikan oleh jaringan akar (Ramli, 2011).

Istilah rizosfer diperkenalkan pada tahun 1904 oleh Hiltner seorang ilmuwan Jerman untuk menunjukkan bagian tanah yang dipengaruhi oleh perakaran tanaman, dapat dilihat pada Gambar 3. Rizosfer dicirikan oleh lebih banyaknya kegiatan mikrobiologis dibandingkan kegiatan di dalam tanah yang jauh dari perakaran tanaman (Rao, 1994).



Gambar 3. Perakaran (kiri), perbesaran mikroskop daerah perakaran / rizosfer (kanan).
(Sumber: Wikipedia.com)

Rao (1994) mengatakan bahwa istilah rizosfer menunjukkan bagian tanah yang dipengaruhi perakaran tanaman. Rizosfer dicirikan oleh lebih banyaknya kegiatan mikrobiologis dibandingkan kegiatan di dalam tanah yang jauh dari perakaran tanaman. Intensitas kegiatan semacam ini tergantung dari panjangnya jarak tempuh yang dicapai oleh eksudasi sistem perakaran.

Istilah “efek rizosfer” menunjukkan pengaruh keseluruhan perakaran tanaman terhadap mikroorganisme tanah. Maka akan lebih banyak jumlah bakteri, jamur dan *actinomycetes* dalam tanah yang termasuk rizosfer dibandingkan tanah yang tidak memiliki rizosfer. Beberapa faktor seperti tipe tanah, kelembaban tanah, pH dan temperatur, dan umur serta kondisi tanaman mempengaruhi efek rizosfer (Rao, 1994).

Hiltner pada tahun 1904 menggambarkan rhizosfer sebagai bagian dari tanah yang secara langsung dipengaruhi oleh substansi yang dikeluarkan dari akar ke dalam larutan tanah, sehingga tercipta kondisi yang menyenangkan bagi bakteri tertentu (Bruehl, 1987).

Hiltner juga menggambarkan adanya organisme yang merugikan di sekitar akar dari tanaman yang sakit dan organisme yang bermanfaat di sekitar akar dari tanaman yang sehat. Fakta biologi utama dari rizosfer atau daerah yang dipengaruhi akar adalah jumlah yang banyak dan aktivitas yang tinggi dari mikroorganisme tanah dalam area ini dibandingkan dengan tanah tanpa akar. Di antara dua area ini terdapat area transisi di mana pengaruh akar menurun seiring dengan jarak. Biasanya daerah rhizosfer merupakan lapisan tipis yang tetap menempel pada akar setelah tanah disekitar akar dihilangkan dengan cara menggoyangkan perakaran (Bruehl, 1987).

Menurut Wood (1989), rizosfer adalah bagian tanah di mana lebih banyak terdapat bakteri di sekitar akar tanaman daripada tanah yang jauh dari akar tanaman. Rizosfer juga dibedakan menjadi daerah permukaan akar (*rizoplan*) dan daerah sebelah luar dari akar itu sendiri (*endorizosfer*). Selain menghasilkan efek biologi, akar juga mempengaruhi sifat kimia dan sifat fisika tanah, sehingga secara tidak langsung mempengaruhi mikroorganisme tanah.

Daerah sekitar perakaran, rizosfer, relatif kaya akan nutrisi / unsur hara di mana fotosintat tanaman hilang sebanyak 40% dari akar. Konsekuensinya dukungan rizosfer cukup besar dan kemampuan menggunakan populasi mikrobial aktif yang bermanfaat, netral atau yang merusak berpengaruh terhadap

pertumbuhan tanaman. Pentingnya populasi mikrobia di sekitar rizosfer adalah untuk memelihara kesehatan akar, pengambilan nutrisi atau unsur hara, dan toleran terhadap cekaman lingkungan pada saat sekarang telah dikenal. Mikroorganisme menguntungkan ini dapat menjadi komponen yang signifikan dalam manajemen pengelolaan untuk dapat mencapai hasil, yang mana ditegaskan bahwa hasil tanaman budidaya dibatasi hanya oleh lingkungan fisik alamiah tanaman dan potensial genetik bawaan (Dewi, 2007).

Jumlah rizosfer meningkat pada tanah-tanah yang kering dibandingkan pada tanah-tanah basah. Temperatur dan kelembaban secara langsung berpengaruh terhadap mikroorganisme, dan secara tidak langsung terhadap tanaman. Pengaruh tidak langsung inilah yang kelihatannya lebih penting. Beberapa organisme secara nyata dapat langsung beradaptasi dengan rizosfer, namun dalam keberhasilannya membentuk koloni dengan akar dipengaruhi oleh adanya kompetisi dengan organisme lain dan kondisi tanamannya (Bruehl, 1987).

II.4 Bakteri Tanah

Organisme yang menghuni tanah meliputi mikroorganisme, tanaman dan hewan. Adanya organisme hidup dalam tanah menyebabkan perubahan biokimia dalam tanah, dan untuk memahami caranya dalam mempengaruhi fungsi-fungsi tanah maka diperlukan informasi aktivitas organisme tersebut. Hal ini termasuk reaksi-reaksi yang dilakukan oleh organisme, interaksi yang terjadi antar organisme dan antara organisme dengan lingkungannya (Wood, 1989).

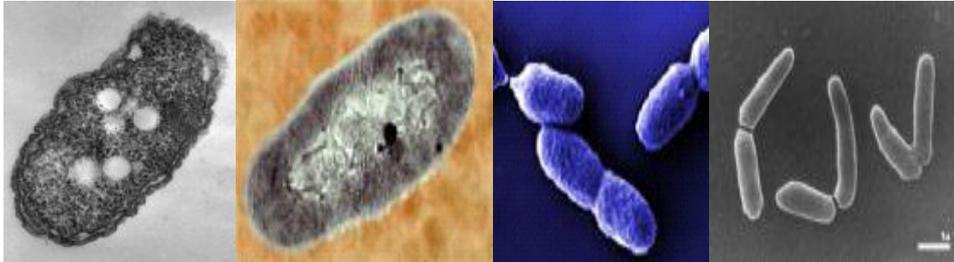
Mikroorganisme yang menghuni tanah dapat dikelompokkan atas bakteri, *actinomycetes*, jamur, alga dan protozoa. Bakteri merupakan kelompok

mikroorganisme tanah yang paling dominan dan mungkin meliputi separuh dari biomassa mikroba dalam tanah. Bakteri terdapat dalam segala macam tipe tanah tetapi populasinya menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Secara umum profil horizon A terdiri dari lebih banyak mikroorganisme daripada horizon B dan C. Dalam kondisi anaerob, bakteri mendominasi tempat dan melaksanakan kegiatan mikrobiologi dalam tanah karena jamur dan *actinomycetes* tidak dapat tumbuh baik tanpa adanya oksigen (Rao, 1994).

Pengelompokkan terhadap bakteri dapat dilakukan antara lain berdasarkan reaksinya dengan penanda/pewarna Gram, yang berdasarkan komponen dinding sel dimana bakteri yang menyerap pewarna dikelompokkan sebagai bakteri *Gram-positif*; sedangkan bakteri yang tidak menyerap pewarna dikelompokkan sebagai bakteri *Gram-negatif*. Pengelompokkan juga dapat dilakukan berdasarkan proses fisiologi, yaitu *autochthonous* bagi bakteri yang pertumbuhannya terjadi secara lambat dalam tanah yang tidak mengandung substrat yang mudah dioksidasi, serta *zymogenous* bagi bakteri yang pertumbuhan dan aktivitasnya cepat pada saat residu segar ditambahkan ke dalam tanah (Dewi, 2007).

Bakteri tanah yang paling umum dijumpai termasuk dalam genus *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Sarcina* dan *Mycobacterium*, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Kelompok bakteri lain yang umum dijumpai dalam tanah adalah *Myxobacteria* yang termasuk genus *Myxococcus*, *Chondrococcus*, *Archangium*, *Polyangium*, *Cytophaga* dan *Sporocytophaga*. Dua genus terakhir termasuk selulolitik dan karenanya dominan dalam lingkungan yang kaya

selulosa. *Myxobacteria* menjadi predator bagi bakteri Gram-negatif melalui proses lisis (Dewi, 2007).



Gambar 4. Contoh genus bakteri yang ada dalam tanah, Azotobacter (kiri) dan Arthrobacter (kanan). (Sumber: Wikipedia.com).

Dalam tanah, selain terdapat bakteri yang menguntungkan, juga terdapat bakteri yang merugikan atau bersifat patogen. Sebagai contoh adalah *Clostridium* sp. yang umumnya terdapat dalam tanah dan kotoran hewan. Bakteri ini bersifat anaerobik yang menghasilkan spora, dan beberapa spesies seperti *C. tetani* dan *C. perfringens* adalah penyebab tetanus dan gas gangren. Penyakit ini dapat bersifat letal (Dewi, 2007).

Bakteri juga digolongkan berdasarkan caranya memperoleh makanan. Bakteri *autotrof* dapat mensintesis sendiri kebutuhan makanannya, sedangkan bakteri *heterotrof* bergantung dari makanan yang sudah terbentuk sebelumnya untuk nutrisinya. Bakteri *fotoautotrof* adalah bakteri yang energi makanannya diperoleh dengan perantaraan sinar matahari, seperti misalnya bakteri fotosintetik yang berlawanan dengan bakteri *kemoautotrof* yang mengoksidasi bahan anorganik untuk memperoleh energi dan pada waktu bersamaan memanfaatkan karbon dari CO₂ untuk pertumbuhannya (Dewi, 2007).

II.5 Proses Nitrifikasi

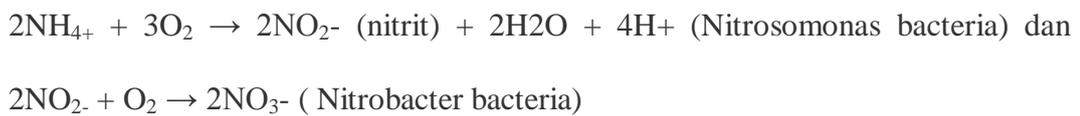
Definisi nitrifikasi di dalam tanah secara umum adalah perubahan nitrogen secara biologis di dalam tanah dari bentuk tereduksi menjadi bentuk yang lebih teroksidasi atau dengan kata lain oksidasi biologis garam amonium dalam tanah menjadi nitrit dan selanjutnya oksidasi nitrit menjadi nitrat (Rao, 1994).

Oksidasi amonia ke nitrat dapat diselesaikan dengan 3 bentuk proses, yaitu proses kimiawi (*chemical*), proses *physicochemical*, dan proses biologis (*biological chemical*) yang merupakan proses yang amat penting. Mengenai proses biologis dari amonia menjadi nitrat sesungguhnya berlangsung melalui 2 tingkatan, yang selanjutnya dikenal sebagai proses nitritasi dan nitratasi (Sutedjo *et al.*, 1991).

Menurut Spotte (1979), nitrifikasi adalah proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat secara biologis oleh bakteri autotrof, umumnya berasal dari genus *Nitrosomonas sp.* dan *Nitrobacter sp.* yang merupakan genus yang terpenting dari bakteri autotrof. Bakteri autotrof yang melakukan proses nitrifikasi membutuhkan senyawa anorganik sebagai sumber energi dan karbon dioksida sebagai sumber karbon.

Nitrifikasi tidak hanya berperan dalam ketersediaan N, akan tetapi juga berpotensi mencemari air tanah lewat pelindian NO_3^- (nitrat) karena kemampuan tanah menyerap anion pada umumnya kecil dan mencemari tanah oleh NO_2 yang beracun bagi tumbuhan. Untunglah konversi nitrit ke nitrat berlangsung lebih cepat daripada konversi amonia ke nitrit (Notohadiprawiro, 1999).

Perubahan NH_4^+ menjadi NO_3^- , sumber NH_4^+ dapat berupa bahan organik atau pupuk. Oksidasi biologis: bilangan oksidasi N meningkat dari -3 menjadi + 5, melalui 2 tahapan proses (Uny, 2006):



Nitrit bersifat meracun, umumnya tidak sampai mengumpul, karena reaksi nitrit menjadi nitrat jauh lebih besar dibanding perubahan ammonium menjadi nitrit. Ada dua jenis bakteri ototrof yang menonjol, mereka mendapatkan energi dari oksidasi N, sedangkan C diambil dari CO_2 (Uny, 2006).

Nitrifikasi dapat pula menyebabkan kerugian *Amonium* merupakan kation, diadsorbsi oleh tanah, dan relatif stasioner. Di sisi lain, nitrat adalah anion yang mobil di dalam larutan tanah. Di bawah kondisi tertentu, khususnya pada tanah berpasir dengan curah hujan tinggi atau irigasi berlebihan dilakukan, NO_3^- akan tercuci dari daerah perakaran. Hal tersebut juga dapat terjadi akibat kehilangan dalam denitrifikasi. Hal ini dapat mengkontaminasi atmosfer. Pencucian kelebihan NO_3^- dari tanah seringkali berakhir dalam air bawah tanah, danau, dan sungai. Hal ini dapat berimplikasi pada: (1) kelebihan pertumbuhan tanaman dan alga (*eutrofikasi*), (2) masalah kesehatan seperti methemoglobin hewan, (3) terbentuknya nitrosamin yang bersifat karsinogen akibat adanya reaksi dengan senyawa nitrogen lainnya. Gas intermediet hasil nitrifikasi merupakan polutan atmosfer (Paul dan Clark, 1996).

Tanah sawah merupakan salah satu sumber antropogenik utama gas dinitrogen oksida (N_2O), yang memberikan kontribusi terhadap pemanasan global

(IPCC 2006). Konsentrasi N₂O di atmosfer dilaporkan mengalami peningkatan dengan laju 0,25% setiap tahun (Hansen & Bakken. 1993, Snyder *et al.*, 2009).

Gas N₂O di atmosfer relatif lebih lama berada dibandingkan gas CO₂ dan metana (Prinn *et al.*, 1990), dengan sifat berpotensi pemanasan global 250-310 kali lebih tinggi daripada CO₂ (Watson *et al.*, 1992, Abao *et al.*, 2000, Meiviana *et al.*, 2004).

Gas N₂O secara alami dihasilkan dalam tanah melalui proses mikrobiologis, denitrifikasi dan nitrifikasi. Proses tersebut dipengaruhi oleh bahan organik tersedia, pasokan nitrat, ketersediaan oksigen, kandungan air tanah, reaksi tanah (pH), suhu tanah dan kehadiran tanaman (Hansen & Bakken. 1993, Snyder *et al.*, 2009).

Menurut Klemedtsson *et al.* (1988), beberapa mikroorganisme tanah yang mampu menghasilkan gas N₂O yaitu bakteri nitrifikasi, bakteri denitrifikasi, bakteri nondenitrifikasi pereduksi nitrat, jamur pereduksi nitrat atau jamur lain. Minami & Fukushi (1984) mengatakan bahwa bakteri nitrifikasi (*Nitrosomonas sp.* dan *Nitrobacter sp.*) yang merupakan bakteri kemoautotrofik berperan dalam proses nitrifikasi-denitrifikasi yang bertanggung jawab terhadap hilangnya N dari lahan sawah. Pada kondisi tanah reduktif, bakteri anaerobik fakultatif denitrifikasi mengubah nitrat menjadi molekul nitrogen (N₂O, N₂) (Yoshida, 1978).

Ketersediaan nitrat dalam tanah merupakan salah satu faktor yang menentukan laju denitrifikasi. NO₃ sangat tidak stabil pada kondisi tanah tergenang, yang dalam beberapa hari setelah penggenangan nitrat akan hilang sebagai N₂O dan N₂ melalui denitrifikasi (Ponnamperuma, 1977).

Meningkatkan potensi pelindian N. Senyawa NO_3^- sangat mobil, sangat larut air, tidak dapat dipegang oleh koloid tanah. Senyawa NH_4^+ merupakan kation tertukar, dapat dipegang oleh koloid tanah, bersifat mobil dalam tanah pasiran tanah yang memiliki KPK rendah. Untuk berlangsungnya proses nitrifikasi diperlukan suasana aerasi yang baik, karena yang aktif bakteri aerobik, oksigen diperlukan sebagai reaktan dalam kedua reaksi yang terlibat. Proses ini bersifat mengasamkan tanah, 2 mol H^+ dihasilkan per mol NH_4^+ yang dinitrifikasi, ini dapat berasal dari pupuk ammonium atau mengandung pembentuk ammonium (urea). Sangat cepat pada pH tinggi, optimum pada pH 8.5, bakteri memerlukan cukup Ca dan P, keseimbangan reaksi lebih cocok pada pH tinggi tersebut. Reaksi cepat pada temperatur hangat dan tanah yang lembab. Penghambat nitrifikasi: digunakan untuk membatasi pelindian nitrat, N-Serve (nitrapyrin) karena bersifat meracun bagi *Nitrosomonas sp.* (Uny, 2006).

Nitrosomonas sp. adalah bakteri aerob khemolitotrof obligat yang memperoleh energi dari oksidasi senyawa amonium dan menggunakan CO_2 sebagai sumber utama karbon di dalam sintesa biomasnya. Secara morfologis, bakteri ini berbentuk batang pendek, kadang-kadang bentuk sel elips, motil dan non motil, terdapat dalam bentuk konsorsium, berpasangan sebagai rantai pendek maupun sendiri. Bakteri ini adalah bakteri Gram negatif dan memiliki sitomembran. Sel tumbuh bebas pada medium dan membentuk matriks tipis. Bakteri ini dapat tumbuh optimum pada temperatur 5-30°C dan pH optimum 5.8-8.5, serta hidup pada habitat air laut, air tawar, dan tanah (Holt *et al.*, 1994; Hairiyah dan Handayanto, 2007).

Nitrobacter sp. adalah bakteri autotrof maka proses nitrifikasi hanya berlangsung bila ada oksigen. Makin tinggi kadar oksigen makin tinggi pula laju proses nitrifikasi. Pada suasana anaerob proses ini akan terhambat. Pada pH yang terlalu tinggi (pH 7.5-8.0) aktivitas bakteri *Nitrobacter sp.* Berkurang sehingga terjadi penumpukan NO_2^- karena konversi ke NO_3^- tertekan. Tetapi sebaliknya pada pH 7.0 kecepatan konversi NO_2^- ke NO_3^- melebihi kecepatan konversi NH_4^+ ke NO_3^- (Leiwakabessy *et al.*, 2003).