PAPER NAME

BUKU MAIMUNA NONTJI_.pdf

AUTHOR

Maimuna_Nontji =Reuji

WORD COUNT

9819 Words

CHARACTER COUNT

61681 Characters

PAGE COUNT

84 Pages

FILE SIZE

597.0KB

SUBMISSION DATE

Oct 12, 2022 2:09 PM GMT+7

REPORT DATE

Oct 12, 2022 2:11 PM GMT+7

21% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 21% Internet database
- 2% Publications database
- Crossref database

Excluded from Similarity Report

- Crossref Posted Content database
- Bibliographic material
- Cited material
- Manually excluded sources
- Submitted Works database
- Quoted material
- Small Matches (Less then 10 words)
- Manually excluded text blocks

Buku ini menggambarkan fenomena rhizobakteri pada rhizosfer padi sawah antara lain: habitatnya, interaksinya terhadap lingkungan, keberadaan, eksistensi dan degradasinya pada lahan sawah. Bagian selanjutnya menggambarkan dinamika kehidupannya pada setiap fase tanaman padi sawah yang memberi dampak terhadap keberadaannya, bentuk dan kharakter fisiologinya. Akhir tulisan menguak potensi rhizobakteri dalam membantu pertumbuhan tanaman dan menyeimbangkan kondisi lingkungan.

Bakteri adalah organisme bersel satu yang paling banyak populasinya dibandingkan organisme lain dan tersebar luas dipermukaan bumi. Bakteri bagi orang awam sangat identik dengan penyakit, namun sejalan dengan perkembangan teknologi, yang membantu mengungkapkan potensi besar dibalik keberadaan organisme ini, maka anggapan tersebut menjadi kurang tepat.

FENOMENA DAN DINAMIKA RHIZOBAKTERI PADA RHIZOSFER PADI SAWAH

FENOMENA DAN DINAMIKA RHIZOBAKTERI

PADA RHIZOSFER PADI SAWAH

Maimuna Nontji

Fenomena dan Dinamika *Rhizobakteri* Pada *Rhizosfer* Padi Sawah

Penulis:
Maimuna Nontji

PENERBIT FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUSLIM INDONESIA
MAKASSAR - INDONESIA

ISBN: 978-623-99844-1-0

Judul Buku:
Fenomena dan Dinamika *Rhizobakteri*
Pada *Rhizosfer* Padi Sawah

Penulis:
Maimuna Nontji

Penata Isi:
Angriani, ST

Desain Sampul
Abdul Akbar, SP

Jumlah Halaman
73 + 10 halama romawi

Edisi Pertama :April 2022

PT Penerbit Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05, Makassar
Email:agrotekfpumi@gmail.com

ISBN: 978-623-99844-1-0

HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Bakteri adalah organisme bersel satu yang paling banyak populasinya dibandingkan organisme lain dan tersebar luas dipermukaan bumi. Bakteri bagi orang awam sangat identik dengan penyakit, namun sejalan dengan perkembangan teknologi, yang membantu mengungkapkan potensi besar dibalik keberadaan organisme ini, maka anggapan tersebut menjadi kurang tepat.

Hadirnya organisme kecil tersebut, yang kasat mata dan hanya dapat dilihat dengan bantuan teknologi, telah disebutkan dalam QS. Al-Baqarah ayat 26 yang berbunyi:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا فَأَمَّا الَّذِينَ آمَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ

Artinya:

"Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka. Dan adapun mereka yang kafir mengatakan : "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?." dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan

tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik." (QS.Al-Baqarah : 26)

Ibnu Katsir menafsirkan, bahwa kata (yang lebih rendah dari itu), menunjukkan bahwa Allah SWT kuasa untuk menciptakan apa saja, yaitu penciptaan apapun dengan obyek apa saja, baik yang besar maupun yang lebih kecil. Allah SWT tidak pernah menganggap remeh sesuatu pun yang Dia ciptakan meskipun hal itu kecil. Orang-orang yang beriman meyakini bahwa dalam perumpamaan penciptaan yang dilakukan oleh Allah SWT, memiliki manfaat bagi kehidupan manusia (Al-Mubarok, 2006). Demikian pula dengan bakteri sebagai organisme kecil yang kasat mata, kehadirannya dipermukaan bumi sejatimya berperan dan bermanfaat terhadap lingkungan dan organisme lainnya, termasuk bagi kehidupan manusia.

Penulis mendalami bakteri spesifikasi *rhizobakteri* berawal pada penelitian S1 di bidang Pertanian, seiring berjalannya waktu sebagai hamba Allah yang diberi tanggungjawab dalam dunia pendidikan serta manifestasi Tridarma Perguruan Tinggi, mengantarkan penulis menemukan dan mengenal tanda-tanda kebesaran Allah SWT, melalui potensi yang dimiliki *rhizobakteri* dalam menyeimbangkan lingkungan, membantu dalam ketersediaan nutrisi bagi tanaman dan meningkatkan peran esensial material tanah. Setiap mahluk dikaruniai

tingkat pemahaman dan nalar masing-masing, agar memperoleh mentalitas berpikir yang menjadikan dirinya dapat memaknai dan merasakan seluruh alam semesta ini sebagai penjelmaan ciptaan Allah SWT.

Tulisan awal buku ini menggambarkan fenomena *rhizobakteri* pada rhizosfer padi sawah antara lain: habitatnya, interaksinya terhadap lingkungan, keberadaan, eksistensi dan degradasinya pada lahan sawah. Bagian selanjutnya menggambarkan dinamika kehidupannya pada setiap fase tanaman padi sawah yang memberi dampak terhadap keberadaannya, bentuk dan kharakter fisiologinya. Akhir tulisan menguak potensi *rhizobakteri* dalam membantu pertumbuhan tanaman dan menyeimbangkan kondisi lingkungan.

Penulis berharp semoga buku ini dapat memberi sumbangsih yang bermanfat, meskipun masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran merupakan masukan yang diharapkan.

Makassar, Februari 2022

Penulis

DAFTARA ISI

KATA PENGANTAR …….. iv
DAFTAR ISI.....v
DAFTAR TABEL..... vii
DAFTAR GAMBAR..... viii
I. FENOMENA RHIZOBAKTERI PADA RHIZOSFER PADI SAWAH
A. Degradasi *rhizobakteri* pada lahan sawah.....1
B. Interaksi *rhizobakteri* dengan Sifat Fisik dan Kimia Tanah.....5
II. DINAMIKA DAN IDENTIFIKASI FISIOLOGI
A. Dinamika *rhizobakteri* pada fase pertumbuhan padi.....13
B. Identifikasi fisiologi *rhizobakteri* 18
Reaksi gram 20
Reaksi motil 22
Reaksi indol 24
Reaksi oksidatif dan fermentatif 25
Reaksi pemanfaatan karbohidrat.....27
Reaksi katalase.....31

Reaksi oksidase.....32
Reaksi enzim urease.....33
III. IDENTIFIKASI BIOKIMIA DAN POTENSI BIOFERTILIZER
A. Potensi pelarutan Fosfat.....36
B. Potensi fiksasi Nitrogen.....42
C. Potensi produksi Hormon Auksin.....45
D. Potensi antagonistik terhadap *Xanthomonas oryzae* pv.*oryzae* 50
E. Potensi reduksi gas Metana di lahan sawah.....55
DAFTAR PUSTAKA 65
PROFIL PENULIS 72

DAFTAR TABEL

1. Kandungan bahan organik lahan sawah beberapa lokasi sentra padi di Sulawesi Selatan.....4

2. Kelas tekstur tanah sawah beberapa lokasi sentra padi di Sulawesi Selatan.....8

3. Sifat fisik dan kimia tanah beberapa lokasi sentra padi di Sulawesi Selatan.....9

4. Jumlah koloni *rhizobakteri* asal rhizosfer padi sawah pada fase pertumbuhan vegtatif,generatif dan fase pematangan 16

5. Konsentrasi Fosfat terlarut pada beberapa *rhizobakteri*.....38

6. Produksi Nitrogen bebas pada beberapa *rhizobakteri*.....44

7. Produksi Hormon Auksin pada beberapa *rhizobakteri*.....47

8. Diameter zona bening dan indeks hambatan beberapa *rhizobakteri* yang bersifat antagonis terhadap patogen *Xantomonas sp* 53

9. Persentase reduksi gas metana beberapa *rhizobakteri*.....58

DAFTAR GAMBAR

1. Jumlah koloni bakteri hasil isolasi 4 lokasi sentra padi 14

2. Jumlah koloni *rhizobakteri* gam negatif 21

3. Reaksi positif pengujian motil 23

4. Reaksi negatif pada uji indol 24

5. Perubahan warna pada media Hugh dan Leifson...26

6. Perubahan warna pada media TSIA.....28

7. Warna hitan pada media mengindikasikan positif H_2S.....30

8. Positif pengujian katalase 31

9. Negatif pengujian oksidase.....33

10. Perubahan warna pada uji urease 34

11. Perubahan warna pada uji Fosfat.....40

12. Perubahan warna pada uji Hormon Auksin.....48

13. Pengujian antagonis dengan *Xanthomonas pv*.....54

14. Pola reduksi gas metana rhizo 1,2,3 dan 4.....59

15. Pola reduksi gas metana rhizo 5,6 dan 7.....60

16. Pola reduksi gas metana rhizo 8,9 dan 10.....61

BAB I.
FENOMENA *RHIZOBAKTERI* PADA RHIZOSFER PADI SAWAH

A. Degradasi *Rhizobakteri* pada LahanSawah

Lahan sawah merupakan sumber kehidupan mayoritas masyarakat Indonesia, dengan luasannya yang mencapai 12 juta hektar tersebar di berbagai tipe lahan, antara lain: lahan sawah irigasi, lahan tadah hujan, ladang dan lahan pasang surut. Luasan tersebut merupakan potensi besar dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat, yang menggambarkan bahwa lahan

sawah mempunyai peranan yang strategis dalam penyediaan progam ketahanan pangan, penyerapan tenaga kerja dan sumber pendapatan petani. Oleh sebab itu lahan sawah merupakan sumberdaya lahan yang terpenting dalam mendukung produksi pangan nasional.

Pengelolaan lahan sawah meningkat secara siqnifikan saat ini, dengan berbagai jenis program yang diluncurkan untuk memenuhi kebutuhan pangan dalam negeri. Beberapa contoh antara lain: penggunaan sarana produksi berupa pupuk dan pestisida yang berasal dari bahan sintetis secara terus menerus, pemanfaatan lahan sawah secara intensif dan monokultur tanpa mempertimbangkan keberlanjutan.

Upaya pemenuhan kebutuhan tersebut telah berdampak negatif terhadap ekosistim persawahan khususnya di daerah rhizosfer. Kualitas sawah menurun yang ditandai dengan krisis unsur hara, berkurangnya organisme penyubur tanah, meningkatnya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), menurunya kandungan bahan organik tanah sehingga kualitas dan kuantitas produksi menurun. Menurut Hairiah (2005),

semakin intensif suatu sistim penggunaan lahan maka semakin rendah cadangan C organiknya.

Penurunan kandungan C organik dapat terjadi karena tidak kembalinya bahan organik ke dalam tanah. Pengembalian residu tanaman belum menjadi budaya petani sehingga dalam jangka panjang berdampak permanen pada penurunan kesuburan tanah atau degradasi lahan. Hal tersebut dibuktikan dengan laporan hasil pengamatan tahun 1995-2000 yang dibandingkan data tahun 1970an menunjukkan bahwa hampir seluruh lahan sawah intensifikasi telah mengalami akumulasi hara P dan K di dalam tanah, akibat pemupukan yang intensif selama periode revolusi hijau (Setyorini *et al.*, 2003).

Hasil pengamatan kualitas lahan sawah berdasarkan analisis sifat fisik, kimia dan kesuburan tanah, beberapa kabupaten di sulawesi Selatan, yang merupakan sentra padi antara lain; Kabupaten Pinrang, Maros, Gowa dan Takalar, membuktikan bahwa secara zonasi telah terjadi krisis kesuburan tanah pada daerah tersebut (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan unsur hara lahan sawah beberapa lokasi sentra padi di Sulawesi Selatan

No	Unsur hara	Kabupaten			
		Pinrang	Maros	Gowa	Takalar
1	Carbon (%)	1,79	3,16	0,76	0,86
2	Nitrogen (%)	0,17	0,23	0,11	0,11
3	C/N (%)	11,00	14,00	7,00	8,00
4	P_2O_5 (ppm)	51,00	52,00	31,00	87,00

Kualitas lahan rendah yang ditandai dengan kandungan organik Carbon kurang dari 2% seperti yang terlihat pada lahan sawah di Kabupaten Pinrang Gowa dan Takalar. Kandungan Nitrogen yang berada pada kategori sangat rendah sampai rendah, namun sebaliknya kandungan P untuk semua lokasi berada pada kisaran sedang sampai sangat tinggi. Fakta demikian membuktikan bahwa lahan sawah tersebut memiliki riwayat pemupukan yang cukup intensif, dimana organik Carbon dan Nitrogen yang sangat mobil dalam tanah, mengalami pencucian dan hilang di area rhizosfer, sementara organik P terakumulasi dalam bentuk tidak tersedia bagi tanaman. Winarso (2005), mengemukakan

bahwa organik P dalam tanah terdapat dalam berbagai bentuk persenyawaan yang tidak tersedia bagi tanaman, sehingga efisiensi pemupukan sangat rendah.

Kualitas lahan rendah adalah salah satu ukuran telah terjadi degradasi bakteri penghuni rhizosfer (*rhizobakteri*). Ketersediaan dan kestabilan unsur-unsur organik dalam tanah sangat bergantung pada rhizobakteri, karena organisme inilah yang berperan dalam mempertahankan, melarutkan dan meyediakan unsur hara dalam bentuk tersedia bagi tanaman. Sebaliknya populasi dan keragaman *rhizobakteri* dalam tanah dapat menjadi ukuran tingkat kesuburan tanah. Menurut Purwaningsih (2008), tanah pertanian yang subur mengandung 1000 juta mikroba/gram tanah

B. Interaksi *Rhizobakteri* dengan Sifat Fisik dan Kimia Tanah Sawah

Kepadatan populasi dan keragaman bakteri penghuni rhizosfer tidak saja dipengaruhi oleh bahan organik tanah, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor fisik tanah (tekstur, porositas dan aerasi) serta sistim pengelolaan lahan. Tanah sawah dalam pengelolaannya mengalami

proses pengeringan, penggenangan dan pelumpuran, tindakan tersebut sangat mempengaruhi sifat fisik tanah, terutama tekstur tanah.

Hasil penelitian Lai (1981) pada beberapa tanah sawah menemukan bahwa tanah yang dilumpurkan seperti tanah sawah, memiliki kandungan pasir yang lebih tinggi dibandingkan liat dan debu, pada kedalaman tanah 0-1 cm dibanding jika tanah tidak dilumpurkan. Pelumpuran menyebabkann terjadinya material terdispersi yang berpengaruh pada persentase fraksi penyusun tanah. Secara umum rata-rata material terdispersi meningkat menurut intensitas pelumpuran (Setyanto *et al*, 2004).

Tanah dengan kandungan pasir dominan memiliki porositas yang sangat tinggi, artinya ruang pori cukup tersedia untuk pergerakan air dan udara, sehingga luas permukaan yang tersentuh oleh material koloid organik sangat kurang. Jika hal tersebut terjadi di lahan sawah dan jika dikaitkan dengan praktek pemberian pupuk organik atau anorganik maka pupuk tersebut akan cepat hilang dan menjadi tidak efisien. Selain itu zona rhizosfer tanaman padi akan miskin populasi dan

keragaman *rhizobakteri* karena tidak tersedia unsur hara sebagai nurtisi bagi mikroba.

Tanah dengan tekstur lempung memiliki persentase fraksi pasir, debu dan liat berimbang sehingga sangat optimal untuk lahan petanian, karena kapasitas menyerap unsur hara lebih baik dibandingkan dengan tanah yang didominasi pasir, serta memiliki drainase, aerase dan kemudahan olah yang lebih baik daripada tanah dengan dominasi liat. Aerasi tanah yang baik memudahkan proses respirasi, akar tanaman mudah myerap O_2 dan melepaskan CO_2, sehingga aktivitas, populasi dan keragaman *rhizobakteri* aerobik yang terlibat dalam dekomposoisi bahan organik akan semakin meningkat pada zona *rhizosfer*. Perbandingan fraksi pasir, debu dan liat yang menggambarkan kelas tekstur tanah berlempung pada beberapa tanah sawah di Sulawesi selatan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kelas tekstur tanah sawah beberapa lokasi sentra padi di Sulawesi Selatan

Fraksi	Kabupaten			
	Pinrang	Maros	Gowa	Takalar
Pasir (%)	39	44	24	39
Debu (%)	42	44	58	49
Liat (%)	19	15	18	12
Kelas tekstur	Lempung	Lempung	Lempung berdebu	Lempung

Proses penggenangan pada tanah sawah juga sangat berpengaruh pada sifat kimia tanah, seperti reaksi tanah (pH tanah), hal ini sangat erat kaitannya dengan populasi dan keragaman bakteri di zona rhizosfer.[12] Pada tanah masam jika dilakukan penggenangan akan meningkatkan pH, sedangkan pada tanah alkalis akan menurunkan pH. Selanjutnya selama 4-12 minggu penggenangan, nilai pH akan stabil pada angka 6,5- 7,0.

Peningkatan pH terjadi karena adanya pelepasan ion hidroksil pada saat $Fe(OH)_3$ dengan senyawa-senyawa oksida lainnya direduksi menjadi $Fe(OH)_2$ (Sanchez,1976)[12]. Dengan proses penggenangan tersebut maka pH cenderung naik mendekati pH optimum,

kondisi ini akan merangsang aktivitas *rhizobakteri* dekomposer, karena secara umum pertumbuhan *rhizobakteri* berada pada kisaran pH 6,0 – 7,5.

Tabel 3. Sifat fisik dan kimia tanah beberapa lokasi sentra Padi di Sulawesi Selatan

Sifat kimia tanah	Kaupaten			
	Pinrang	Maros	Gowa	Takalar
pH :				
1. H2O	6,17	6,69	5,3	5,58
2. KCl	5,61	5,8	4,62	5,03
Kation dapat tukar (me/100gr tanah):				
1. Calsium	21,4	41,84	5,03	4,96
2. Magnesium	0,53	0,69	0,79	0,84
3. Kalium	0,18	0,2	0,06	0,11
4. Natrium	0,13	0,14	0,13	0,19
KTK (me/100gr tanah)	31,02	29,73	9,68	11,84
Kb (%)	83,45	100	62	52

Pada tabel 3. Terlihat bahwa pH tanah untuk ke-4 lokasi berkisar 5,58 – 6,69 dengan kategori masam cenderung netral. Kondisi pH demikian menyebabkan aktivitas bakteri terbatas sehingga populasi dan keanekaragamannya juga akan terbatas.

Pertumbuhan dan aktivitas *rhizobakteri* juga sangat ditentukan oleh ketersediaan kation dapat tukar dalam tanah. Kandungan unsur kation dapat tukar seperti Kalium, Natrium dan Magnesium berada pada kategori sangat rendah sampai rendah untuk semua lokasi (table 3). Namun pada tanah asal Pinrang dan Maros kandungan unsur Ca berada pada kategori tinggi. Hal tersebut membuktikan bahwa kedua sampel tanah ini terbentuk dari endapan alluvium, batuan metamorf yang kaya dengan Calsium. Tanah dengan kandungan Calsium yang tinggi menyebabkan pH tanah cenderung alkalis.

Sifat kimia tanah seperti kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa (KB) juga secara tidak langsung berpengaruh terhadap pertumbuhan dan aktivitas *rhizobakteri*. Nilai KTK dan Kb berkisar antara rendah sampai sangat tinggi untuk semua lokasi, hal tersebut menandakan bahwa secara kimia, tanah tersebut memiliki kemampuan mengikat dan melepaskan unsur-unsur hara seperti kation dapat tukar cukup baik, terutama tanah asal Pinrang dan Maros yang memiliki nilai KB pada kategori yang sangat tinggi. Namun

keberadaan unsur hara tersebut berada pada kategori rendah sampai sangat rendah, sehingga selain membatasi penyerapan akar tanaman padi juga membatasi aktivitas bakteri karena tidak memperoleh energi yang cukup untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Kurangnya unsur hara pada suatu lokasi dapat disebabkan karena pengangkutan unsur-unsur tersebut bersama hasil panen tanpa adanya upaya pengembalian ke dalam tanah, penggunan pupuk orgnik yang sifatnya mudah hilang melalui proses pencucian dan volatilisasi. Kandungan Nitrogen (N) total termasuk pada kategori sangat rendah sampai rendah, padahal berdasarkan wawancara langsung dengan petani di lokasi, pemberian urea sebagai sumber N sering kali dilakukan, namun kemungkinan melebihi takaran rekomendasi. Kandungan N di dalam tanah akan rendah meskipun sering diberikan dalam jumlah yang banyak, oleh karena N di dalam tanah sangat mobil dan mudah mengalami transformasi.

Nitrogen dalam tanah berbentuk Nitrat (NO_3^-) dan Ammonium (NH_4^+). Nitrat mudah mengalami pencucian oleh air hujan, air irigasi dan penyiraman

karena Nitrat tidak dapat diikat oleh partikel tanah (koloid tanah) karena keduanya mempunyai muatan negatif sehingga tidak dapat berikatan. Ammonium mempunyai muatan positif sehingga mudah diikat oleh koloid tanah, namun Ammonium mudah mengalami oksidasi menjadi gas nitrogen (N_2O, NO atau N_2).

BAB II.
DINAMIKA
DAN IDENTIFIKASI FISIOLOGI

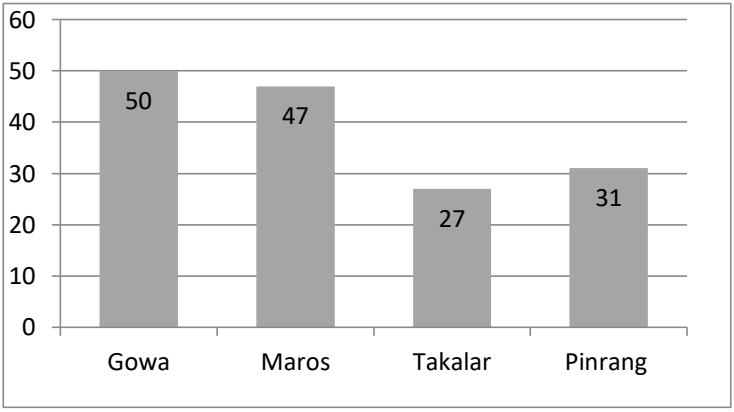
A. Dinamika *Rhizobakteri* pada Fase Pertumbuhan Padi

Populasi, koloni, keanekaragaman dan aktivitas *rhizobakteri* sangat dipengaruhi oleh tingkat kesuburan tanah, semakin tinggi tingkat kesuburan tanah maka rhizosfer akan semakin kaya dengan *rhizobakteri*. Kuswinanti *et al* (2014), menjelaskan bahwa bahan organik sangat memperngaruhi jumlah bakteri karena hal tersebut erat kaitannya dengan kelembaban tanah dan ketersediaan nutrisi.

Populasi dan keragaman *rhizobakteri* akan menjadi potensi yang dapat dikembangkan untuk menunjang produktivitas suatu lahan, khususnya lahan sawah. Pada daerah sentra-sentra padi yang belum

mengalami degradasi bahan organik diharapkan akan ditemui populasi dan keragaman *rhizobakteri* yang tinggi, namun sebaliknya pada sentra-sentra padi yang telah mengalami pemupukan intensif akan ditemui populasi dan kenaekaragaman yang rendah.

Gambar 1 meperlihatkan jumlah koloni *rhizobakteri* dari sampel sedimen rhizosfer padi sawah yang berasal dari empat lokasi sentra padi di Sulawesi Selatan, yang memiliki sejarah pemupukan intensif.



Gambar 1.Jumlah koloni bakteri hasil isolasi 4 lokasi sentra padi

Jumlah koloni *rhizobakteri* yang ditemui pada setiap lokasi sangat kurang, hal tersebut membuktikan bahwa kandungan unsur hara tanah lokasi sawah

tersebut kurang subur. Karena populasi dan keragaman *rhizobakteri* dalam tanah dapat menjadi ukuran tingkat kesuburan suatu tanah. Menurut Purwaningsih (2008), tanah pertanian yang subur mengandung 1000 juta mikroba/gram tanah.

Penggenangan dan pengeringan adalah ciri khas pengelolaan lahan sawah, tindakan ini diperlukan dalam proses pertumbuhan padi sawah. Penggenangan dilakukan pada fase pertumbuhan vegetatif dan generatif, namun setelah memasuki fase pematangan diperlukan proses pengeringan, tindakan ini sangat mempengaruhi populasi dan keragaman *rhizobakteri*, hal ini dapat dilihat dari hasil isolasi *rhizobakteri* asal rhizosfer padi sawah pada tiga fase pertumbuhan tanaman padi (tabel 4).

Tabel 4. Jumlah koloni *rhizobakteri* asal rhizosfer padi sawah pada fase pertumbuhan vegtatif,generatif dan fase pematangan

Asal sedimen	Fase			Total Koloni (CFU/ml)
	Vegetatif	Generatif	Pematangan	
Gowa	21	16	13	50
Maros	13	21	13	47
Takalar	12	6	13	27
Pinrang	10	9	8	31

Koloni *rhizobakteri* saat proses penggenangan yaitu pada fase vegetatif dan generatif, cenderung lebih banyak dibanding pada fase pematangan. Hal tersebut dapat disebabkan karena pada fase vegetatif dan generatif masih berlangsung proses penggenangan, sehingga memungkinkan jumlah koloni meningkat karena terjadi perubahan pH. Seperti yang diketahui bahwa pada tanah masam jika dilakukan penggenangan akan meningkatkan pH, sedangkan pada tanah alkalis akan menurunkan pH. Selain itu kenyataan tersebut juga didukung oleh nisbah C/N (tabel 1) untuk semua tanah sawah berada pada kategori sangat rendah sampai rendah, hal ini membuktikan bahwa terjadi proses mineralisasi yang tinggi pada saat proses penggenangan.

C/N yang rendah pertanda bahwa bahan organik terdekomposisi menjadi humus dan proses mineralisasi berjalan lancar. Jadi meskipun kandungan bahan organik rendah namun didukung oleh pH optimum dan tersedia cukup air, maka dapat merangsang pertumbuhan dan aktivitas *rhizobakteri.*

Persentase *rhizobakteri* pada fase vegetatif dan reproduktif lebih besar dibandingkan pada fase pematangan, juga dapat disebabkan oleh karena pada fase vegetatif merupakan fase pertumbuhan organ-organ vegetatif. Pada fase ini tanaman memerlukan banyak asupan unsur hara namun juga disertai dengan pelepasan sisa-sisa metabolisme aktivitas sel berupa gula, asam-asam amino, asam-asam organik yang merupakan sumber energi bagi *rhizobakteri*. Selain itu pada fase vegetatif terjadi pertambahan jumlah anakan yang menyebabkan semakin banyak dan merata jumlah perakaran tanaman, maka akan semakin besar pula distribusi eksudat ke area rhizosfer sehingga dapat merangsang aktivitas *rhizobakteri.*

Sistim penggenangan dan pengeringan pada sawah juga secara nyata sangat memperngaruhi unsur

hara, pertumbuhan dan produksi padi. Perubahan kimia yang disebabkan oleh penggenangan sangat mempengaruhi dinamika dan ketersediaan hara. Transformasi kimia yang terjadi berkaiatan erat dengan kegiatan mikroba tanah yang menggunakan oksigen sebagai sumber energi dalam proses respirasi.

Komposisi yang seimbang tersebut akan memberikan ruang pertumbuhan dan aktivitas kepada mikroba tanah. Salah satunya adalah *rhizobakteri*, bakteri ini sangat besar peranannya terhadap pertumbuhan tanaman, karena aktivitasnya dapat meningkatkan ketersediaan kandungan unsur hara disekitar perakaran yang dibutuhkan oleh tanaman. Sebaliknya akar tanaman juga menyediakan berbagai bahan organik yang menstimulir pertumbuhan bakteri berupa eksudat dan sekresi akar.

B. Identifikasi Fisiologi dan Potensi *Rhizobakteri* gram negatif

Untuk mempelajari *rhizobakteri* lebih jauh, baik mengenai siklus hidupnya, syarat-syarat

pertumbuhannya maupun interaksinya dengan organisme lain, diperlukan upaya kultivasi dengan melakukan isolasi, mengkulturkan bakteri tersebut secara *in vitro*, dan melakukan identifikasi. Ketika ditumbuhkan dalam media yang bervariasi, *rhizobakteri* akan memperlihatkan penampakan makroskopis yang berbeda. Perbedaan tersebut merupakan karakter setiap *rhizobakteri* yang dapat digunakan untuk mengenalinya. Perbedaan tersebut juga dinamakan karakteristik biakan (cultural), yang digunakan sebagai dasar untuk memisahkan mikroorganisme dalam kelompok taksonomik (Capuccino *et al.*, 2002).

Pengujian secara fisiologis juga dapat dilakukan untuk mengelompokkan *rhizobakteri* pada taksonomi tertentu. Pengujian tersebut dapat berupa uji gram, uji motilitas, uji fermentatif/oksidatif, uji pemanfaatan karbohidrat, uji H_2S, uji kemampuan mnghasilkan enzim seperti enzim katalase, oksidase dan enzim urease. Selain itu dapat juga dilakukan uji yang lain yaitu dengan menggunakan uji hidrolisis pati, uji indol, uji *methyl red*, uji sitrat, dan uji hidrolisis urea (Hadioetomo, 1993).

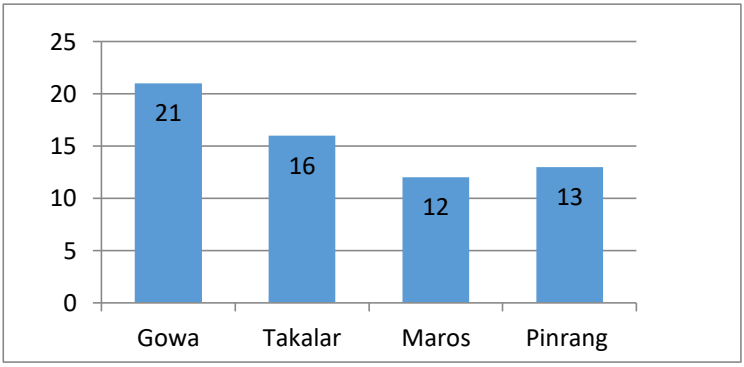
Bakteri adalah organisme bersel tunggal yang tidak memiliki inti sel, namun terdiri atas sitoplasma yang dibungkus oleh dinding sel yang tebal dan kaku. Dinding sel tersebut tersusun atas campuran protein dan polisakarida yang disebut peptidoglikan. Meskipun hampir semua bakteri memiliki dinding sel yang mengandung peptidoglikan, namun terdapat dua tipe struktur yang berbeda, yaitu bakteri gram positif dan gram negatif. Kedua tipe ini dapat hidup dalam satu lokasi dengan populasi dan keragaman yang berbeda.

Reaksi Gram

Reaksi gram adalah salah satu karakter fisiologi bakteri, yang dibedakan atas dua karakter yaitu: bakteri gram negatif dan gram positif. Karakter tersebut dibedakan berdasarkan perbedaan struktur dinding sel. Bakteri gram negatif memiliki sistim membrane plasma ganda, dinding sel terdiri atas membran luar dan membran dalam yang dilapisi oleh peptidoglikan yaitu polisakarida yang bertanggung jawab dalam hal ketahanan dan pemeabilitas sel bakteri. Bakteri gram positif memiliki sistim membrane plasma tunggal,

dinding sel tersusun dari 90% peptidoglikan. Karakter ini dapat diketahui dengan melakukan pengujian secara fisiologis baik dengan pewarnaan ataupun pengujian secara langsung yaitu koloni bakteri dari biakan murni diambil dengan jarum ose dan dioleskan pada gelas objek yang telah diberi dua tetes larutan KOH 3%,lalu diaduk melingkar selama ± 5 detik, koloni yang nampak berlendir menunjukkan reaksi positif (gram negatif) sebaliknya negatif yang tidak berlendir atau terlepas (gram positif).

Rhizobakteri gram negatif penghuni rhizosfer padi sawah di daerah sentra padi Kabupaten Gowa, Takalar, Maros dan Pinrang telah berhsil diseleksi dan dikoleksi dalam jumlah koloni yang beragam (gambar 2).

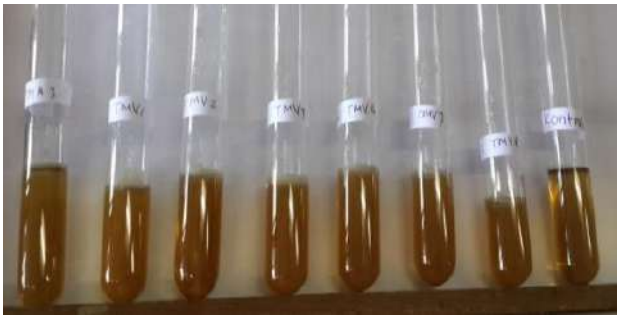


Gambar 2. Jumlah koloni *rhizobakteri* gam negatif

Berdasarkan analisis reaksi gram telah berhasil diseleksi 62 *rhizobakteri* tergolong gram negatif dari total 155 rhizobakteri. Masing-masing adalah 21 isolat (40,38 %) berasal dari Kabupaten Gowa, 16 isolat (59,28%) dari Kabupaten Takalar, 13 isolat (41,94%) dari Kabupaten Pinrang dan 12 isolat (25,53%) dari Kabupaten Maros.

Reaksi Motil

Reaksi Motil adalah respon bakteri yang menandakan adanya pertubuhan dan pergerakan pada media. Untuk mengetahui reaksi motil setiap bakteri, maka perlu dilakukan proses uji yaitu dengan cara melakukan inokulasi metode tegak lurus, pada media Sulfida Indol Motility (SIM) dari atas permukaan sampai dasar tabung reaksi. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 25^{0} C selama 24 jam. Adanya pertumbuhan menyebar disekitar daerah tusukan menandakan bahwa *rhizobakteri* tersebut bersifat motil.

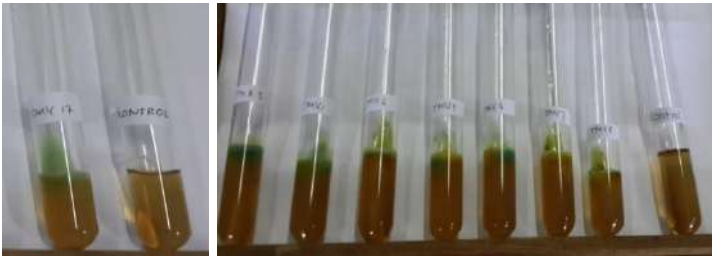


Gambar 3. Reaksi positif pengujian motil

Gambar 3 memperlihatkan *rhizobakteri* positif terhadap uji motil, artinya semua *rhizobakteri* mampu hidup dan bergerak, hal tersebut ditandai dengan adanya pertumbuhan yang menyebar pada media baik pada zona tusukan maupun sekitarnya. Menurut Brown (2001) uji motil digunakan untuk mengetahui kemampuan bakteri untuk bergerak, positif jika terdapat pertumbuhan koloni disekitar inokulasi. Selanjutnya Tarigan (1988) menambahkan bahwa jika bakteri tumbuh pada permukaan media setelah inkubasi selam 24 jam maka bakteri tersebut motil, sebaliknya jika pertumbuhan hanya pada daerah tusukan maka bekteri tersebut non motil.

Reaksi Indol

Reaksi Indol adalah respon bakteri terhadap senyawa *triptofan.* Untuk pengujian indol dilakukan pada media yang sama dengan pengujian motil, lalu dilakukan inokulasi tegak lurus selanjutnya diinkubasi selama 2 x 24 jam, kemudian inokulan ditetesi *reagen Kovac's*, jika terbentuk cincin berwarna merah pada permukaan media menandakan bakteri tersebut positif terhadap uji indol.



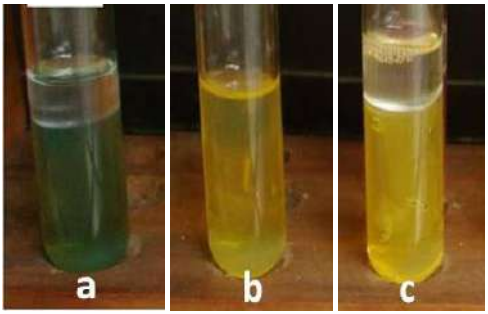
Gambar 4. Reaksi negatif pada uji indol

Pada pengamatan uji indol diperoleh hasil negatif terhadap semua isolat, hal tersebut berarti bahwa semua isolat tidak mampu memanfaatkan senyawa *triptofan* yang terdapat dalam media, hal ini ditandai dengan tidak terbentuk cincin merah pada permukaan media (Gambar 4).

Indol akan terbentuk jika bakteri mampu memafaatkan senyawa *triptofan*, senyawa ini menurut Lay (1994), termasuk asam amino yang lazim terdapat pada protein. Tidak semua bakteri memiliki kemampuan menghidrolisis *triptofan* menjadi indol, oleh sebab itu dapat dijadikan sebagai ciri fisiologis (Peleczer dan Chan, 1986).

Reaksi Oksidatif dan Fermentastif

Reaksi Oxidatif dan Fermentatif (OF)/aerob dan anaerob, Pengujian OF dilakukan untuk mengidentifikasi isolat *rhizobakteri* termasuk dalam kategori bakteri aerob atau bakteri anaerob. Perubahan warna yang terjadi pada media *Hugh* dan *Leison* akan menentukan kategori bakteri tersebut. Apabila terjadi perubahan warna biru menjadi kuning pada tabung fermentatif mengindikasikan positif untuk pertumbuhan anaerob (berarti terjadi fermentasi) begitu sebaliknya. Jika terjadi perubahan warna biru menjadi kuning pada tabung oksidatif mengindikasikan positif untuk pertumbuhan aerob, demikian sebaliknya.



Gambar5. Perubahan warna pada media Hugh dan Leifson
a = Kontrol
b = Tabung Oksiatif
c = Tabung Fermentatif

Pengujian oksidatif/fermentatif pada media OF bertujuan untuk mengetahui kemampuan *rhizobakteri* menghidrolisis karbohidrat pada suasana aerobik (oksidatif) atau anaerobik (fermentatif). Positif oksidatif jika terjadi perubahan warna media menjadi kuning pada tabung oksidatif dan tidak terjadi perubahan warna pada tabung fermentatif (Gambar 5a dan b), artinya *rhizobakteri* tersebut tidak mampu beraktivitas pada kondisi tanpa oksigen, sebaliknya sangat membutuhkan oksigen dalam aktivitasnya.

Positif fermentatif, jika terjadinya perubahan warna mernjadi kuning pada tabung fermentatif dan

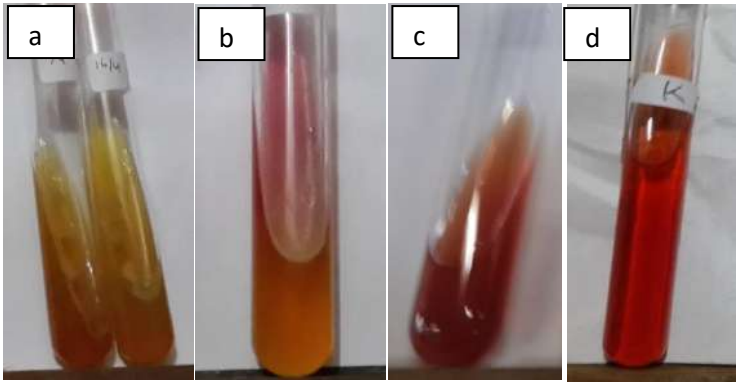
tidak berubah warna pada tabung oksidatif, artinya *rhizobakteri* tersebut hanya dapat melakukan aktivitas pada kondisi anaerob.

Sejumlah *rhizobakteri* memperlihatkan fenomena aerob fakultatif, yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna baik pada tabung oksidatif maupun fermentatif (Gambar 5b dan c), artinya *rhizobakteri* tersebut dapat melakukan aktivitasnya baik dengan adanya oksigen maupun tanpa oksigen. Bakteri aerob fakultatif tidak memerlukan oksigen tetapi dapat tumbuh baik bila oksigen tersedia (Tortora *et al.*,1992).

Reaksi Pemanfaatan Karbohidrat

Reaksi Pemanfaatan Karbohidrat (KH) adalah salah satu uji terhadap *rhizobakteri* untuk mengetahui kemampuan *rhizobakteri* melakukan fermentasi Karbohidrat seperti laktosa, sukrosa dan glukosa. Potensi *rhizobakteri* dalam memanfaatkan karbohidrat sangat erat kaitannya dengan penyediaan unsur hara bagi tanaman, karena karbohidrat adalah sumber energi bagi *rhizobakteri* dalam beraktivitas, yang selanjutnya akan melepaskan metabolit sekunder berupa

asam-asam organik yang berperan dalam melarutkan unsur hara yang terikat dan tidak tersedia bagi tanaman.



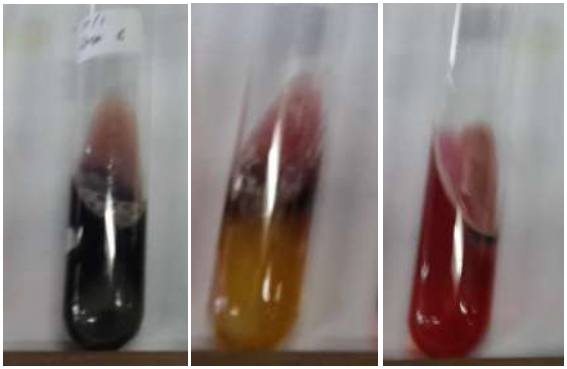
Gambar6. Perubahan warna pada media TSIA.
a = positif tehadap ke-3 macam KH
b = positif terhadap glukosa
c = negatif terhadap ke-3 macam KH
d = kontrol

Kemampuan *rhizobakteri* menfermentasikan karbohidrat dapat diuji dengan melakukan inokulasi pada media Triple Sugar Iron Agar (TSIA). Pertumbuhan *rhizobakteri* pada media miring akan memperlihatkan perubahan warna media yaitu; jika seluruh media berubah menjadi kuning dapat diartikan bahwa *rhizobakeri* positif terhadap fermentasi ke-3

Karbohidrat yaitu Laktosa, Sukrosa dan Glukosa (gambar 6a). Jika hanya dasar media yang berubah menjadi kuning dapat diartikan bahwa *rhizobakteri* hanya mampu menfermentasikan glukosa (gambar 6b). Sebaliknya jika perubahan warna hanya telihat pada kemiringan maka diartikan bahwa *rhizobakteri* hanya mampu menfermentasikan laktosa dan sukrosa, jika tidak terjadi perubahan warna maka *rhizobakteri* tidak mampu menfermentasikan ke-3 karbohidat tesebut (gambar 6c). Hasil pengujian pada media TSIA ini juga dapat memberikan informasi pembentukan H_2S yaitu dengan melihat tebentuknya endapan FeS yang berwarna hitam (gambar 7).

Pengujian dengan media TSIA digunakan untuk mengidentifikasi *rhizobakteri* yang mampu menggunakan Karbohidrat, karena dalam medium TSIA mengandung tiga macam Karbohidrat yaitu Laktosa, Sukrosa dan Glukosa serta indikator fenol red dan $FeSO_4$ untuk memperlihatkan adanya pembentukan H_2S yang ditandai dengan adanya endapan hitam. Menurut Tjide *et al* (2006), uji TSIA merupakan uji biokimia untuk

mengetahui kemampuan mikroba memanfaatkan Laktosa, Sukrosa dan Glukosa.



Gambar7. Warna hitan pada media mengindikasikan Positif H_2S.

Waktu terbentuknya endapan hitam berbeda-beda setiap *rhizobakteri*, ada yang terbentuk pada hari pertama masa inkubasi, ada juga yang terbentuk pada hari ke-2 dan ke-3. H_2S adalah suatu gas yang mengandung Sulfur, pembentukan H_2S oleh mikroorganisme menunjukkan adanya penguraian asam amino yang mengandung Sulfur (Lay,1994). Proses penguraian tersebut disebabkan karena mikrooranisme memiliki kemampuan menghasilkan desulfurase dan Fe^{3+} yang terdapat dalam media bereaksi dengan H_2S

menghasilkan senyawa FeS yang berwarna hitam. TSIA adalah suatu media yang mengandung substrat untuk produksi gas dan H_2S (Cappucino *et al*,1992).

Reaksi Katalase

Reaksi Katalase adalah salah satu kharakter *rhizobakteri* yang menggambarkan potensi membentuk enzim katalase, hal tersebut dapat dideteksi dengan uji katalese, yaitu proses pengujian dengan cara meneteskan 2 tetes larutan H_2O_2 3% pada kaca obyek, lalu letakkan 1 ose bakteri (umur 24-48 jam) diatasnya dan campurkan pada larutan tersebut, terbentuknya gelembung udara mengindikasikan reaksi positif terhadap katalase (gambar 8). Sebailknya jika tidak terbentuk gelembung udara maka reaksi negatif.

Gambar 8. Positif uji katalase

Gelembung udara yang terbentuk setelah koloni ditetesi hidrogen peroksida (H_2O_2), menandakan bahwa *rhizobakteri* tersebut menghasilkan enzim katalase yang dapat menguaraikan H_2O_2 menjadi Oksigen dan air. Enzim ini diproduksi oleh bakteri aerobik dalam upaya mencegah oksidasi radikal bebas yang dapat bersifat toksik. Saat melakukan respirasi, *rhizobakteri* menghasilkan berbagai macam komponen, salah satunya adalah H_2O_2. *Rhizobakteri* yang memiliki kemampuan memecah H_2O_2 dengan enzim katalase maka segera membentuk suatu sistem pertahanan dari toksik H_2O_2 yang dihasilkannya.

Reaksi Oksidase

Reaksi Oksidase adalah kharakter r*rhizobakteri* yang mengambarkan potensi *rhizobakteri* menghasilkan enzim oksidase. Potensi tersebut dideteksi melalui proses uji oksidase yang dapat dilakukan dengan cara mengoleskan koloni bakteri dengan jarum ose pada kertas saring yang telah ditetesi dengan larutan *Tetramethiyl paraphenylene diamine dihidrochloride* 1 %, sambil diaduk secara melingkar dengan diameter 0,5

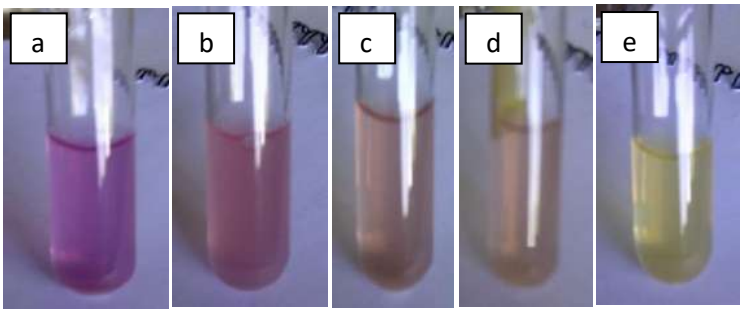
– 1 cm sambil diamati perubahan warna yang terjadi. Jika koloni *rhizobakteri* berubah warna menjadi biru atau merah, maka reaksi positif, jika tidak terjadi perubahan warna maka reaksi negatif (gambar 9), artinya bahwa isolat tersebut tidak mampu memproduksi enzim oksidase.

Gambar 9. Negatif uji oksidase

Reaksi Enzim Urease

Reaksi Enzim Urease. Potensi *rhizobakteri* menghasilkan enzim urease dapat dideteksi berdasarkan produksi enzim urease, hal ini dapat dilakukan melalui proses pengujian pada media *Yeast Salt,* yang sudah disterilkan, lalu inokulasi bakteri dan inkubasi pada inkubator 180^{0}C selama 3 x 24 jam. Peningkatan pH ditandai dengan peningkatan konsentrasi warna ungu (pH 9.0) yang membuktikan terdapat aktifitas urease

yang berarti reaksi positif. Kemampuan hidrolisis urea setiap *rhizobakteri* bervariasi berdasarkan tingkat konsentrasi warna ungu yang dihasilkan (gambar 10). Tingkatan tersebut dapat dikategorikan sebagai berikut: "sangat tinggi" dengan simbol (++++), "cukup" dengan simbol (+++), "sedang" dengan symbol (++) dan "rendah"dengan simbol (+).



Gambar 10. Perubahan warna pada uji urease
(a) sangat tinggi (++++) (d) rendah (+)
(b) cukup (+++) (e) kontrol
(c) sedang (++)

Reaksi urease adalah pengujian yang bertujuan untuk melihat kemampuan *rhizobakteri* dalam menghasilkan enzim urease yang selanjutnya digunakan untuk menghidrolisis urea menjadi amonia (NH_3), H_2O

dan CO_2. Urease merupakan enzim penghidrolisis yang memutuskan ikatan Nitrogen dan Karbon (Cappucino & Sherman, 2005). Amonia yang dihasilkan akan meningkatkan pH diatas 6,8 sehingga terjadi perubahan warna media. Adanya enzim urease dapat diketahui dengan melihat perubahan warna media kuning menjadi ungu.

BAB III.
IDENTIFIKASI BIOKIMIA DAN POTENSI *RHIZOBAKTERI* SEBAGAI AGEN BIOFERTILIZER

A. Potensi Pelarutan Fosfat

Rhizobakteri berperan sangat besar terhadap ketersediaan unsur hara bagi petumbuhan tanaman, karena *rhizobakteri* memiliki potensi sebagai agen biofertolizer. Kehadiran bakteri pada zona rhizosfer dapat membantu melarutkan Fosfat melalui metabolit sekunder yang dihasilkan oleh bakteri tersebut,.

Fosfor adalah salah satu unsur hara makro yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Beberapa mikroba mampu mengubah Fosfor

yang tidak terlarut dalam tanah menjadi bentuk yang terlarut sehingga dapat tersedia bagi tanaman (Pradhan *et al*, 2005). Bakteri pelarut fosfat merupakan salah satu bakteri dekomposer yang berperan dalam menyuburkan tanah, karena mampu melakukan mekanisme pelarutan fosfat dengan mengekskresikan sejumlah asam-asam organik yang dibutuhkan tanaman. Menurut Purwaningsih (2003), bakteri pelarut fosfat mampu mengekskresikan enzim fosfatase yang berperan dalam proses hidrolisis dan menghasilkan zat pengatur tumbuh.

Ketersediaan fosfat di daerah rhizosfer sangat tergantung pada bakteri pelarut fosfat, meskipun fosfat yang terkandung dalam tanah melimpah, akan tetapi jika tidak terdapat bakteri yang mampu melarutkannya maka tidak akan tersedia bagi tanaman. Fosfat yang terlarut di daerah *rhizosfer* selain dimanfaatkan oleh tanaman juga dimanfaatkan oleh bakteri, seperti yang dilaporkan oleh. Santosa (2007), bahwa fosfat dimanfaatkan oleh bakteri untuk aktivitas dan pembentukan sel-sel baru. Sementara Widyawati *et al* (2006), melaporkan bahwa bakteri pelarut fosfat merupakan bakteri yang memiliki kemampuan sangat besar sebagai biofertilizer dengan

cara melarutkan fosfat yang masih terikat bersama unsur-unsur Fe, AL, Ca dan Mg sehingga unsur-unsur tersebut dapat dilarutkan oleh bakteri yang selanjutnya menjadi tersedia bagi tanaman.

Beberapa *rhizobakteri* potensil yang diisolasi dari rhizosfer padi sawah dan dianalisis secara *in-vitro* melalui identifikasi biokimia terbukti berpotensi melarutkan Fosfat, sehingga *rhizobakteri* tersebut berpotensi sebagai agen biofertilizer (Tabel 5)

Tabel 5. Konsentrasi Fosfat terlarut pada beberapa Rhizobakteri

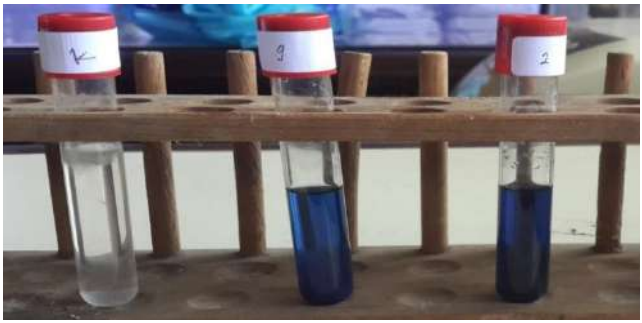
No.	Kode	Konsentrasi Fosfat terlarut (ppm)	No.	Kode	Konsentrasi Fosfat terlarut (ppm)
1.	Rhizo 1	18,875	6.	Rhizo 6	15,464
2.	Rhizo 2	17,573	7.	Rhizo 7	18,906
3.	Rhizo 3	16,031	8.	Rhizo 8	8,828
4.	Rhizo 5	18,036	9.	Rhizo 9	12,474
5.	Rhizo 5	18,927	10.	Rhizo 10	18,875

Potensi setiap *rhizobakteri* dalam melarutkan fosfat berbeda-beda, seperti yang terlihat pada Tabel 5. Konsentrasi kelarutan tertinggi diperlihatkan oleh Rhizo 5 yaitu 18,927 ppm dan terendah pada Rhizo 8 yaitu

8,828 ppm. Perbedaan konsentrasi kelarutan fosfat tersebut disebabkan karena adanya perbedaan kemampuan setiap *rhizobakteri* melepaskan metabolit sekunder. Hal tersebut diperkuat oleh pendapat Sagoe *et al* (1998), yang menyatakan bahwa aktivitas pelarutan fosfat ditentukan berdasarkan kemampuan mikroba melepaskan metabolit seperti asam organik yang memiliki gugus karboksil dan hidroksil sebagai agen pengkhelat kation, yang berikatan menjadi fosfat dan kemudian diubah menjadi bentuk yang terlarut. Menurut Vazques *et al* (2000), aktivitas pelarutan fosfat melalui beberapa mekanisme antara lain produksi asam organik seperti Glukanat, Oksalat, Suksinat dan lain-lain. Selanjutnya Goenadi *et al* (2000), menambahkan bahwa juga dapat melalui mekanisme polisakarida dan melalui mekanisme enzim Fosfatase (Rodriguest., *et al* 2000).

Identifikasi biokimia *rhizobakteri* pada bidang pertanian dilakukan untuk mengetahui potensinya sebagai agen hayati. Salah satu contoh yaitu analisis pelarutan fosfat, analisis ini merupakan proses uji kemampuan bakteri melarutkan fosfat, proses tersebut dapat dilakukan dengan analisis kuantitatif pada media

Phykovskaya cair. Prosedur uji tersebut dimulai dengan membuat kultur isolat dalam media dan diinkubasi diatas sheker 100 rpm selama 7 hari. Selanjutnya dilakukan penyaringan kultur, lalu disentrifus selama 15 menit. Supernatan diambil dan ditambahkan pelarut pekat (12 g Amonium molibdat, 0,2777 g Kalium antimoltartrat). Kemudian dikocok beberapa menit lalu didiamkan selama 30 menit. Sebelum dilakukan pengukuran absorbansi tingkat pelarutan Fosfat, pH larutan diukur tingkat keasamannya. Absorbansi diukur pada spektrfotometer. Perubahan warna menjadi biru mengindikasikan positif terhadap uji pelarutan fosfat (Gambar 11).



Gambar 11. Perubahan warna pada uji fosfat

Potensi *rhizobakteri* dalam melarutkan fosfat melalui uji media cair phykovskaya ditandai dengan terjadinya perubahan warna media menjadi biru tua (Gambar 11), artinya isolat mampu melarutkan $Ca_3(PO_4)$ yang terkandung dalam formulasi media pikovskaya. Menurut George *et al* (2002), menyatakan bahwa bakteri pelarut fosfat akan melarutkan fosfat dalam bentuk PO_4 menggunakan enzim fosfotase.

Untuk mengetahui kemampuan isolate *rhizobakteri* dalam melarutkan fosfat dapat pula dilakukan inokulasi isolat pada media padat phycovskaya, yaitu media selektif yang digunakan untuk isolasi dan menguji bakteri dan fungi pelarut fosfat (Santosa, 2007). Media Phykovskaya bisa dimodifikasi sesuai dengan tujuan isolasi. Sebagai contoh, untuk mendapatkan strain bakteri atau jamur pelarut fosfat yang mampu melarutkan fosfat dari Al-P maka pada media digunakan $AlPO_4$ sebagai sumber fosfat (Santosa, 2007). Penggunaan sumber fosfat bisa menggunakan *Tricalcium phosphat* $Ca_3(PO_4)_2$ (Ulfiyati & Zulaika, 2015). Bakteri pelarut fosfat yang ditumbuhkan pada media padat Phykovskaya akan membentuk zona bening

di sekitar koloni. Luas diameter zona bening yang terbentuk menunjukkan besar kecilnya kemampuan melarutkan fosfat dari fosfat yang sukar larut (Widawati & Suliasih, 2006). Bakteri yang memiliki nilai indeks kelarutan fosfat relatif tinggi merupakan isolat yang diindikasikan sebagai bakteri pelarut fosfat yang unggul (Ulfiyati & Zulaika, 2015).

B. Potensi Fiksasi Nitrogen

Peran *rhizobakteri* pada tanaman dapat membantu fiksasi Nitrogen melalui mekanisme simbiosis dengan akar tanaman dan membantu ketersediaan Nitrogen dalam tanah, melalui kemampuan bakteri mengubah Nitrogen bebas menjadi Nitrogen tersedia bagi tanaman.

Unsur hara Nitrogen dalam tanah dapat berkurang akibat karena pengangkutan unsur-unsur tersebut bersama hasil panen tanpa adanya upaya pengembalian ke dalam tanah. Selain itu penggunaan pupuk kimia yang sifatnya mudah hilang melalui proses pencucian dan volatilisasi. Tanah yang memiliki kandungan Nitrogen sangat rendah seringkali diberikan

urea sebagai sumber N, namun kemungkinan melebihi takaran rekomendasi. Kandungan N di dalam tanah akan rendah meskipun sering diberikan dalam jumlah yang banyak, oleh karena N di dalam tanah sangat mobil dan mudah mengalami transformasi.

Nitrogen dalam tanah berbentuk nitrat (NO_3^-) dan ammonium (NH_4^+). Nitrat mudah mengalami pencucian oleh air hujan, air irigasi dan penyiraman karena nitrat tidak dapat diikat oleh partikel tanah (koloid tanah) karena keduanya mempunyai muatan negatif, sehingga tidak dapat berikatan. Ammonium mempunyai muatan positif sehingga mudah diikat oleh koloid tanah, namun Ammonium mudah mengalami oksidasi menjadi gas Nitrogen (N_2O, NO atau N_2).

Beberapa *rhizobakteri* terbukti memiliki aktivitas nitrogenase sehingga mampu mengikat N_2 (Tabel 6), seperti yang dilaporkan Auman *et al* (2001), bahwa bakteri *Methanotrophs* tipe II dan tipe X mampu mengikat N_2. Proses fiksasi Nitrogen pada *rhizobakteri* dikatalis oleh enzim nitrogenase, enzim ini sangat peka terhadap oksigen yang tinggi. Pada saat konsentrasi oksigen tinggi akan menghambat ekspresi gen *nif*H yang

menyediakan enzim nitrogenase (Auman *et al.*, 2001). Kemampuan fiksasi nitrogen oleh *rhizobakteri* dapat diukur dengan pengukuran Ammonium terakumulasi dalam medium pertumbuhan, Ammonium ini selain dapat digunakan oleh bakteri juga dapat tersedia bagi tanaman.

Tabel 6. Produksi Nitrogen bebas pada beberapa Rhizobakteri

No.	**Kode**	**Produksi Nitrogen Bebas (%)**	**No.**	**Kode**	**Produksi Nitrogen Bebas (%)**
1	Rhizo 1	0,25	6	Rhizo 6	0,66
2	Rhizo 2	0,40	7	Rhizo 7	0,63
3	Rhizo 3	0,54	8	Rhizo 8	0,37
4	Rhizo 5	0,41	9	Rhizo 9	0,39
5	Rhizo 5	0,46	10	Rhizo 10	0,22

Produksi Nitrogen oleh *rhizobakteri* dapat diuji pada media burk's N-bebas, jika *rhizobakteri t*ersebut tumbuh, hal tersebut mengindikasika bahwa *rhizobakteri* mampu melakukan fiksasi Nitrogen.

Pada Tabel 6 terlihat beberapa *rhizobakteri* mampu melakukan fiksasi Nitrogen. Produksi Nitrogen bebas tertingi diperlihatkan oleh Rhizo 6 yaitu 0,66 %

dan terendah diperlihatkan oleh Rhizo 10 yaitu 0,22 %. Adanya perbedaan produksi Nirogen disebabkan karena kemampuan tumbuh dan kapasitas mengikat Nitrogen setiap *rhizobakteri* berbeda. Menurut Conalghi *et al* (1997), menyatakan bahwa hasil fiksasi Nitrogen sangat tergantung pada strain bakteri dan kondisi lingkungan. Selain itu juga dapat disebabkan oleh aktivitas enzim nitrogenase dalam memproduksi amonium. Selanjutnya Da Silva *et al* (2013), melaporkan bahwa adanya perbedaan aktivitas nitrogenase diduga karena pengaruh sistim gen *nif*H sebagai pengendali aktivitas nitrogenase.

C. Produksi Hormon Auksin

Pada dasarnya tanaman mampu menghasilkan hormon yang dibutuhkan, namun seiring dengan pertumbuhan dan produktivitasnya, kebutuhan hormon semakin meningkat, sehingga dibutuhkan suplai dari sumber lain. *Rhizobakteri* dalam aktivitasnya menghasilkan metabolit sekunder yang berpotensi sebagai hormon, yang dibutuhkan tanaman seperti Auksin, sehingga kehadiran bakteri pada area *rhizosfer* sangat besar pengaruhnya terhadap tanaman.

Hormon Auksin merupakan hormon tumbuhan yang terdapat pada ujung batang, akar dan pembentukan bunga yang berperan untuk merangsang pemanjangan sel di daerah belakang meristem ujung selama pertumbuhan primer. Hormon Auksin juga berpengaruh pada pertumbuhan sekunder dengan meningkatkan aktivitas kambium dan memengaruhi diferensiasi inisial-inisial kambium. Auksin merupakan senyawa yang sangat vital saat mengawali dan menginisiasi terjadinya pertumbuhan tanaman, berperan penting pada pertumbuhan perakaran sampai pembentukan buah. Menurut Bolero (2007) mikroba yang mampu menghasilkan Auksin dapat meningkatkan pertumbuhan dan perpanjangan akar, sehingga permukaan akar menjadi lebih luas dan akhirnya tanaman mampu menyerap nutrisi dari dalam tanah lebih banyak.

Untuk mengetahui potensi *rhizobakteri* dalam menghasilkan hormone Auksin dapat dilakukan uji secara kuantitatif dengan metode inokulasi pada kultur dan pengamatan absorben pada spektofotometer, tujuannya untuk melihat berapa besar konsentrasi Auksin yang diekskresikan ke dalam medium pertumbuhan oleh

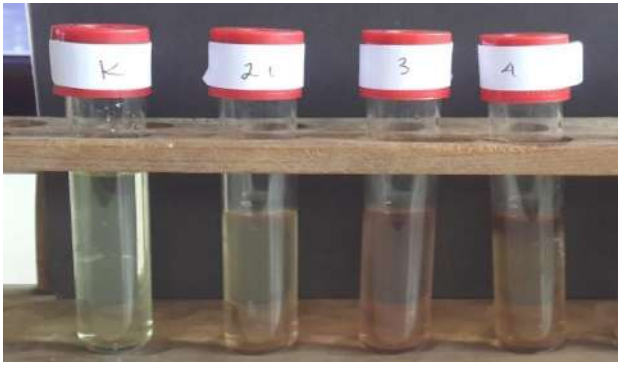
setiap bakteri. Beberapa *rhizobakteri* (Tabel 7) terbukti sebagai penghasil hormon Auksin. Indikasi tersebut secara kualitatif ditandai dengan terjadinya perubahan warna media pertumbuhan menjadi pink setelah inokulasi (Gambar 12). Menurut Kovacs (2009), bahwa perubahan warna tersebut terjadi karena adanya interaksi antara Indole Acetat Acid (IAA) dengan Fe membentuk senyawa kompleks [Fe_2 $(OH)_2$ $(IA)_4$], IAA adalah *Indole-3-acetate*. Selanjutnya dijelaskan bahwa warna pink yang semakin pekat menunjukkan kandungan Auksin yang dihasilkan oleh isolat semakin tinggi.

Tabel 7. Produksi hormon Auksin pada beberapa *rhizobakteri*

No	Kode	Produksi Hormon Auksin (ppm)	No	Kode	Konsentrasi Hormon Auksin (ppm)
1.	Rhizo 1	2,952	6.	Rhizo 6	6,333
2.	Rhizo 2	5,587	7.	Rhizo 7	2,460
3.	Rhizo 3	6,444	8.	Rhizo 8	8,302
4.	Rhizo 5	9,444	9.	Rhizo 9	7,698
5.	Rhizo 5	11,270	10	Rhizo 10	1,524

Konsentrasi Auksin pada analisis dengan metode spektrofotometri berdasarkan nilai absorbansi yang di

serap oleh spektofotometer UV-*Visible*, berdasarkan hukum Lambert-Beer nilai absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi sampel. Panjang gelombang yang di gunakan biasanya adalah 535 nm berada pada daerah tampak. Panjang gelombang ini dipilih berdasarkan warna yang dihasilkan oleh interaksi antara reagen *Salkowski* dan Auksin (Glickmann *et al.*, 1995), yang menghasilkan warna merah muda. Bakteri yang mampu menghasilkan Auksin akan menghasilkan warna merah muda ketika di tetesi dengan reagen *Salkowski*.



Gambar 12. Perubahan warna pada uji hormon Auksin

Konsentrasi Hormon Auksin yang dihasilkan oleh beberapa *rhizobakteri* pada Tabel 7 sangat bervariasi. Produksi tertinggi diperlihatkan oleh Rhizo 5 yaitu 11,270 ppm, konsentrasi terendah diperlihatkan oleh Rhizo 10 yaitu 1,524 ppm. Adanya perbedaan konsentrasi Auksin yang dihasilkan oeh setiap *rhizobakteri* bervariasi, hal tersebut disebabkan oleh starin dan waktu dalam fase pertumbuhan setiap *rhizobakteri* berbeda. Menurut Patil *et al* (2011), menyatakan bahwa bakteri mulai menghasilkan Auksin pada saat awal pertumbuhan dan mencapai maksimum pada awal fase stasioner. Sementara hasil penelitian Dewi *et al* (2015), menemukan bahwa produksi Auksin akan meningkat pada saat kondisi pertumbuhan menurun, ketersediaan karbon yang terbatas, dan dalam kondisi lingkungan pH asam, kondisi tersebut terjadi pada saat bakteri memasuki fase stasioner. Alasan lain dapat disebabkan karena suplai *L-tryptofan* sebagai precursor sintesis Auksin, sebab Patil *et al* (2011), menyatakan bahwa *L-tripthofan* merupakan asam amino yang berfungsi sebagai precursor dalam biosintesis auxin pada tanaman dan mikroba. Hormon Auksin juga

dapat dimetabolisme kembali oleh beberapa jenis bakeri. Sesuai dengan penelitian Lestari *et al* (2007), bahwa terjadinya penurunan produksi Auksin dapat disebabkan karena bakteri mengkonsumsi kembali hormone tersebut yang dihasilkannya karena medium pertumbuhannya telah miskin nutrisi.

D. Potensi Antagonistik Terhadap *Xanthomonas oryzae* pv.*oryzae*

Beberapa *rhizobakteri* gram negatif memiliki potensi antagonistik terhadap patogen tanaman, baik patogen berupa cendawan ataupun bakteri. Rachman (2011) berhasil melakukan uji antagonis antara *rhizobakteri* yang hidup di perakaran tanaman padi, dengan pathogen *Xanthomonas oryzae* pv.*oryzae*, dengan indeks hambatan yang cukup baik,hal tersebut mengindikasikan bahwa beberapa rhizobakteri berpotensi sebagai agen biopestisida.

Uji antagonistik dapat dilakukan dengan tujuan untuk mencari isolat yang bersifat antagonis terhadap bakteri pathogen, salah satu contoh yaitu *Xantomonas*

sp patogen pada tanaman padi. Pengujian dapat dilakukan dengan cara menumbuhkan 2,5 ml suspensi isolat *Xantomonas sp* yang telah dikulturkan pada media *Nutrient Broth* (NB) dengan konsentrasi 10^8 CFU/ml, kemudian diinokulasi pada media *Nutrient Agar* (NA) dengan cara sebar secara merata pada permukaan media. Selanjutnya "bank disc" dicelupkan pada suspensi rhizobakteri pada konsentrasi 10^8 CFU/ml, lalu diletakkan pada permukaan media yang sudah diinokulasi dengan *Xantomonas*, selanjutnya diinkubasi. Terbentuknya *clear zone*(zona bening) setelah masa inkubasi merupakan indikator bahwa bakteri tersebut saling antagonis. Dengan demikian *rhizobakteri* tersebut memiliki potensi daya hambat terhadap patogen *Xantomonas* sp

Penentuan potensi daya hambat dikelompokkan berdasarkan besarnya indeks hambatan (IH) dengan beberapa kategori yaitu :

a. IH > 3,0 hambatan sangat kuat,dapat diberi simbol ++++
b. IH = 2,0 – 2,9 hambatan kuat, dapat diberi symbol +++
c. IH = 1,0 – 1,9 hambatan sedang, dapat diberi symbol ++
d. IH = 0,1 – 0,9 hambatan lemah, dapat diberi symbol +

e. IH = 0 tidak memiliki potensi hambatan

Indeks hambatan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$I\,H = \frac{DZB - DBD}{DBD} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

Keterangan :

I H : Indeks hambatan
DZB : Diameter clear zone
DBD : Diameter blank disch (5 mm)

Pada tabel 8 disajikan 10 rhizobakteri yang berasal dari rhizosfer padi sawah, telah terbukti bersifat antagonis terhadap bakteri *Xanthomonas oryzae* pv.*oryzae*. Hal tersebut ditandai dengan tebentuknya zona bening pada media pertumbuhan (Gambar 13) dengan indeks hambatan yang bervariasi.

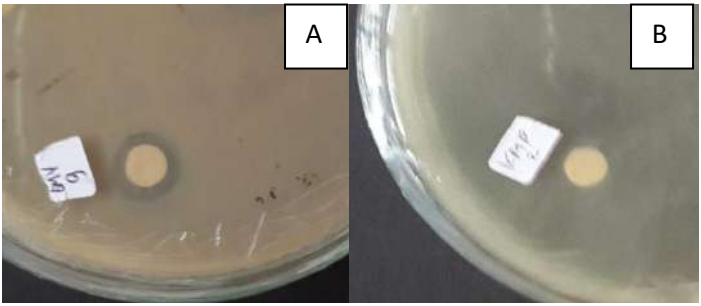
Tabel 8. Diameter zona bening dan Indeks Hambatan beberapa *Rhizobakteri* yang bersifat antagonis terhadap patogen *Xantomonas* sp

Kode Rhizobakteri	Aktivitas Antagonis		
	Diameter Zona bening (cm)	Indeks Hambatan	Kategori
Rhizo 1	0,9	0,8	+
Rhizo 2	1,2	1,4	++
Rhizo 3	1.2	1,4	++
Rhizo 4	1,0	1,0	++
Rhizo 5	0,6	0,2	+
Rhizo 6	0,8	0,6	+
Rhizo 7	1,5	2,0	+++
Rhizo 8	1,0	1,0	++
Rhizo 9	0,8	0,6	+
Rhizo 10	0,8	0,6	+

Keterangan + : hambatan lemah
++ : hambatan sedang
+++ : hambatan kuat

Waktu terbentuknya zona bening, diameter zona bening dan besarnya indeks hambatan setiap *rhizobakteri* berbeda-beda. Berdasarkan hasil pengamatan saat dilakukan pengujian, zona bening rhizo 2 terbentuk paling cepat yaitu dua hari setelah masa inkubasi, namun memiliki indeks hambatan pada kategori hambatan sedang. Berbeda dengan rhizo 7 yang

memiliki indeks hambatan tertinggi yaitu 2 dengan kategori hambatan kuat, namun zona bening terbentuk 5 hari setelah inkubasi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa cepatnya terbentuk zona bening tidak menjamin besarnya indeks hambatan yang terbentuk. Adanya perbedaan tersebut disebabkan karena kemampuan setiap isolat mempertahankan diri untuk tetap hidup, beradaptasi dan melawan senyawa toksik yang dihasilkan bakteri patogen juga berbeda-beda.



Gambar 13. Pengujian antagonis: dengan *Xanthomonas pv*

(a) terbentuk clear zone

(b) tidak tebentuk clear zone

E. Potensi Reduksi Emisi Gas Metana di Lahan Sawah

Gas metana adalah salah satu gas rumah kaca penyebab emisi, gas ini dihasilkan oleh mikroorganisme pada kondisi aerobik melalui proses akhir dekomposisi bahan organik di lahan basah termasuk lahan sawah. Sumber utama emisi gas metana berasal dari aktifitas manusia (sumber antropogenik).Hampir 70% total emisi gas metana berasal dari sumber antropogenik dan sisanya sekitar 30% berasal dari sumber-sumber alami (Mudiyarso dan Husin, 1994).

Lahan sawah dalam pengelolaanya melewati proses penggenangan dan pengeringan. Pada proses penggenangan akan mengalami kondisi anaerob dan memicu pembentukan gas metana. Setyanto *et al* (2005), menyatakan bahwa penggenangan adalah lingkungan yang cocok untuk pembentukan gas metana. Penggenangan juga dapat menyebabkan suhu air mencapai 40ºC karena pengaruh efek peningkatan suhu. Pembentukan gas metana berbanding lurus dengan suhu. Semakin tinggi suhu air, maka semakin besar emisi gas metana (Treenberth, 1994).

Gas metana terbentuk saat kondisi tanah dalam keadaan anaerob, sehingga tanah mengalami proses reduksi yakni terjadi proses perombakan bahan organik yang berasal dari pupuk dan eksudat.Pada proses metanogenesis akan dilepaskan metana, selanjutnya melalui proses *difusi*, *ebulisi*, dan melalui pembuluh *arenchyma* tanaman padi, metana akan lepas ke atmosfir menjadi emisi (Nouchi, 1994). Namun pada kondisi normal, sebelum gas metana lepas ke atmosfir menjadi emisi, gas ini dapat dimafaatkan oleh *rhizobakteri* sebagai sumber energinya. Dengan demikin *rhizobakteri* tersebut secara langsung dapat mengurangi(reduksi) emisi gas metan yang lepas ke atmosfer.

Uji potensi *rhizobakteri* sebagai organisme yang mampu melakukan reduksi emisi gas metana dapat dilakukan melalui analisis potensi reduksi gas metana dengan menggunakan alat kromatogafi gas (Shimatdzu 8A) yang dilengkapi dengan Flame Ionization Detector (FID), Capillary Colum, carrier gas Nitrogen dan Helium. Hasil analisis diinterpretasikan dalam bentuk konsentrasi (ppm).

Uji potensi reduksi gas metana dilakukan dengan mengukur konsentrasi gas metana pada bagian headspace menggunakan teknik kromatogafi gas modifikasi dari metode Kumaraswarni *et al* (2001). Kultur cair *rhizobakteri* sebanyak 1 ml diinokulasi ke dalam 9 ml media Nitrat Mineral salt (NMS) dalam tabung vial 20 ml, komposisi gas di headspace tabung dibuat mendekati 50 % metana dan 50 % udara, lalu ditutup dan disumbat dengan karet. Sebagai kontrol dibuat media NMS 10 ml pada tabung vial dengan komposisi gas pada headspace yang sama. Inkubasi dilakukan selama 13 hari diatas sheker pada suhu ruang (27-30^{o}C). Pengukuran konsentrasi gas metana dilakukan dengan menggunakan kromatogafi gas dan pengamatan dilakukan empat kali selama 13 hari yaitu hari ke 1, 5, 9 dan 13.

Persentase reduksi gas metana selama masa inkubasi dihitung dengan menggunakan rumus :

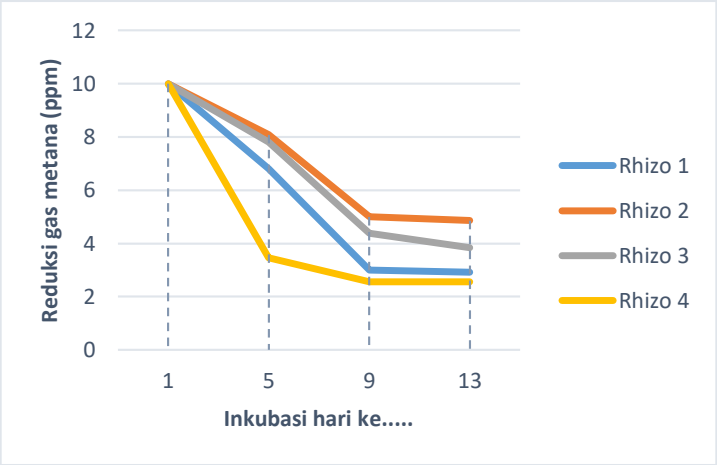
$$PR = \frac{KW-KR}{KW} x\ 100\ \% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Keterangan :
PR : Persentase Reduksi
KW : Konsentrasi awal
KR : Konsentrasi Akhir

Pada tabel 9 diperlihatkan 10 rhizobakteri yang memiliki potensi reduksi emisi gas metana, dengan potensi yang bevariasi. Reduksi tertinggi diperlihatkan oleh rhizo 6 dan rhizo 7 yaitu dari konsentrasi 10 ppm pada hari pertama turun menjadi 1,20 ppm dan 1,02 ppm pada hari ke-13 dengan persentase reduksi 89.8 %. Sementara reduksi terendah diperlihatkan oleh Rhizo 9yaitu dari konsentrasi 10 ppm turun menjadi 7,55 ppm pada hari ke-13 dengan persentase reduksi 24,5%.

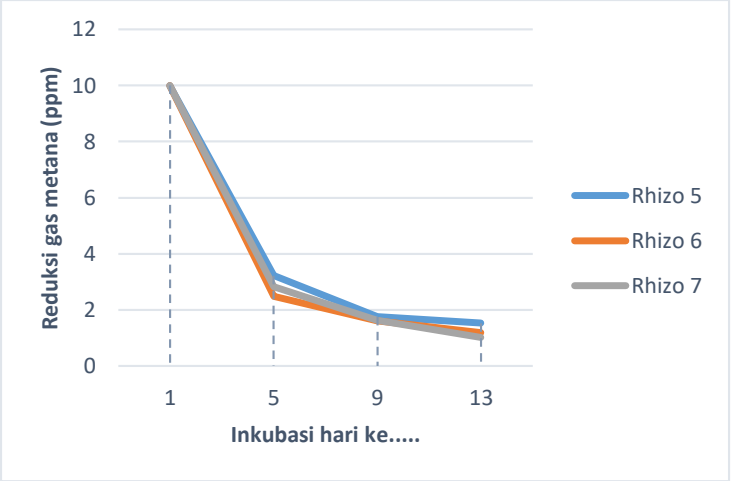
Tabel 9. Persentase reduksi gas metana beberapa *rhizobakteri*

Kode	Reduksi Gas Matana (ppm)				Persentase Reduksi (%)
	hari ke….				
	1	5	9	13	
Rhizo 1	10	06,81	3,00	2,91	70,9
Rhizo 2	10	10,00	5,00	4,86	51,4
Rhizo 3	10	07,81	4,38	3,84	61,6
Rhizo 4	10	03,46	2,56	2,56	74,4
Rhizo 5	10	03,22	1,76	1,53	84,7
Rhizo 6	10	02,48	1,61	1,20	89,8
Rhizo 7	10	02,83	1,63	1,02	89,8
Rhizo 8	10	04,69	4,03	2,36	76,4
Rhizo 9	10	10,00	8,09	7,55	24,5
Rhizo 10	10	03,85	2,42	2,23	77,7



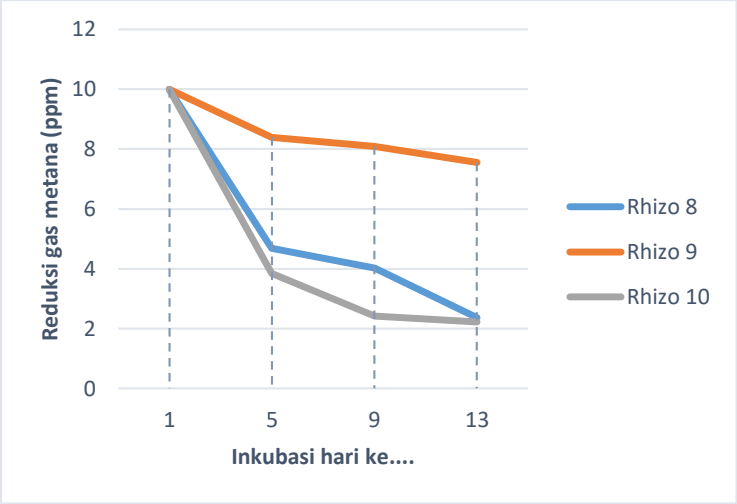
Gambar 14. Pola reduksi gas metana oleh rhizo 1,2,3 dan 4

Pola reduksi gas metana untuk rhizo 1 sampai rhizo 4 disajikan pada Gambar 14, terlihat bahwa rhizo 4 melakukan reduksi gas metana sangat signifikan pada pengamatan hari pertama masa inkubasi sampai hari ke-5, setelah itu turun secara perlahan sampai hari ke-9 dan menurun secara konstan sampai hari ke-13. Rhizo 1,2 dan 3 memperlihatkan pola reduksi gas metan yang hampir sama yaitu reduksi gas metan secara perlahan tapi pasti sampai hari ke-9 dan cenderung konstan sampai hari ke-13.



Gambar 15. Pola reduksi gas metana oleh rhizo 5,6 dan 7

Pola reduksi gas metana untuk rhizo 5 sampai rhizo 7disajikan pada Gambar 15, terlihat bahwa ketiga *rhizobakteri* tersebut memperlihatkan pola reduksi yang hampir sama yaitu reduksi sangat signifikan pada hari pertama sampai hari ke 5 masa inkubasi, selanjutnya reduksi secara perlahan sampi hari ke-13.



Gambar 16. Pola reduksi gas metana oleh Rhizo 8,9 dan 10

Pola reduksi gas metana oleh rhizo 8, 9 dan 10 diperlihatkan pada Gambar 16. Rhizo 9 memperlihatkan pola yang berbeda, yaitu reduksi sangat lambat mulai dari hari pertama sampai hari ke-13, namun rhizo 8 dan 10 memperlihatkan pola yang hampir sama yaitu hari pertama samai hari ke-5 masa inkubasi reduksi siqnifikan, selanjutnya reduksi secara perlahan sampai hari ke-13.

Reduksi gas metana pada umumnya sangat tajam diperlihatkan oleh setiap rhizobakteri pada hari pertama sampai hari ke-5, selanjutnya setelah hari ke-5 sampai

hari ke-13 menurun secara perlahan sampai konstan. Hal tersebut erat kaitannya dengan waktu dan fase pertumbuhan isolat. Setiap bakteri memiliki waktu pertumbuhan yang berbeda, ada yang memerlukan waktu yang cepat misalnya 20 menit, berjam-jam bahkan ada yang sangat lambat sampai berhari-hari. Bakteri *Methanotrophs* adalah jenis bakteri pereduksi emisi gas metana yang tumbuh lambat (Begonja dan Hrsak, 1998). Bahkan pada media NMS koloni bakteri tumbuh optimal sampai 14 hari.

Menurut Madigant *et al* (2006), pertumbuhan sel bakteri biasanya mengikuti pola pertumbuhan tertentu, yaitu berupa kurva pertumbuhan sigmoid. Pertumbuhan tersebut melewati beberapa fase yaitu fase lag, ekxponensial, stasioner dan fase kematian.Faselag adalah fase bakteri beradapatasi dengan lingkungannya dan mulai bertambah sedikit demi sedikit. Fase eksponensial adalah fase pembiakan bakteri yang berlangsung paling cepat. Fase stationer adalah fase dimana jumlah bakteri yang berkembang biak sama dengan jumlah bakteri yang mengalami kematian. Dan Fase autolysis (kematian) adalah fase dimana jumlah

bakteri yang mati semakin banyak, melebihi jumlah bakteri yang berkembang biak.

Fase eksponensial merupakan fase pertambahan volume dan ukuran sel, sebagai hasilnya adalah pertambahan populasi, hal tersebut didukung oleh pendapat Atlas *et al dalam* Nurhamida (2009) bahwa setelah fase adaptasi selesai, mikroorganisme memasuki fase eksponensial dan stasioner dimana laju pertumbuhan maksimum dan konstan, sehingga jumlah biomassa maksimum terdapat pada fase tersebut, dengan demikian populasi semakin besar, sehingga sangat memungkinkan terjadi reduksi metana secara besar-besaran.

Reduksi secara perlahan mulai terlihat rata-rata setelah hari ke-5 sampai hari ke-13, bahkan beberapa rhizobakteri terlihat merediuksi secara konstan pada hari ke-9 sampai hari ke-13. Fenomena tersebut selain disebabkan karena pertumbuhan bakteri memasuki fase stasioner menuju fase autolysis, juga dapat disebabkan karena terjadi perubahan proses pertumbuhan bakteri akibat perubahan kondisi fisik lingkungan secara mikro. Hal ini didukung oleh pendapat Pelczar *et al* (1986),

bahwa proses pertumbuhan bergantung pada reaksi kimiawi dan karena laju reaksi-reaksi ini dipengaruhi oleh suhu, maka pola pertumbuhan bakteri tentunya juga dipengaruhi oleh suhu yang bedampak terhadap jumlah total pertumbuhan organisme. Selain itu pada saat yang sama juga terjadi kompetisi nutrisi akibat pertambahan waktu dan populasi, sehingga potensi reduksi mulai berkurang. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme meliputi suplai zat gizi, waktu, suhu, air, pH dan tersedianya oksigen (Buckle, 1985).

DAFTAR PUSTAKA

Al-Qur'an Surat Al-Baqarah ayat 26. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Revisi Terjemahan, Departemen Agama Republik Indonesia Jakarta. CV Jaya Sakti Surabaya.

Al-mubarok, S. 2006. Shahih Tafsir Ibnu Katsir Jilid I. Bogor: Pustaka Ibnu Katsir. Penerjemah Abu Ihsan Al-Atsari.

Auman, A. J., Speake, C., Lidstrom,M.2001. nifH Sequences and Nitrogen Fiksation in type I and type II *Methanotroph*. *Appl Environ Microbiol* 67: 4009-4016.

Brown, A. 2001. Microbiological Applications Lab Manual. 8th Ed. The McGaw-Hill Companies, New York.

Bolero, L., Perrig, D., Masciarelli, O., Penna, C., Cassan, F., Luna, V. 2007. Phytohormon Production by Three Strains of *BradyrhizobiumJaponicum* and Possible Physiological and Technological Implications. *Appl Microbiol Biotechnol* 74: 874-880

Begonja, A., Hrsak, D. (1998). Gowth Characteristic and Metabolic Activities of The *Methanotrophic*-Heterotrophic Gowndwater Community. *J ppl Microbial*.85: 448-456.

Buckle, K. A. (1985). *Ilmu Pangan*. Universitas Indonesia. Jakarta

Cappucino, J.G and Sherman N. 2002. *Microbiology a Laboratory* manual *6th ed*. The Bejamin Cummings Publishing Company.Inc. Menlo Park.

Cappucino, J.G and Sherman N. 2005. *Micribiology a* Laboratory *Manual*. San Fransisco. CA Pearson Education.Inc.

Conalghi R., Geen, A.L., Rudnick, H.P., Kennedy, C. 1997. Strategies For Increased Ammonium Production in Free Living or Plant Associated Nitrogen Fixing Bacteria. *Plant and Soil.* 194:145-154.

Da Silva K., Rafaela, S., Abrahao, N., Adriana, S. L., Alexandre, B., Fatima,M., de Souza, M.. 2013. Density and Diversity of Diazotrophic Bacteria Isolatd From Amazonia Soils Using N-free Semisolid media Sci. *Agic*. 68: 518-525

Dewi Tirta K., Ela, S.A., Hartati I., Sarjiya, A. 2015. Karakterisasi Mikroba Perakaran (PGPR) Agen Penting Pendukung Pupuk Organik Hayati. *Pro Sem Nas Masyarakat Biodiversity Indonesi.*1: 289-295.

George, T.S., Gegori, P.J., Wood, M., Read, J. and Buresh, R.J. 2002. Phosphatase Activity and Organic Acids in The Rhizosphere of Potential Agoforestry Species and Maize. *Soil Biol*. *Biochem*. 34:1487-1494.

Glickman E., Dessaux, Y. 1995. A Critical Examination of The Specificity of The Salkowski Reagent for Indole Compounds Produced by Phytopatogenic Bacteria. *Appl Environ Microbiol* 61:793-796.

Goenadi, D.H., Sisweto, I., Sugiarto, Y. 2000. Bioactivation of Poorly Soluble Phosphate Rocks With a Phosphorus-Solubilizing Fungus. *Soil Sci Soc Amj* .64: 927-932.

Hairiah, K. 2005. *Biodiversitas Tanaman Sebagai Dasar Menuju Pertanian Sehat*. Makalah Seminar Nasional Dies Natalis ke 29 UNS. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta

Kovacs K. 2009. *Applications of Mosssbauer* Spectroscopy *in Plant Physiology* .Dissertation). ELTE Chemistry Doctoral School, ELTE Institute of Chemistry, Budapest

Kumaraswarny, S., Ramakrishnan, B., Sethunathan, N. 2001. Methane Production and Oxidation in an Anoxic Redox Species. *J Rnvion Quality* 30: 2195-2201.

Kuswinanti T. 2012. *Menguak Tabir Kehidupan Mikroorganisme*. Kerjasama IPB Press dan Hasanuddin University Press.

Kuswinanti, T., Baharuddin., Sri Sukmawati. 2014. Efektivitas Bakteri Rhizosfer dan Bahan Organik Terhadap *Ralstonia Solanacearum* dan *Fusarum oxsysporum* pada Tanaman Kentang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10: 68-72.

Lay,B.W. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. Raja Gafindo Persada. Jakarta

Lestari, P., Susilawati, D.N., Riyanti, E.I. 2007. Pengaruh Hormon Asam Indol Asetat yang dihasilkan *olehAzospirillum* sp. terhadap Perkembangan Akar Padi. *Jurnal Ago Biogenetika*3: 66-71.

Madigant, M.T., Martinko, J.M., Parker, J. 2006. *Brock Biology of Microorganisms.* Ed ke-11. New Jersey : Pentice Hall.

Murdiyarso, D., Dan Husin, Y. A. 1994. *Modelling and Meausuring Soil Organic Matter Dynamics and Geenhouse Gas Emissions After Forest Conversion*. Report of Workshop/ Training Curse. Bogor. ASB_Indonesia report 1.

Nouchi, I. 1994. *Mechanism of Metanae Transport Through Rice Plants*. In : K. Minami, A.Mosier and R. L. Sass (eds). CH4 and N2O : Global

Emission and Controls from Rice Fields and Other agicultural and Industrial Sources. Proc. Of an International Workshop: Metanae anh Nitrous Oxide.

Nurhamida. 2009. *Optimasi Produksi Inokulan Pseudomonas* sp *dan Viabilitasnya dalam bahan Pembawa Gambut.* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Bogor

Patil, N.B., Gajbhiye, M., Ahiwale, .,S., Gunjal, A.B., Kapadnis, B.P., 2011. Optimization of Indole 3-Acetic Acid (IAA) Production by *Acetobacterdiazotrophicus* L1 Isolatd From Sugarcane. *J Environ Sci* 2 : 307-314.

Purwaningsih, S. 2008. Populasi Bakteri Rhizobium di Tanah pada Beberapa Tanaman dari Pulau Buton, Kabupaten Muna, Propinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Tanah Tropika*. 14 : 65-70

Pelczar, M.J., Chan, E.C.S. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Terjemahan RS. Hadioetomo dkk. UI Press, Jakarta.

Pradan N., Sukla, L. B. 2005. Solubilization of Inorganic Phosphates by Fungi Isolatd from Agiculture Soil. *Afrian Journal of Biotechnology*. 5 : 850-854.

Purwaningsih, S. 2003. Isolasi Populasi dan Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat pada

Tanah dari Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, Sulawesi Utara. Biologi3 : 22-31.

Rachman., Chairul. 2007. *Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca* Sektor *Pertanian.* Departemen Pertanian. Jakarta

Rodriguez, H., Gonzales, T and Selman, G. 2000. Expression of a Mineral Phospate Solubilizing Gene from *Erwinia herbicola* in Two Rhizobacterial Strain. *J. Biotechnol*. Adv. 17: 319-339

Setyanto, P.2004. *Mitigasi gas metana dari lahan sawah.* Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agoklimat. Departemen Pertanian. 287-303.

Setyanto, P dan Abubakar, R. 2005. Methane Emmision from Paddy Field as Influenced by Different Water Regimes in Central Java. *Indonesian Journal of Agicultural Science* 6 : 1−9.

Setyanto, P., Suharsih. 2005. *Mitigasi Gas Metana Dari Lahan* Sawah. Laporan Tahunan Loka Penelitian Tanaman Pangan, Jakenan, Pati. Balai Penelitian LinGRKungan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Santosa, E. 2007. *Metoda Analisa Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian danPengembangan Sumberdaya LahanPertanian. Bogor.

Sagoe, C.I., Ando, T., Kouno, K., Nagaoka, T. 1998. Relative Importance of Protons and Solution Calcium Concentration on Phosphate Rock Disssolution by Organic Acids. *Soil Sci Plant Nutr* 44: 617-625

Tarigan, J. 1998. Dasar- *dasar Mikrobiologi* . Jakartan: UI Press

Tortora., Gerard J. 1992. Microbiology *an Introduction*. Fourt Edition. The Banjamin/Cummings Publishing Company, Inc.

Treenbert, K.1994. *Climete System Modelling*, Academy Press, New York

Vazquez, P., Holguin, G., Puente, M., Elopez, C,.A., Bashan, Y. 2000. Phosphate Solubilizing Microorganisms Associated With The Rhizosphere of Mangoves in a Semi Arid Coastal Lagoon. *Biol Fert Soils* 30: 460-468.

Winarso, S. 2005. *Kesuburan tanah.Gava Media*. Yogyakarta. p. 63-141

Widiawati, S dan Suliasih. 2006. Augmentasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Potensial sebagai Pemacu Pertumbuhan Caysin (Brasica caventis Oed.) di Tanah Marginal. *Biodiversitas* 7 :10-14.

BIODATA PENULIS

Dr.Ir. Maimuna Nontji, M.Si berafiliasi pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia. Lahir di Makassar 19 Desember 1968. Menyelesaikan studi S1 di jurusan Ilmu tanah, S2 dengan konsentrasi Konservasi Tanah dan Air serta S3 di Prodi Ilmu-ilmu Pertanian. Semua jenjang diselesaikan di Universitas Hasanuddin. Mulai aktif mengajar sejak Tahun 2001 dan mengajar di bidang Pertanian sejak tahun 2013. Mata kuliah yang diampuh antara lain: Dasar-dasar Ilmu Tanah, Biologi dan Kesehatan tanah, Kesuburan Tanah dan Pemupukan, Konservasi Tanah dan Air, Agrohidrologi, Nutrisi Tanaman dan Bioteknologi Kesuburan Tanah (pada Program S2). Selain mengajar, penulis aktif melakukan penelitian di bidang mikrobiologi tanah spesifikasi *Rhizobakteri* sebagai agen hayati. Penelitian dilakukan melalui beberapa pendanaan antara lain: bekerja sama dengan Litbang Pertanian (2017-2018), LP2S UMI (2018-

2019), dana hibah DPRM Dikti (2019-2022), aktif melakukan pengabdian kepada masyrakat diantaranya melakukan sosialisasi tentang pemanfaatan air bekas wudhu untuk budidaya tanaman obat (2018), pemanfaatan sabut kelapa sebagai media tanam *cocopeat* (2019), sosialisasi pembuatan *nata decoco* bebas urea (2020). Sampai saat ini aktif menulis artikel nasional dan internasional bereputasi dalam bidang mikrobiologi kesuburan tanah, *rhizobakteri* dan pupuk hayati. Aktif sebagai editor dan pengelola jurnal 'Agrotekmas' serta sebagai reviewer jurnal internasional bereputasi "Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology".

ISBN 978-623-99844-1-0

21% Overall Similarity

Top sources found in the following databases:

- 21% Internet database
- 2% Publications database
- Crossref database

TOP SOURCES

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	nanopdf.com Internet	3%
2	ejournal.undip.ac.id Internet	3%
3	bappeda.kendalkab.go.id Internet	2%
4	pt.scribd.com Internet	1%
5	eprints.umm.ac.id Internet	1%
6	docplayer.info Internet	1%
7	repositori.unud.ac.id Internet	<1%
8	jurnal.fp.umi.ac.id Internet	<1%
9	repository.unhas.ac.id Internet	<1%

10	bengkulu.litbang.pertanian.go.id Internet	<1%
11	karantina.pertanian.go.id Internet	<1%
12	pangan.litbang.pertanian.go.id Internet	<1%
13	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet	<1%
14	text-id.123dok.com Internet	<1%
15	kumparan.com Internet	<1%
16	repository.uin-suska.ac.id Internet	<1%
17	fliphtml5.com Internet	<1%
18	repository.ub.ac.id Internet	<1%
19	id.123dok.com Internet	<1%
20	pasca.unhas.ac.id Internet	<1%
21	melekperikanan.com Internet	<1%

22	nafiun.com Internet	<1%
23	caktips.wordpress.com Internet	<1%
24	blog.ub.ac.id Internet	<1%
25	hes-gotappointment-newspaper.icu Internet	<1%
26	dosenpendidikan.co.id Internet	<1%
27	slideshare.net Internet	<1%
28	qdoc.tips Internet	<1%
29	repository.uir.ac.id Internet	<1%
30	123dok.com Internet	<1%
31	docobook.com Internet	<1%
32	donniejunior21.wordpress.com Internet	<1%
33	etalaselaporan.blogspot.com Internet	<1%

Excluded from Similarity Report

- Crossref Posted Content database
- Bibliographic material
- Cited material
- Manually excluded sources
- Submitted Works database
- Quoted material
- Small Matches (Less then 10 words)
- Manually excluded text blocks

EXCLUDED SOURCES

scribd.com Internet	5%
media.neliti.com Internet	5%
es.scribd.com Internet	3%
fr.scribd.com Internet	3%
id.scribd.com Internet	2%
vdocuments.site Internet	1%
ml.scribd.com Internet	1%
jurnal.fp.uns.ac.id Internet	<1%
ejurnal.litbang.pertanian.go.id Internet	<1%

EXCLUDED TEXT BLOCKS

Fakultas Pertanian Universitas Muslim IndonesiaJl. Urip Sumoharjo KM

jurnal.fp.uns.ac.id

ISBN: 978-623

www.bphn.go.id

disebutkan dalam QS. Al-Baqarah ayat 26 yangberbunyi:

digilib.uinsby.ac.id

...

digilib.uinsby.ac.id

Artinya

digilib.uinsby.ac.id

ISIKATA PENGANTAR ..... ivDAFTAR ISI.....

docplayer.info