

No. Reg: 191150000025354

LAPORAN PENELITIAN



**POTENSI BAKTERI PENGIKAT NITROGEN DARI  
TANAH GAMBUT TERHADAP PERTUMBUHAN  
KOL (*BRASSICA OLERACEA*)**

Ketua Peneliti

**Feizia Huslina, M. Sc.**

NIDN: 2012048701

ID Peneliti: 201204870110000

Anggota

**Sugiati**

Kategori Penelitian	Penelitian Dasar Pengembangan Program Studi (PT)
Bidang Ilmu Kajian	Sains dan Teknologi / Biologi
Sumber Dana	DIPA UIN Ar-Raniry Tahun 2019

**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
OKTOBER 2019**

No. Reg: 191150000025354

## LAPORAN PENELITIAN



# POTENSI BAKTERI PENGIKAT NITROGEN DARI TANAH GAMBUT TERHADAP PERTUMBUHAN KOL (*BRASSICA OLERACEA*)

Ketua Peneliti

**Feizia Huslina, M. Sc.**

NIDN: 2012048701

ID Peneliti: 201204870110000

**Anggota:**

Sugiati

Kategori Penelitian	Penelitian Dasar Pengembangan Program Studi (PT)
Bidang Ilmu Kajian	Sains dan Teknologi / Biologi
Sumber Dana	DIPA UIN Ar-Raniry Tahun 2019

PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
OKTOBER 2019

**LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M UIN AR-RANIRY TAHUN 2019**

1. a. Judul Penelitian : Potensi Bakteri Pengikat Nitrogen Dari Tanah Gambut Terhadap Pertumbuhan Kol (*Brassica oleracea*)  
b. Kategori Penelitian : Penelitian Dasar Pengembangan Program Studi (PT)  
c. No. Registrasi : 191150000025354  
d. Bidang Ilmu yang diteliti : Biologi
  
  2. Peneliti/Ketua Peneliti
    - a. Nama Lengkap : Feizia Huslina, M. Sc.
    - b. Jenis Kelamin : Perempuan
    - c. NIP<sup>(Kosongkan bagi Non PNS)</sup> : 198704122015032009
    - d. NIDN : 2012048701
    - e. NIPN (ID Peneliti) : 201204870110000
    - f. Pangkat/Gol. : III/b
    - g. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
    - h. Fakultas/Prodi : Sains dan Teknologi/Biologi
  
  - i. Anggota Peneliti 1  
Nama Lengkap : Sugiaty  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Fakultas/Prodi : Sains dan Teknologi/Biologi
  
  - j. Anggota Peneliti 2 *(Jika Ada)*  
Nama Lengkap :  
Jenis Kelamin :  
Fakultas/Prodi :
3. Lokasi Penelitian :
  4. Jangka Waktu Penelitian : 7 (tujuh) Bulan
  5. Th Pelaksanaan Penelitian : 2019
  6. Jumlah Biaya Penelitian : Rp. 25.000.000
  7. Sumber Dana : DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2019
  8. *Output* dan *outcome* Penelitian : a. Laporan Penelitian; b. Publikasi Ilmiah; c. HKI

Mengetahui,  
Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan  
LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

Banda Aceh, 30 Oktober 2019  
Peneliti,

dto  
**Dr. Muhammad Maulana, M. Ag.**  
NIP. 197204261997031002

dto  
**Feizia Huslina, M.Sc.**  
NIDN. 2012048701

Menyetujui:  
Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

dto

**Prof. Dr. H. Warul Walidin, AK., MA.**  
NIP. 195811121985031007

## ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki jumlah penduduk terbanyak di dunia. Peningkatan jumlah penduduk yang sangat tinggi menyebabkan kebutuhan pangan juga meningkat. Salah satu tanaman pangan yang perlu ditingkatkan produksinya adalah kol (*Brassica oleracea*). Salah satu upaya dalam peningkatan pangan yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk pembudidayaan tanaman. Salah satu jenis mikroorganisme yang telah diketahui mampu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah bakteri penambat nitrogen. Bakteri ini mampu mengikat nitrogen bebas di udara dan mengubahnya menjadi senyawa yang dibutuhkan oleh tanaman. Tanah gambut merupakan tanah yang mengandung kandungan organik yang tinggi dan memiliki kekayaan mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bakteri pengikat nitrogen yang diisolasi dari tanah gambut dalam membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman kol (*Brassica oleraceae*). Penelitian ini menggunakan media tanah gambut steril tanpa pemberian bakteri pengikat nitrogen sebagai perlakuan kontrol dan media tanah gambut dengan perlakuan bakteri pengikat nitrogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri pengikat nitrogen yang telah diisolasi dari tanah gambut berjumlah sembilan (T1 Mg 1, T1 Mg 2, T1 Mg5, T1 Mg 7, T2 Lg 1, T2 Lg 2, T2 Lg 8, T2 Lg 3, dan T2 Lg 7), serta bakteri ini memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman kol. Hal ini ditandai dengan adanya penambahan ukuran pada tinggi batang, jumlah dan lebar daun.

Kata kunci: *bakteri pengikat nitrogen, Brassica oleracea, tanah gambut*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada ALLAH SWT yang telah memberikan hidayahNya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini tepat pada waktunya. Penelitian dengan judul “Potensi Bakteri Pengikat Nitrogen Dari Tanah Gambut Terhadap Pertumbuhan Kol (*Brassica oleracea*)” ini dilakukan atas dasar ketertarikan Penulis pada bidang mikrobiologi dan karena adanya potensi yang terdapat pada hutan gambut.

Penelitian ini merupakan penelitian kategori Pembinaan atau Peningkatan Kapasitas yang didanai oleh DIPA UIN Ar-Raniry Tahun 2019. Penelitian ini dilakukan selama lima bulan pada bulan Juni hingga Oktober 2018. Penulis sangat berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan sains dan teknologi.

Selama melakukan penelitian dan penulisan laporan penelitian ini, Penulis mendapatkan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Warul Walidin, AK., MA., selaku Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh
2. Dr. Muhammad Maulana, M. Ag., selaku Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Seluruh pegawai dan staf Pusat Penelitian dan Penerbitan LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh
4. Sugiati, selaku anggota peneliti
5. Staf laboratorium biologi Fakultas Sains dan Teknologi dan laboratorium mikrobiologi FMIPA Unsyiah
6. Keluarga Penulis, dan
7. Seluruh pihak yang sudah terlibat dalam membantu proses penyelesaian penulisan laporan ini.

Akhir kata, Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada seluruh pihak yang telah membantu. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Oktober 2019,

Penulis

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Aplikasi bakteri pengikat nitrogen pada tanaman .....	9
Tabel 3.1. Alat-alat penelitian .....	18
Tabel 3.2. Bahan-bahan penelitian .....	28
Tabel 4.1. Karakteristik morfologi koloni bakteri.....	33
Tabel 4.2. Uji katalase pada isolat bakteri.....	35
Tabel 4.3. Uji TSIA pada isolat bakteri .....	37
Tabel 4.4. Hasil uji pewarnaan gram .....	39
Tabel 4.5. Aplikasi bakteri pengikat nitrogen terhadap pertumbuhan tanaman .....	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus nitrogen .....	6
Gambar 2.2. Tahap mineralisasi nitrogen .....	7
Gambar 2.3. Tahap nitrifikasi dan denitrifikasi.....	8
Gambar 2.4. Proses pembentukan gambut .....	14
Gambar 4.1. Koloni bakteri pada media <i>Jensen</i> .....	34
Gambar 4.2. Bentuk sel bakteri di bawah mikroskop .....	40
Gambar 4.3. Hasil pengukuran tinggi batang (cm) setelah pemberian perlakuan bakteri pengikat nitrogen .....	40
Gambar 4.4. Hasil pengukuran jumlah daun (cm) setelah pemberian perlakuan bakteri pengikat nitrogen .....	41
Gambar 4.5. Hasil pengukuran lebar daun (cm) setelah pemberian perlakuan bakteri pengikat nitrogen .....	42
Gambar 4.6. Kol setelah pemberian bakteri (6 hari) .....	43
Gambar 4.7. Perbedaan jumlah daun kol (kontrol dan setelah perlakuan) .....	43
Gambar 4.8. Perbedaan tinggi batang kol (kontrol dan setelah perlakuan) .....	43

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
<b>BAB II KAJIAN KEPUSTAKAAN .....</b>	<b>3</b>
2.1. Bakteri Pengikat Nitrogen .....	3
2.2. Siklus Nitrogen .....	5
2.3. Kemampuan Bakteri Pengikat Nitrogen Dalam Membantu Pertumbuhan Tanaman .....	9
2.4. Tanah Gambut .....	10
2.5. Kol ( <i>Brassica oleracea</i> ).....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1. Waktu dan Tempat .....	18
3.2. Alat dan Bahan .....	18
3.3. Pembuatan Media <i>Nutrient Agar</i> .....	29
3.4. Pembuatan Media <i>Nutrient Broth</i> .....	30
3.5. Pembuatan Media <i>Jensen</i> .....	30
3.6. Pengambilan Sampel .....	30
3.7. Isolasi Bakteri Pengikat Nitrogen .....	30
3.8. Penyiapan Kultur Cair .....	30
3.9. Karakteristik Morfologi dan Biokimia .....	31



3.10. Uji Aplikasi Bakteri Pada Tanaman .....	31
3.11. Analisis Data .....	32
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1. Isolasi Bakteri Pengikat Nitrogen .....	33
4.2. Uji Katalase .....	35
4.3. Uji <i>Triple Sugar Iron Agar</i> (TSIA) .....	37
4.4. Uji Pewarnaan Gram .....	39
4.5. Tinggi Batang .....	40
4.6. Jumlah Daun .....	41
4.7. Lebar Daun .....	42
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>46</b>
5.1. Kesimpulan .....	46
5.2. Saran.....	46
<b>DAFTAR KEPUSTAKAAN .....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>52</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki jumlah penduduk terbanyak di dunia. Peningkatan jumlah penduduk yang sangat tinggi menyebabkan kebutuhan pangan juga meningkat. Berbagai langkah dilakukan masyarakat dan pemerintah untuk menjaga stabilitas produksi pangan. Namun, upaya yang telah dilakukan selama ini dalam usaha peningkatan produksi pangan masih perlu ditingkatkan. Salah satu tanaman pangan yang perlu ditingkatkan produksinya adalah kol (*Brassica oleracea*). Jumlah permintaan kol di Indonesia sangat meningkat setiap tahunnya, yaitu sebesar 1.356.000 ton pada tahun 2010, 1.344.000 ton pada tahun 2011, sebesar 1.396.000 ton pada tahun 2012, dan sebesar 1.366.000 ton pada tahun 2013 (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2014). Namun, hasil rata-rata produksi kubis di Indonesia tergolong masih rendah, yaitu berkisar 10-15 ton/ha (Pracaya, 2007). Jenis tanaman pangan ini tidak hanya dibutuhkan terbatas di dalam negeri, tapi juga sudah menjangkau ke negara lain. Malaysia adalah salah satu negara tujuan ekspor tanaman Kol.

Berdasarkan kebutuhan unsur hara, tanaman kubis merupakan tanaman yang memerlukan unsur hara nitrogen lebih banyak dibandingkan dengan unsur hara yang lainnya (Pracaya, 2007). Menurut (Mulyono, 2009), kubis adalah tanaman yang memerlukan pupuk cukup banyak karena tanaman ini banyak menyerap zat makanan, terlebih unsur nitrogen dan kalium. Salah satu upaya dalam peningkatan pangan yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk pembudidayaan tanaman (Glick, 1995). Salah satu jenis mikroorganisme yang telah diketahui mampu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah bakteri penambat nitrogen. Bakteri ini mampu mengikat nitrogen bebas di udara dan mengubahnya menjadi senyawa yang dibutuhkan oleh tanaman. Bakteri ini masuk ke dalam kelompok *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang merupakan golongan bakteri yang hidup pada perakaran tanaman yang

dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Jenis bakteri ini adalah bakteri yang banyak ditemukan di tanah dan telah diketahui mampu untuk membantu peningkatan pertumbuhan kentang, wortel, padi, dan tanaman pangan lainnya.

Tanah gambut merupakan tanah yang mengandung kandungan organik yang tinggi dan memiliki kekayaan mikroorganisme. Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki areal gambut terluas di zona tropis, yaitu mencapai 21 juta ha dimana 70% areal gambut terdapat di Asia Tenggara. Pulau Sumatera merupakan pulau yang memiliki lahan gambut terbanyak di Indonesia (Wahyunto dan Heryanto, 2005). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terkait isolasi bakteri yang mampu mengikat nitrogen yang berfungsi bagi tanaman. Banyak penelitian membuktikan kemampuan mikroorganisme dalam mendukung pertumbuhan tanaman, namun belum ada penelitian tentang bakteri pengikat nitrogen dari gambut dan potensinya dalam meningkatkan pertumbuhan Kol (*Brassica oleracea*). Bakteri pengikat nitrogen akan diisolasi dari tanah gambut yang berada di propinsi Aceh, serta akan diuji kemampuannya dalam memicu pertumbuhan tanaman Kol (*Brassica oleracea*).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bakteri pengikat nitrogen apa saja yang diperoleh dari tanah gambut?
2. Bagaimanakah kemampuan bakteri pengikat nitrogen dalam membantu meningkatkan pertumbuhan Kol (*Brassica oleracea*)?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui bakteri pengikat nitrogen dari tanah gambut
2. Untuk mengetahui kemampuan bakteri pengikat nitrogen dalam meningkatkan pertumbuhan Kol (*Brassica oleracea*).

## BAB II

### KAJIAN KEPUSTAKAAN

#### 2.1. Bakteri Pengikat Nitrogen

Nitrogen (N) merupakan nutrisi yang penting dan dibutuhkan oleh tumbuhan dan diperlukan dalam jumlah yang besar. Nitrogen yang terdapat di udara sekitar 79%, akan tetapi organisasinya tidak dapat digunakan secara langsung dalam bentuk  $N_2$  kecuali organisme tingkat rendah yaitu alga biru. Tumbuhan menggunakan nitrogen dalam bentuk nitrat ( $NO_3^-$ ) dan ion ammonium ( $NH_4^+$ ). Nurhayati (2006) dalam Asrie (2016) menyebutkan jika nitrogen dikatakan penting untuk tanaman karena dinilai mampu memenuhi tiga kriteria yang harus dipenuhi oleh setiap unsur. Ketiga kriteria tersebut yaitu (1) unsur N yang penting untuk pertumbuhan dan reproduksi, (2) unsur tersebut tidak dapat diganti dengan unsur lainnya, dan (3) kebutuhan akan unsur tersebut bersifat langsung dan bukan hasil efek tidak langsung (Sasmitamiharja dan Siregar, 1990 dalam Asrie, 2016).

Bakteri pengikat nitrogen adalah bakteri yang banyak ditemukan di tanah, dan sebagiannya bersimbiosis dengan akar tumbuhan. Bakteri ini mengikat nitrogen di udara dan mengubahnya menjadi protein, ammonia, dan nitrat yang kemudian digunakan oleh tumbuhan. Young (1992) menyatakan beberapa jenis bakteri pengikat nitrogen yang masuk ke dalam kelompok filogenetik, yaitu: bakteri sulfur hijau, *firmibacteria*, *thallobacteria*, *heliobacteria*, *cyanobacteria*, *campylobacteria*, *proteobacteria*, *archaeobacteria*, dan *propionispira*. Bakteri ini juga ditemukan pada banyak filum bakteri, sama seperti pada archaea (Franche et al., 2009).

Mikroba yang mampu untuk mengikat nitrogen disebut dengan diazotrop. Hingga saat ini, diazotrop diidentifikasi ke dalam 13 filum, yaitu: *Actinobacteria*, *Chlorobi*, *Chloroflexi*, *Cyanobacteria*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Aquificae*, *Chrysiogenetes*, *Deferribacteres*, *Fusobacteria*, *Nitrospirae*, *Spirochaetes*, dan *Verrucomicrobiin* (Franche et al., 2009; Dos Santos et al. 2012).

Bakteri pengikat nitrogen berperan dalam proses pengikatan nitrogen. Pengikatan nitrogen dapat dilakukan secara simbiotik dan non-

simbiotik oleh bakteri. Pengikatan nitrogen secara simbiotik adalah pengikatan yang dilakukan oleh bakteri dengan seperti kelompok *Rhizobia* dan akar tanaman (*legume*). Pengikatan secara non-simbiotik dilakukan oleh bakteri tanpa berasosiasi dengan tanaman. *Rhizobium* dan *Frankia* adalah dua kelompok bakteri yang melakukan pengikatan nitrogen di dalam *nodule* akar tanaman. *Rhizobium* bersimbiosis dengan tanaman *legume angiospermae* (*Fabaceae*), sedangkan *Frankia* dapat berasosiasi dengan banyak jenis tanaman (Franche et al. 2009). Rhizobakteri diazotrop dapat digolongkan ke dalam beberapa kelompok genus alfa dan betaproteobakteri, yaitu *Acetobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Herbasprillum*, *Glucenobacter* and *Pseudomonas* (Vessey 2003; Cocking 2009; Richardson et al. 2009).

Menurut Santi et al. (2013), *Frankia* dapat mengikat nitrogen secara simbiotik dan pada keadaan aerob, sedangkan beberapa *Rhizobium* tidak dapat mengikat nitrogen pada keadaan tersebut. Kelompok lain dari bakteri pengikat nitrogen simbiotik dan non-simbiotik adalah *Cyanobacteria*. Kelompok bakteri ini tersebar luas di kawasan perairan dan daratan. Spesies *Cyanobacteria* yang bersel satu dan berfilamen memiliki kemampuan untuk dapat mengikat nitrogen. Issa et al. (2001) mempelajari tentang *Cyanobacteria* dari tanah berpasir yang diketahui mampu untuk mengikat nitrogen.

Bakteri *associative and* endofit juga diketahui mampu untuk mengikat sejumlah nitrogen (Döbereiner et al. 1993). Kelompok bakteri ini tumbuh berkoloni pada permukaan akar tanpa membahayakan tanaman inang. Bakteri ini juga dapat meningkatkan pertumbuhan ukuran tanaman dan produksi tanaman (Jha et al. 2013), dan digunakan sebagai pupuk alami untuk produksi tanaman pangan. Beberapa bakteri endofit yang dapat digunakan sebagai pupuk alami adalah *Azoarcus*, *Achromobacter*, *Burkholderia*, *Gluconoacetobacter*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, and *Serratia* (Rothballer et al. 2008; Franche et al. 2009).

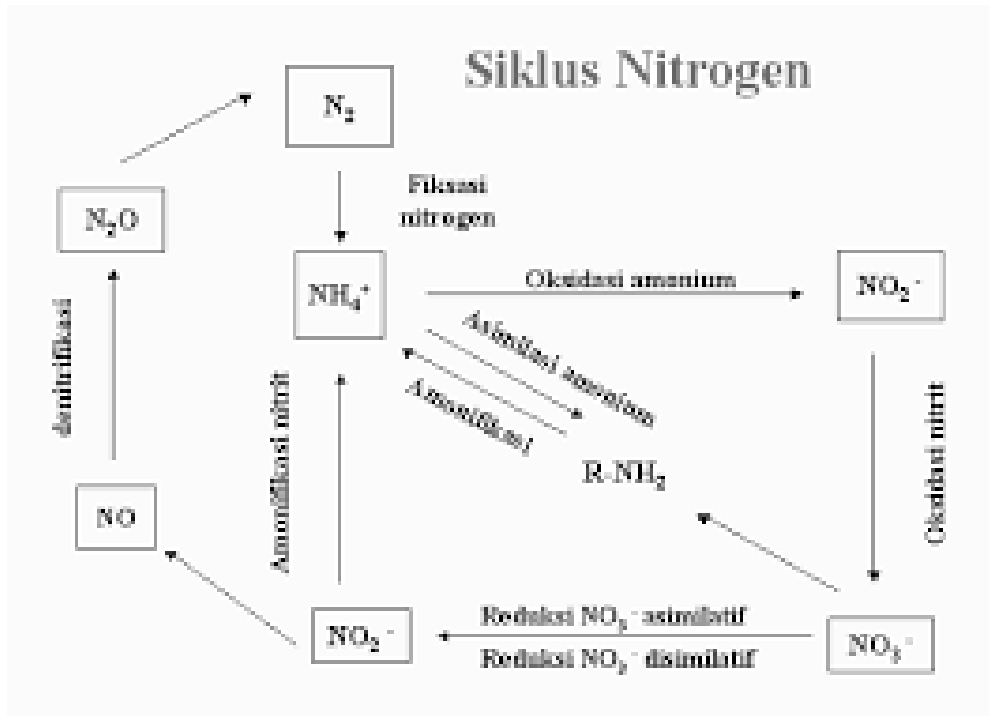
Keragaman diazotrop di alam telah banyak dipelajari. Salah satu bakteri pengikat nitrogen yang diisolasi dari tanaman mangrove yang berasosiasi dengan padi adalah spesies dari kelompok

Gammaproteobacteria, diantaranya adalah *Vibrio plantisponsor* (Rameshkumar et al. 2011); *Pseudomonas stutzeri*, yang diisolasi dari gandum, dan *oat* (Venieraki et al. 2011); *Celerinatantimonas diazotrophica*, yang diisolasi dari rumput *estuarine* (Cramer et al. 2011); *Acinetobacter oryzae* yang diisolasi dari akar dan daun tanaman *Oryza alta* (Chaudhary et al. 2012); *Enterobacter* sp., *Acinetobacter* sp., *Phytobacter* sp., yang diisolasi dari jaringan tumbuhan palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) (Tharek et al. 2011). Beberapa kelompok Alphaproteobacteria juga tergolong ke dalam diazotrop, termasuk: *Azospirillum* yang ditemukan pada rizosfer ubi ungu (*Colocasia esculenta* L.) (Jolly et al. 2010). Semua penelitian tersebut menunjukkan bahwa bakteri pengikat nitrogen dapat ditemukan bebas pada tanaman atau bersimbiosis dengan tanaman. Bakteri pengikat nitrogen tersebut juga mampu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Beberapa penelitian menunjukkan kajian tentang kelompok bakteri pengikat nitrogen seperti (*Rhizobium* dan *Frankia*) yang terdapat pada bintil akar tumbuhan berpembuluh. Menurut Franche et al. (2009), *Rhizobium* dapat ditemukan pada tumbuhan jenis kacang-kacangan terutama pada family *Fabaceae*, sedangkan *Frankia* dapat ditemukan pada delapan famili tumbuhan. Bakteri pengikat nitrogen dari kelompok *Azoarcus*, *Achromobacter*, *Burkholderia*, *Gluconoacetobacter*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, dan *Serratia* diketahui memiliki kemampuan sebagai biofertilizer untuk tumbuhan pangan (Rothballer et al. 2008; Franche et al. 2009). Bakteri pengikat nitrogen juga memiliki kemampuan lain, yaitu meremediasi senyawa merkuri.

## 2.2. Siklus Nitrogen

Bentuk utama nitrogen adalah dinitrogen ( $N_2$ ). Senyawa ini digunakan oleh tumbuhan dan mikroorganisme tanah sebagai nutrisi setelah diubah menjadi protein, ammonium dan nitrat. Fiksasi nitrogen, mineralisasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi adalah empat tahap dalam proses siklus nitrogen (Brankatschk et al. 2010). Siklus nitrogen merupakan serangkaian proses reduksi dan oksidasi nitrogen.

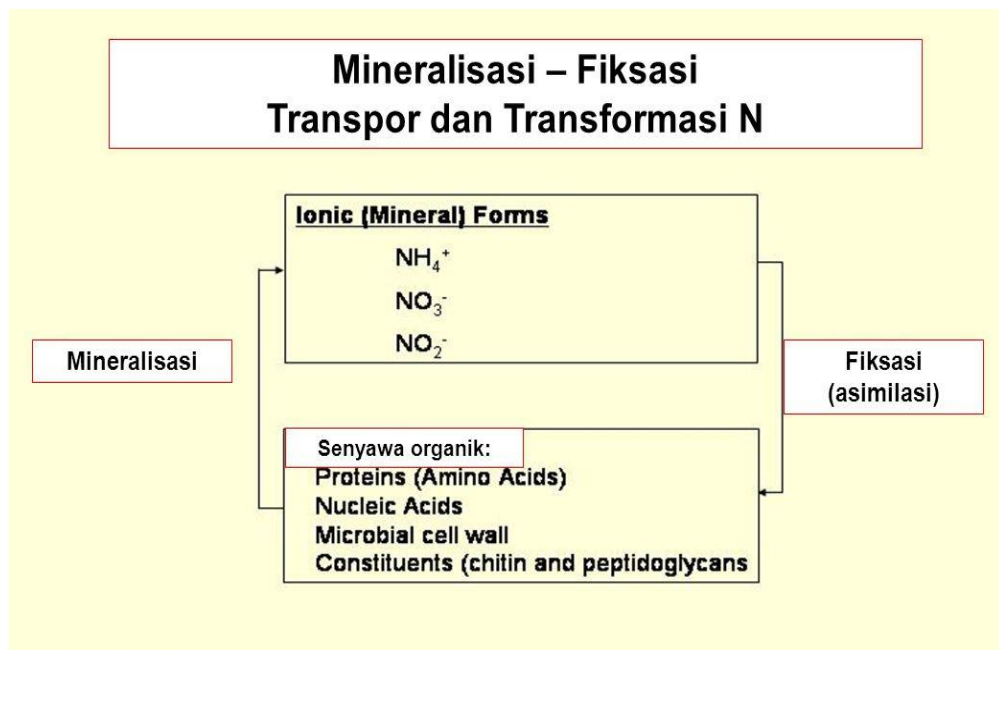


Gambar 2.1. Siklus nitrogen (Sitaresmi, 2002)

Fiksasi nitrogen adalah proses pengikatan dinitrogen menjadi ammonium yang dilakukan oleh bakteri pengikat nitrogen. Berdasarkan Pereira et al. (2013), kelompok bakteri pengikat nitrogen yang paling banyak ditemukan pada daerah pertanian adalah *Azospirillum*, *Azohydromonas*, *Rhizobium*, dan *Herbaspirillum*. Zhao et al. (2010) juga mempelajari tentang aktivitas nitrogenase pada tanah dengan menggunakan uji reduksi *acetylene*.

Mineralisasi adalah perubahan senyawa organik menjadi senyawa anorganik. Nitrogen dapat diuraikan oleh bakteri tanah dan fungi (Deenik 2006). Proses ini dapat membantu dalam penyediaan nitrogen untuk pertumbuhan tanaman (Keuper et al. 2012). *Azotobacter* dan bakteri pengurai selulosa dapat mempengaruhi mineralisasi nitrogen pada tanah (Li et al. 2006). Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi mineralisasi adalah sistem hidrologi tanah, salinitas tanah, komunitas tumbuhan, dan komponen fisik kimia seperti tekstur tanah, agregat tanah, dan kedalaman

tanah (Bai et al. 2012). Faktor hidrologi dapat sangat mempengaruhi proses dekomposisi dan akumulasi senyawa organik, dan mempengaruhi siklus dan ketersediaan nutrisi pada tanah. Lodhi et al. (2009) juga menyatakan bahwa tingkat salinitas yang tinggi dapat menyebabkan penurunan nitrogen termineralisasi. Temperatur tanah juga dapat mempengaruhi proses mineralisasi nitrogen pada tanah (Guntinas et al. 2012).

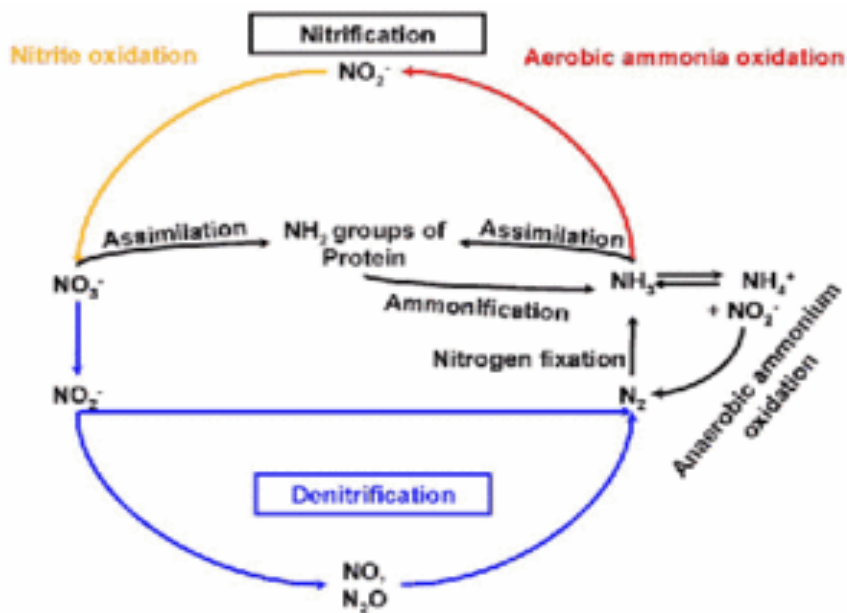


Gambar 2.2. Tahap mineralisasi nitrogen

Nitrifikasi adalah proses oksidasi ammonium menjadi nitrat melalui nitrit. Oksidasi ammonium adalah tahap pertama dan terbatas pada proses nitrifikasi yang sangat penting dalam siklus nitrogen (Kowalchuk and Stephen 2001). Nitrosomonas and Nitrospira merupakan kelompok *Ammonia-Oxidation Archaea* (AOA) yang paling banyak ditemukan di tanah (Purkhold et al. 2000). AOA juga berperan penting dalam proses nitrifikasi



(Treusch et al., 2005; Schleper et al. 2005). *Nitrosotalea devanaterra* (Lehtovirta-Morley et al. 2011) dan *Nitrososphaera viennensis* (Tourna et al. 2011) adalah dua genus dari were two genera of *Thaumarchaeota* yang ditemukan pada tanah. Tahap kedua nitrifikasi adalah oksidasi nitrit yang dilakukan oleh *Nitrite-Oxidizing Bacteria* (NOB) yang termasuk ke dalam genus *Nitrobacter* (kelas Alphaproteobacteria), *Nitrospina* (kelas Deltaproteobacteria), *Nitrococcus* (kelas Gammaproteobacteria), and *Nitrospira* (kelas Nitrospira) (Hayatsu et al. 2008). Metode *isotope dilution* adalah metode yang paling sering digunakan untuk mengukur nilai nitrifikasi nitrogen (Pedersen et al. 1999). Ph tanah, jenis tanah, kandungan air tanah, tingkat kesuburan tanah, temperature tanah, dan ketersediaan nutrisi pada tanah dapat mempengaruhi jumlah populasi kelompok bakteri yang mengoksidasi ammonium (Nugroho et al. 2006; Schmidt et al. 2007; Hansel et al. 2008).



Gambar 2.3. Tahap nitrifikasi dan denitrifikasi

Denitrifikasi adalah proses perubahan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), menjadi *nitrit oxide* ( $\text{NO}$ ), nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dan dinitrogen ( $\text{N}_2$ ). Menurut Zumft (1997), proses denitrifikasi dilakukan oleh kelompok filum bakteri Aquificae, Deinococcus, Thermus, Firmicutes, Actinobacteria, Bacteroides,

dan Proteobacteria. Burkholderiales dan Rhodocyclales, Bradyrhizobium, Dechloromonas, Herbaspirillum, dan Pseudogulbenkiania merupakan bakteri yang diisolasi dari beragam tanah pada daerah pertanian yang diketahui sebagai bakteri denitrifikasi (Ishii et al. 2011; Tago et al. 2011). Ishii et al. (2011) menyatakan bahwa bakteri yang membantu proses denitrifikasi pada daerah persawahan diidentifikasi menggunakan *stable isotope probing*, analisis 16S rRNA, dan metode isolasi *functional single-cell*. Beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi proses denitrifikasi adalah ketersediaan karbon, temperature, kelembaban, ketersediaan O<sub>2</sub>, pH tanah, dan predator (Wallenstein et al. 2006).

### 2.3. Kemampuan Bakteri Pengikat Nitrogen Dalam Membantu Pertumbuhan Tanaman

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa bakteri pengikat nitrogen mampu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan jumlah produksi tanaman,

serta meningkatkan jumlah ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Beberapa kajian tersebut terdapat pada tabel berikut:

Tabel 2.1. Aplikasi bakteri pengikat nitrogen pada tanaman

Nama bakteri	Tanaman	Efek penambahan bakteri	Referensi
<i>Pseudomonas</i> sp. <i>Ochrobactrum</i> sp. <i>Novosphingobium</i> sp.	Cabai ( <i>Capsicum annuum</i> L.)	Peningkatan berat tanaman (26%); dan aktivitas enzim nitrogenase (68%)	Islam et al. (2013)
<i>Azospirillum</i> sp., <i>Azotobacter</i> sp.	<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> L.	Peningkatan berat tanaman (18%); dan jumlah nitrogen (63%)	Gendy et al. (2013)
<i>Azospirillum lipoferum</i> , <i>Pseudomonas putida</i> ,	Gandum	Peningkatan berat tanaman (4%); dan hasil panen (8%)	Bilehsavar et al. (2013)

<i>Azetobacter chroococcum</i>			
<i>Bacillus subtilis, Azospirillum brasilense, Burkholderia gladii, Bacillus megatorium</i>	<i>Vitis spp.</i>	Peningkatan panjang tunas (17%); dan nitrogen (2%)	Sabir et al. (2012)
<i>Agrobacterium, Bacillus</i>	Padi ( <i>Oriza sativa</i> L.)	Peningkatan jumlah nitrogen (84%), berat tanaman (22%), jumlah panen (64%)	Barua et al. (2012)
<i>Enterobacter cloacae</i>	Jagung ( <i>Zea mays</i> )	Peningkatan jumlah akar (21%)	Mehnaz et al. (2010)

#### 2.4. Tanah Gambut

Tanah gambut merupakan tanah yang penyusunnya dari bahan organik yaitu dari sisa-sisa tanaman yang belum melapuk sempurna karena kondisi lingkungan jenuh air dan miskin hara. Gambut banyak dijumpai di daerah rawa atau pada daerah cekungan yang drainasenya buruk (Agus dan Made, 2008). Gambut terbentuk dari hasil timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah mengalami pelapukan maupun belum. Timbunan yang terus bertambah diakibat proses dekomposisi terhambat karena kondisi anaerob dan/atau kondisi lingkungan lainnya sehingga menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan biota pengurai. Pembentukan tanah gambut dikenal dengan proses geogenik, yaitu pembentukan tanah yang terjadi disebabkan oleh proses deposisi dan tranportasi. Hal ini berbeda dengan proses pembentukan tanah mineral yang pada umumnya dikenal dengan proses pedogenik (Hardjowigeno, 1986 dalam Fahmuddin dan Made, 2008).

Pembentukan gambut diperkirakan terjadi antara 10.000-5.000 tahun yang lalu, yaitu pada periode Holosin. Pembentukan gambut di Indonesia terjadi antara 6.800-4.200 tahun yang lalu (Andriese, 1994 dalam Fahmuddin dan Made, 2008). Gambut yang di Muara Kaman Kalimantan Timur

diketahui umurnya antara 3.850-4.400 tahun (Diemont dan Pons, 1991 dalam Fahmuddin dan Made, 2008). Siefermann dkk (1988) dalam Fahmuddin dan Made, (2008) menjelaskan bahwa berdasarkan *carbon dating* (Penelusuran umur gambut menggunakan teknik radio isotop) diketahui bahwa umur gambut di Kalimantan Tengah lebih tua, yaitu 6.230 tahun dengan kedalaman 100 cm hingga 8.260 tahun pada kedalaman 5 m. Selanjutnya dari salah satu lokasi di Kalimantan Tengah, Page dkk (2002) dalam Fahmuddin dan Made, (2008) menyebutkan bahwa sebaran umur gambut diketahui sekitar 140 tahun dengan kedalaman 0-100 cm, 500-5.400 tahun dengan kedalaman 100-200 cm, 5.400-7900 tahun dengan kedalaman 200-300 cm, 7.900-9.400 tahun dengan kedalaman 300-400 cm, 9.400-13.000 tahun dengan kedalaman 400-800 cm dan 13.000-26.000 tahun dengan kedalaman 800-1.000 cm.

Berdasarkan gambaran tersebut dapat dipahami bahwa pembentukan dari gambut membutuhkan waktu yang sangat panjang. Gambut tumbuh dengan kecepatan antara 0-3 mm per tahun. Misalnya di Barambai Delta Pulau Perak, Kalimantan Selatan diketahui jika laju pertumbuhan dari gambut sekitar 0,05 mm dalam satu tahun. Beda halnya di Pontianak yaitu sekitar 0,13 mm per tahun. (Noor, 2001 dalam Fahmuddin dan Made, 2008).

Proses dari pembentukan tanah gambut pertama kali dimulai dari adanya danau dangkal yang secara perlahan ditumbuhi oleh tanaman air dan vegetasi lahan basah. Selanjutnya tanaman yang sudah mati dan sudah melapuk secara bertahap membentuk lapisan yang kemudian menjadi lapisan transisi antara lapisan gambut dengan substratum (lapisan di bawahnya) yaitu berupa tanah mineral. Tanaman berikutnya yang tumbuh pada bagian yang lebih tengah dari danau dangkal ini akan membentuk lapisan-lapisan gambut sehingga danau tersebut menjadi penuh. Bagian dari gambut yang ditumbuhi tanaman tersebut dikenal dengan gambut topogen, hal ini dikarenakan proses pembentukannya yang disebabkan oleh topografi daerah cekungan. Gambut topogen biasanya bersifat relatif subur (eutrofik) karena adanya pengaruh tanah mineral. Tanaman yang sudah mengalami

pelapukan nantinya akan kembali membentuk lapisan gambut baru yang lama kelamaan membentuk kubah (*dome*) yaitu gambut yang permukaannya cembung. Gambut yang kembali tumbuh di atas gambut topogen dikenal dengan gambut ombrogen, yang pembentukannya terjadi ditentukan oleh air hujan. Gambut ombrogen ini lebih rendah kesuburannya dibandingkan dengan gambut topogen karena hampir tidak ada pengkayaan mineral (Fahmuddin dan Made, 2008).

Tanah gambut adalah tanah yang memiliki kekayaan bahan organik (C-organik > 18%) dengan ketebalan 50 cm atau lebih, yang terbentuk dari sisa pelapukan tanaman yang telah mati. Dalam ilmu klasifikasi tanah, tanah gambut dikenal sebagai Organosol atau Histosols yaitu tanah yang memiliki lapisan bahan organik dengan BD > 0,1 g cm<sup>-3</sup> dengan tebal > 40 cm dan berat jenis (BD) dalam keadaan lembab < 0,1 g cm<sup>-3</sup> dengan tebal > 60 cm atau (Soil Survey Staff, 2003).

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki areal gambut terluas di zona tropis, yaitu mencapai 21 juta ha dimana 70% areal gambut terdapat di Asia Tenggara. Pulau Sumatera merupakan pulau yang memiliki lahan gambut terbanyak di Indonesia (Wahyunto dan Heryanto, 2005). Menurut Wahyunto dan Subiksa (2011), lahan gambut di Indonesia tersebar mulai dari daerah dataran rendah hingga daerah dataran tinggi. Tanah gambut berbeda dengan habitat lain karena memiliki kondisi yang ekstrim sehingga banyak sekali mikroorganisme potensial yang harus diketahui dan dikaji karena memiliki karakter fisiologis yang unik. Jumlah populasi dan keanekaragaman mikroorganisme suatu ekosistem sangat penting untuk diketahui karena juga dapat digunakan sebagai salah satu indeks kesuburan tanah (*fertility index*). Penurunan jumlah dan keanekaragaman mikroorganisme pada tanah dapat digunakan sebagai penanda terjadinya gangguan pada kualitas ekosistem serta dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam kemajuan dan pengembangan teknologi pertanian pada tanah gambut.

Gambut secara umum dalam klasifikasi tanah dikenal sebagai Organosol atau Histosols yang merupakan tanah yang memiliki lapisan

bahan organik dengan berat jenis (BD) dalam keadaan lembab  $< 0,1 \text{ g cm}^{-3}$  dengan tebal  $> 60 \text{ cm}$  (Soil Survey Staff, 2003 dalam Fahmuddin dan Made, 2008). Selanjutnya gambut diklasifikasikan menurut berbagai sudut pandang yang berbeda, yaitu :

Berdasarkan dari tingkat kematangannya gambut dibedakan menjadi :

1. Gambut saprik (matang), yaitu gambut yang sudah terlalu melapuk dan bahan asalnya tidak diketahui, mempunyai warna coklat tua sampai kehitaman, dan bila diremas kandungan seratnya  $< 15\%$ .
2. Gambut hemik (setengah matang) yaitu gambut yang mengalami setengah lapuk, dan sebagian bahan asalnya masih dapat diketahui, berwarna coklat, dan bila diremas bahan seratnya  $15 - 75\%$ .
3. Gambut fibrik (mentah) yaitu gambut yang belum mengalami pelapukan, bahan asalnya masih dapat diketahui, berwarna coklat, dan bila diremas  $> 75\%$  seratnya masih tersisa.

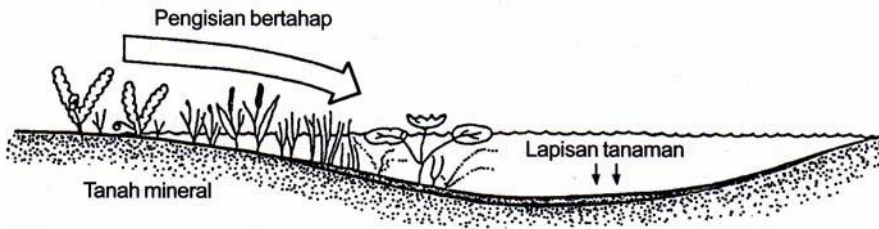
Berdasarkan dari tingkat kesuburannya, gambut dapat dibedakan menjadi:

1. Gambut eutrofik yaitu gambut yang subur yang kaya akan bahan mineral dan basa-basa serta unsur hara lainnya. Gambut yang relatif subur biasanya dikenali dengan gambut yang tipis dan dipengaruhi oleh sedimen sungai ataupun laut.
2. Gambut mesotrofik yaitu gambut yang tidak terlalu subur dikarenakan memiliki kandungan mineral dan basa-basa yang sedang.
3. Gambut oligotrofik yaitu gambut yang tidak subur karena miskin akan mineral dan basa-basa. Gambut ini dikenali dengan ciri gambut tebal dikarenakan jauh dari pengaruh lumpur sungai.

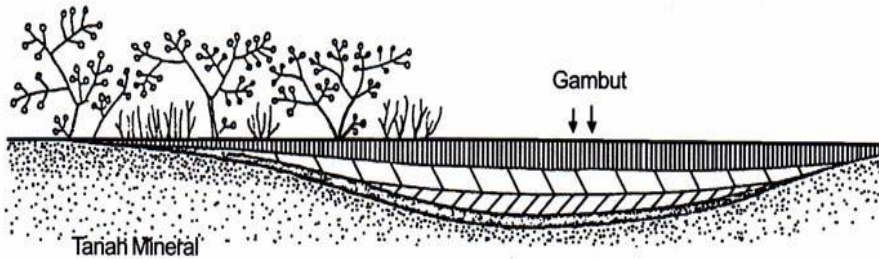
Berdasarkan lingkungan pembentukannya, gambut dibedakan atas:

1. Gambut ombrogen yaitu gambut yang terbentuk di lingkungan yang hanya dipengaruhi oleh air hujan.
2. Gambut topogen yaitu gambut yang terbentuk di lingkungan yang mendapat pengayaan air pasang. Oleh karena itu, gambut topogen akan lebih kaya akan mineral dan lebih subur jika dibandingkan dengan gambut ombrogen.

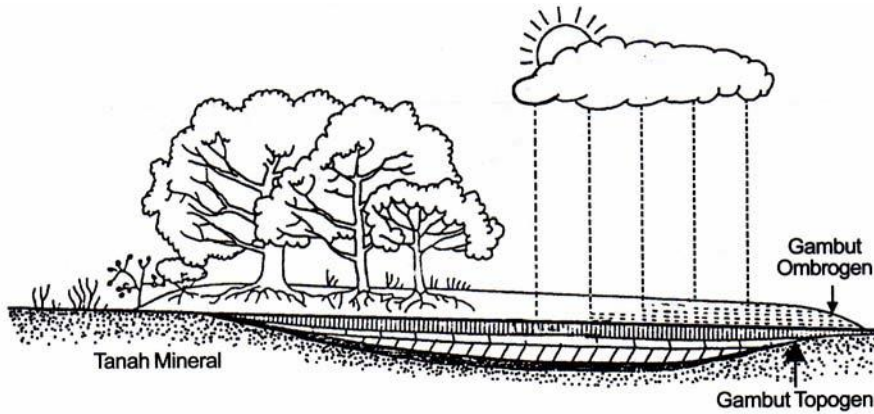
Berikut adalah proses dari pembentukan gambut di cekungan lahan basah :



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.4. Proses pembentukan gambut:a. Pengisian danau dangkal oleh vegetasi lahan basah, b. Pembentukan gambut Topogen, dan c. Pembentukan gambut ombrogen di atas gambut topogen (Fahmuddin dan Made, 2008).

Berdasarkan lokasi dan proses pembentukannya, gambut dapat dibedakan menjadi :

1. Gambut pantai yaitu gambut yang terbentuk dekat pantai laut dan mendapat pengayaan mineral dari air laut.
2. Gambut pedalaman yaitu gambut yang terbentuk di daerah yang tidak dipengaruhi oleh pasang surut air laut tetapi hanya oleh air hujan.
3. Gambut transisi yaitu gambut yang terbentuk di antara kedua wilayah tersebut, yang secara tidak langsung dipengaruhi oleh air pasang laut.

Menurut Hardjowigeno (1996) dalam Melisda (2011) sifat-sifat fisik dari tanah gambut yang penting ialah tingkat dekomposisinya, kerapatan limbak (*Bulk density*), irreversibilitas terhadap pengeringan, serta kemungkinan terjadinya *subsidence* (penyusutan). Berdasarkan tingkat dekomposisinya tanah gambut dapat dibedakan menjadi (Wahyunto, 2003 dalam Melisda, 2011) :

1. Gambut kasar (*fibrist*) yaitu gambut dengan lebih dari 2/3 bahan organik kasar.
2. Gambut sedang (*hemist*) yaitu gambut dengan lebih dari 1/3 sampai 2/3 bahan organik kasar.
3. Gambut halus (*saprist*) yaitu gambut dengan bahan organik kasar kurang dari 1/3.

Gambut kasar memiliki porositas yang tinggi, daya memegang air yang tinggi, namun unsur haranya masih dalam bentuk organik dan sulit tersedia untuk tanaman. Gambut kasar akan mudah mengalami penyusutan yang besar apabila tanah direklamasi. Sementara gambut halus mempunyai ketersediaan unsur hara yang lebih tinggi serta memiliki kerapatan limbak yang lebih besar dari gambut kasar (Hardjowigeno, 1996 dalam Melisda, 2011). Tanah gambut yang mempunyai kerapatan limbak kurang dari 0,1 g/cc untuk gambut kasar (*fibrist*), dan sekitar 0,2 g/cc untuk gambut halus (*saprist*)(Melisda, 2011).



Sifat fisik lainnya yang penting pada tanah gambut ialah sifat kering *irreversible* yaitu bila terjadi pengeringan yang berlebihan. Sifat ini menunjukkan apabila gambut menjadi terlalu kering, maka tidak akan dapat lagi menjadi basah, hal ini dikarenakan oleh gambut yang tidak mampu menyerap air kembali. Hal ini berarti bahwa gambut sulit diusahakan untuk pertanian bila terjadi kekeringan yang berlebihan. Selain itu, gambut juga mempunyai sifat yang terus menerus menyusut (*subsidence*) yaitu apabila perbaikan drainase dilakukan. Hal ini disebabkan proses dehidrasi (kehilangan air) maupun proses dekomposisi bahan organik yang terjadi secara terus menerus (Melisda, 2011).

Sifat kimia pada tanah gambut sangat dipengaruhi oleh jenis-jenis dari vegetasi penyusunnya dan tingkat dekomposisinya. Gambut tropik berasal dari pohon-pohonan sehingga banyak mengandung lignin dan relatif tidak subur. Kandungan lignin bisa mencapai >60% dan kandungan selulosa <30%. Kandungan bahan organik gambut sangat tinggi, dimana C-organik dapat mencapai 48-60% dan kandungan N bisa mencapai 0,50-4,17% (Syaufina, 2008 dalam Melisda, 2011).

Secara umum lahan gambut diketahui mempunyai tingkat kemasaman yang relatif tinggi dengan kisaran pH 3-5. Misalnya gambut oligotropik yang memiliki *substratum* di daerah pasir kuarsa di Berengbengkel, Kalimantan Tengah memiliki kisaran pH 3,25-3,75. Beda halnya dengan gambut yang berada di sekitar Air Sugihan Kiri, Sumatera Selatan yang memiliki kisaran pH yang lebih tinggi yaitu antara 4,1 sampai 4,3 (Hartatik dkk, 2004 dalam Agus dan Made, 2008).

Gambut pantai memiliki kemasaman lebih rendah dari gambut pedalaman. Kondisi tanah gambut yang sangat masam akan menyebabkan kekahatan hara N, P, K, Ca, Mg, Bo dan Mo. Unsur hara Cu, Bo dan Zn merupakan unsur mikro yang seringkali sangat kurang (Mutalib, 1991 dalam Melisda, 2011). Kemasaman tanah gambut disebabkan oleh kandungan asam organik yang terdapat pada koloid gambut. Dekomposisi bahan organik pada kondisi anaerob menyebabkan terbentuknya senyawa fenolat dan karboksilat yang menyebabkan tingginya kemasaman gambut. Selain itu

terbentuknya senyawa fenolat dan karboksilat dapat meracuni tanaman (Melisda, 2011).

## 2.5. Kol (*Brassica oleracea*)

Menurut Rukmana (1994), sistem klasifikasi tanaman kol adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Papavorales
Famili	: Cruciferae (Brassicaceae)
Genus	: Brassica
Spesies	: <i>Brassica oleracea</i>

Tanaman kol memiliki batang yang pendek dan beruas-ruas. Tanaman ini memiliki akar tunggang, daunnya lebar yang berbentuk bulat telur dan lunak. Daun terus tumbuh menutupi daun sebelumnya sehingga membentuk kumpulan daun bulat berbentuk telur dan padat berwarna putih (Sunarjono, 2013). Pada umumnya, kol memiliki hipokotil sepanjang 2 cm, berwarna merah. Kecuali itu kol berkeping dua, berakar tunggang dan serabut.

Menurut Pracaya (2003), kol memiliki tiga kelompok varietas yaitu:

1. Kol putih (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.f. *alba* DC) yang dibedakan menjadi tiga macam, yaitu kol putih kepala bulat, kol kepala bulat datar, dan kol kepala bulat runcing.
2. Kol merah (*Brassica oleracea* var. *capitata* L. f. *rubra* L.).
3. Kol savoy atau kubis keriting (*Brassica oleracea* var. *sabauda* L.)

## BAB III

## METODE PENELITIAN


### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Syiah Kuala dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry pada tahun 2019.

### 3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tertera pada tabel di bawah ini:

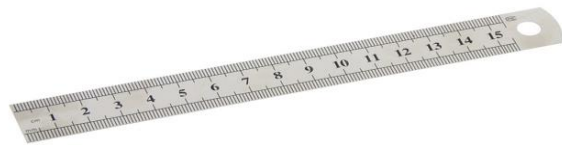
Tabel 3.1. Alat-alat penelitian

No.	Nama Alat	Gambar
1.	Kantong plastik	

2. Soil tester



3. Penggaris



4. Cawan petri



5. Tabung reaksi









6. Spektrofotometer



7. Rak tabung



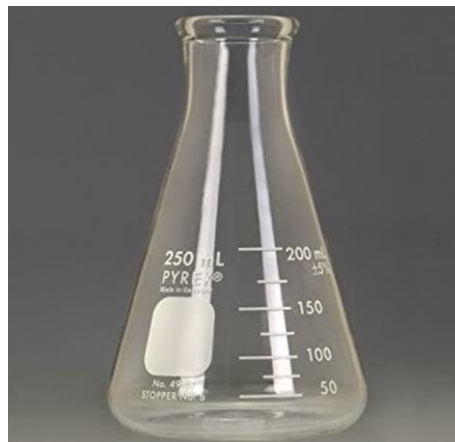
8.	Kertas <i>wrap</i>	
9.	Alumunium foil	
10.	<i>Laminar air flow</i>	

11.	Autoklaf	  
12.	Ose	
13.	Bunsen	

14. Kapas






15. Erlenmeyer









16. Kuvet





17.	Botol <i>Schott</i>	
18.	Labu ukur	
19.	Kaca arloji	

20.	Oven	
20.	Vortex	
21.	<i>Beaker glass</i>	

22.	Neraca analitik	
23.	Kertas label	
26.	Batang pengaduk	

27. Inkubator



28. Batang L





29. Hot plate



Tabel 3.2. Bahan-bahan penelitian

No.	Nama Bahan	Gambar
1.	Media Nutrient Agar (NA)	
2.	Media Nutrient Broth (NB)	
5.	Akuades	

9.	NaCl fisiologis	
10.	Media <i>Jensen</i>	

### 3.3. Pembuatan Media *Nutrient Agar*

Sebanyak 2,8 gram media *Nutrient Agar* ditimbang dan dilarutkan dengan akuades sebanyak 100 ml, lalu dipanaskan. Media tersebut lalu disterilkan dengan menggunakan autoklaf, pada temperature 121°C selama 15 menit. Media tersebut didinginkan sebentar lalu dituangkan ke dalam cawan petri.

### **3.4. Pembuatan Media *Nutrient Broth***

Sebanyak 1,3 gram media *Nutrient Broth* ditimbang dan dilarutkan dengan akuades sebanyak 100 ml, lalu dipanaskan. Media tersebut lalu disterilkan dengan menggunakan autoklaf, pada temperature 121°C selama 15 menit. Media tersebut didinginkan sebentar lalu dituangkan ke dalam cawan petri.

### **3.5. Pembuatan Media *Jensen***

Sebanyak 38,1 gram media *Jensen* ditimbang dan dilarutkan dengan akuades sebanyak 1000 ml, lalu dipanaskan. Media tersebut lalu disterilkan dengan menggunakan autoklaf, pada temperature 121°C selama 15 menit. Media tersebut didinginkan sebentar lalu dituangkan ke dalam cawan petri.

### **3.6. Pengambilan Sampel**

Sebanyak 100 g tanah gambut diambil dari kawasan hutan gambut. Tanah diambil dari 2 titik yang berbeda, kemudian disimpan di dalam plastik klep steril dan dibawa ke laboratorium.

### **3.7. Isolasi Bakteri Pengikat Nitrogen**

Sebanyak 10 gram sampel dimasukkan ke dalam 90 ml larutan NaCl fisiologis (pengenceran  $10^{-1}$ ), kemudian dihomogenkan dengan menggunakan *vortex*. Sebanyak 1 ml dari larutan tersebut dimasukkan ke dalam 9 ml larutan NaCl fisiologis ( $10^{-2}$ ), dan dilakukan seterusnya hingga pengenceran  $10^{-6}$ . Sebanyak 1 ml larutan dari setiap pengenceran tersebut dituang ke dalam media *Jensen*, dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam (Ponmurugan et al., 2012). Bakteri yang tumbuh kemudian dikulturkan kembali hingga kultur murni dapat diperoleh.

### **3.8. Penyiapan Kultur Cair**

Sebanyak 2 ose koloni bakteri pengikat nitrogen pada media *Jensen* diambil dan diinokulasikan pada media *Nutrient Broth*, lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 2 hari.

### **3.9. Karakteristik Morfologi dan Biokimia**

Isolat atau kultur murni yang telah diperoleh dikarakterisasi secara morfologi dengan melakukan pengamatan terhadap koloni bakteri yang meliputi bentuk, tepian, elevasi dan warna koloni. Pewarnaan gram dan pengujian biokimia juga dilakukan untuk mengetahui metabolisme bakteri. Uji biokimia yang dilakukan meliputi uji katalase dan uji TSIA (Lay, 1994).

#### **1. Uji Katalase**

Keberadaan enzim katalase diuji dengan pemberian larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% pada koloni bakteri. Koloni bakteri diambil dengan tusuk gigi yang telah disterilisasi dan diletakkan di atas gelas obyek, lalu larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% diteteskan pada bakteri di gelas obyek. Bakteri yang menunjukkan katalase positif ditandai dengan terbentuknya buih pada koloni (Hidayat dan Alhadi, 2012)

#### **2. Uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA)**

Dengan menggunakan ose steril, tanam spesimen pada media TSIA dengan cara menusuk ose sampai sepertiga dasar tabung. Kemudian diangkat dan digores secara zig zag pada permukaannya. Diinkubasikan pada suhu 37°C selama 24 jam. Media ini biasanya digunakan untuk membedakan *Salmonella* dan *Shigella* dengan bakteri Gram negatif bentuk batang lainnya berdasarkan pola fermentasi penghasil hidrogen sulfide.

### **3.10. Uji Aplikasi Bakteri Pada Tanaman**

Sebanyak 1-2 ose dari isolat bakteri terpilih dimasukkan ke dalam masing-masing tabung yang berisi 10 ml NaCl, lalu dihomogenkan dengan menggunakan *vortex*. Suspensi tersebut lalu dibandingkan dengan larutan standar Mc Farland 10 pangkat 6, dan disiram pada 100 gram medium tanah gambut steril di dalam polybag, yang telah ditanami 1 benih tanaman kol. Polibag yang tidak dituang suspensi bakteri merupakan perlakuan kontrol. Penyiraman isolat dilakukan secara melingkar di sekitar tanaman dengan jarak 5 cm dari titik benih yang telah ditanam. Perawatan yang dilakukan adalah dengan melakukan penyiraman setiap hari saat pagi dan sore hari.



Pengamatan dilakukan pada tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun. Masing-masing perlakuan memiliki 3 ulangan.

### **3.11. Analisis Data**

Data yang diperoleh lalu dianalisis dengan menggunakan program SPSS dan dengan uji lanjutan jika terdapat perbedaan yang signifikan.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

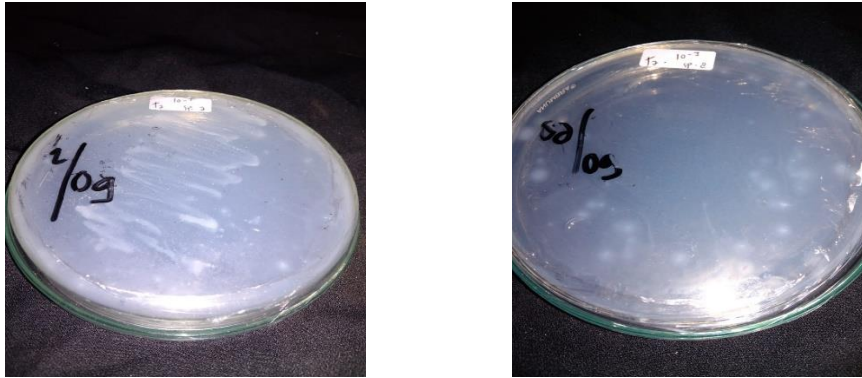
#### 4.1. Isolasi Bakteri Pengikat Nitrogen

Berdasarkan hasil penelitian, bakteri pengikat nitrogen yang diperoleh berjumlah sembilan isolat (T1 Mg 1, T1 Mg 2, T1 Mg5, T1 Mg 7, T2 Lg 1, T2 Lg 2, T2 Lg 8, T2 Lg 3, dan T2 Lg 7). Pengamatan morfologi pada seluruh isolat tersebut dilakukan berdasarkan warna koloni, bentuk koloni, tepian koloni, dan elevasi atau permukaan koloni.

Tabel 4.1. Karakteristik morfologi koloni bakteri

Kode Isolat	Bentuk	Elevasi	Tepian	Warna
T1 Mg 1	Bulat	Cembung	Rata	Putih
T1 Mg 2	Bulat	Rata	Rata	Putih
T1 Mg 5	Bulat	Rata	Rata	Putih
T1 Mg 7	Bulat	Rata	Rata	Putih
T2 Lg 1	Bulat	Cembung	Rata	Putih
T2 Lg 2	Bulat	Cembung	Rata	Putih
T2 Lg 3	Berbenang	Cembung	Rata	Putih
T2 Lg 8	Bulat	Rata	Rata	Putih
T2 Lg 7	Berbenang	Rata	Tidak beraturan	Putih

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa sembilan isolat memiliki warna koloni yang sama yaitu putih. Bentuk koloni yang bulat dimiliki oleh enam isolat, yaitu T1 Mg 1, T1 Mg 2, T1 Mg5, T1 Mg 7, T2 Lg 1, T2 Lg 2, dan T2 Lg 8, sedangkan isolat yang lainnya berbentuk benang. Isolat yang diperoleh memiliki bentuk elevasi yang beragam yaitu cembung dan rata. Hampir seluruh isolat memiliki bentuk tepian rata, sedangkan hanya isolat T2 Lg 7 yang berbentuk tidak beraturan.



Gambar 4.1. Koloni bakteri pada media *Jensen*

Media selektif yang digunakan pada penelitian ini adalah media *Jensen*. Berdasarkan hasil penelusuran pada beberapa jurnal, media yang paling efektif yang dapat digunakan untuk mengisolasi bakteri pengikat nitrogen adalah media *Jensen*. Media ini mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri pengikat nitrogen yaitu sukrosa, dipotassium fosfat, magnesium sulfat, sodium klorida, ferrous sulfat, sodium molibdat, dan kalsium karbonat. Media *Jensen* diformulasikan menurut *Jensen* dan direkomendasikan untuk mendeteksi dan menumbuhkan bakteri pengikat nitrogen (*Jensen, 1942*). Pada media *Jensen*, sukrosa berfungsi sebagai sumber energy, sedangkan sodium molibdat dapat meningkatkan aktivitas pengikatan nitrogen (*Ranganayaki, et al., 1981*). Sodium klorida berfungsi untuk mempertahankan keseimbangan tekanan osmotik media. Kalsium dapat menstimulasi pembentukan nodul ketika muncul dalam bentuk klorida atau sulfat.

Bakteri pengikat nitrogen adalah bakteri yang bebas hidup di alam yang dapat tumbuh baik pada media yang tidak mengandung nitrogen. Bakteri ini memanfaatkan gas nitrogen atmosfer untuk proses sintesis protein sel. Protein sel tersebut kemudian dimineralisasi di dalam tanah yang kemudian menyebabkan adanya ketersediaan nitrogen bagi tanaman (*Subba, 1977*). Bakteri ini juga hanya bersimbiosis dengan tanaman *leguminosa* dengan cara menginfeksi akar tanaman dan membentuk *nodule*. Sebagian besar bakteri pengikat nitrogen bersifat heterotrof yang membutuhkan

jumlah karbon yang sedikit, seperti jenis *Azotobacteria* dan *Azospirillum*. Sebagian lainnya merupakan golongan autotrof, yang dapat mengurangi karbondioksida (Graham, 2000). Pada umumnya, proses fiksasi atau pengikatan nitrogen hanya dapat terjadi secara anaerob, dan hanya beberapa *strain* dari jenis tertentu yang dapat menunjukkan proses tersebut (Scow, 2007).

Pada tahap isolasi, waktu yang digunakan untuk inkubasi adalah 48 jam. Pada waktu tersebut, pertumbuhan bakteri ini masih terbilang sedikit. Hal ini dapat dilihat pada pertumbuhan koloni yang muncul pada media selektif, dan tingkat kekeruhan bakteri ketika dikulturkan pada media cair (*nutrient broth*). Waktu inkubasi yang tidak lama menyebabkan pertumbuhan bakteri yang tidak terlalu banyak. Beberapa penelitian lain menggunakan waktu yang relatif lebih lama untuk menumbuhkan bakteri pengikat nitrogen yaitu selama tujuh hari (Stella and Suhaimi, 2010; Jiménez D.J. et al., 2011).



Gambar 4.2. Lokasi pengambilan sampel

#### 4.2. Uji Katalase

Berdasarkan uji katalase, diperoleh hasil pengamatan sesuai dengan tabel di bawah ini:

Tabel 4.2. Uji Katalase pada isolat bakteri

No.	Isolat	Uji Katalase
1	T1 Mg 1	-
2	T1 Mg 2	+
3	T1 Mg 5	+
4	T1 Mg 7	+
5	T2 Lg 1	-
6	T2 Lg 2	+
7	T2 Lg 3	+
8	T2 Lg 7	+
9	T2 Lg 8	+

Tabel di atas menunjukkan bahwa terdapat 7 isolat (T1 Mg 2, T1 Mg 5, T1 Mg 7, T2 Lg 2, T2 Lg 3, T2 Lg 7, dan T2 Lg 8) yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim katalase, sedangkan dua isolat lainnya tidak. Enzim katalase dapat mengurai  $H_2O_2$  menjadi  $H_2O$  dan  $O_2$ . Enzim tersebut juga penting untuk pertumbuhan aerobik karena  $H_2O_2$  yang dibentuk dengan pertolongan berbagai enzim pernafasan bersifat racun terhadap sel mikroba. Adanya kemampuan isolat bakteri dalam memproduksi enzim katalase ditandai dengan adanya buih (gelembung) ketika koloni bakteri dicampurkan  $H_2O$ . *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, dan *Clostridium* adalah beberapa jenis bakteri yang diketahui tidak dapat memproduksi enzim katalase.

Hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) dapat bersifat toksik terhadap sel bakteri karena dapat menginaktivasi enzim dalam sel. Senyawa ini terbentuk ketika proses metabolisme aerob terjadi, sehingga mikroorganisme yang tumbuh dalam lingkungan aerob harus menguraikan bahan toksik tersebut. Katalase adalah salah satu enzim yang digunakan mikroorganisme untuk menguraikan hidrogen peroksida, enzim lainnya yang dapat menguraikan hidrogen peroksida adalah peroksidase. Uji katalase berguna dalam

identifikasi kelompok bakteri tertentu. Pada bakteri bentuk kokus, uji katalase digunakan untuk membedakan *Staphylococcus* dan *Streptococcus*. Kelompok *Streptococcus* bersifat katalase-negatif, sedangkan *Staphylococcus* bersifat katalase-positif.

#### 4.3. Uji Triple Sugar Iron Agar (TSIA)

Berdasarkan uji katalase, diperoleh hasil pengamatan sesuai dengan tabel di bawah ini:

Tabel 4.3. Uji TSIA pada isolat bakteri

No.	Isolat	Uji TSIA		
		<i>Butt</i>	<i>Sland</i>	<i>Hasil</i>
1	T1 Mg 1	Merah	Merah	-
2	T1 Mg 2	Menguning	Kuning	+
3	T1 Mg 5	Kuning	Kuning	+
4	T1 Mg 7	Menguning	Kuning	+
5	T2 Lg 1	Kuning	Kuning	+
6	T2 Lg 2	Menguning	Kuning	+
7	T2 Lg 3	Menguning	Kuning	+
8	T2 Lg 7	Kuning	Menguning	+
9	T2 Lg 8	Menguning	Kuning	+

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa hanya satu isolat yang menunjukkan hasil negatif yaitu isolat T1 Mg 1, sedangkan isolat lainnya menunjukkan hasil yang positif. Uji ini biasanya menggunakan medium TSIA (Triple Sugar Iron Agar) yang digunakan untuk mendeteksi produksi H<sub>2</sub>S, fermentasi glukosa dan pembentukan gas.

Terdapat tiga macam glukosa (glukosa, laktosa, dan sukrosa) yang terdapat pada media TSIA. Uji H<sub>2</sub>S digunakan untuk mengetahui adanya enzim desulfurase pada bakteri yang dapat menguraikan asam amino sistein menjadi asam disulfida (H<sub>2</sub>S). Sistein merupakan asam amino yang

mengandung sulfur dan tidak terkandung dalam semua protein. Pada kondisi anaerobik, sistein mula-mula akan dipecah menjadi 2 molekul sistein dan kemudian sistein akan dipecah menjadi H<sub>2</sub>S, amonia, asam asetat dan asam format. Sedangkan pada kondisi aerobik, sistein akan mengalami disimilasi dan menghasilkan H<sub>2</sub>S (Salle 1961). Asam amino merupakan senyawa disamping glukosa yang dapat difermentasi oleh bakteri, terutama yang tergolong ke dalam bakteri anaerobik fakultatif. Bakteri ini akan menghidrolisis protein menjadi asam amino, kemudian asam amino akan difermentasi menghasilkan senyawa-senyawa lain terutama asam, seperti asam asetat, piruvat dan propionat (Fardiaz 1992). Hasil dekomposisi asam amino ini juga dapat menghasilkan senyawa yang berbau busuk, seperti indol, H<sub>2</sub>S, amonia dan methyl sulfida (Brock et al. 1978). TSIA merupakan media yang mengandung senyawa FeSO<sub>4</sub>. H<sub>2</sub>S (asam disulfida) akan bereaksi dengan logam Fe<sup>2+</sup> yang terdapat dalam medium, menjadi FeS (ferro sulfida) yang berwarna hitam (Lay, 1994).

Fermentasi glukosa, laktosa atau sukrosa dan produksi gas dari glukosa dapat juga diketahui pada media TSIA yang ditandai dengan terbentuknya rongga-rongga dibagian bawah agar. Warna merah pada agar menunjukkan reaksi basa, sedangkan warna kuning menunjukkan reaksi asam. Warna merah pada permukaan dan kuning di bagian bawah tabung menunjukkan terjadinya fermentasi glukosa tetapi tidak laktosa dan sukrosa. Warna kuning pada bagian permukaan dan bawah tabung menunjukkan terjadinya fermentasi glukosa, laktosa dan sukrosa. Warna kuning pada bagian permukaan dan warna merah pada bagian bawah menunjukkan fermentasi laktosa dan sukrosa. Sedangkan warna merah pada bagian permukaan dan bawah menunjukkan bahwa ketiga gula tidak difermentasi. (Fardiaz, 1989). Hasil akhir fermentasi karbohidrat ditentukan oleh sifat mikroba, media biakan yang digunakan, serta faktor lingkungan, antara lain suhu dan pH. Media fermentasi harus mengandung senyawa yang dapat dioksidasi dan difermentasikan oleh mikroorganisme. Glukosa termasuk senyawa yang paling sering digunakan oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi itu. Untuk menentukan adanya fermentasi, di laboratorium



digunakan media kaldu karbohidrat dan media MR-VP. Pembentukan asam dapat diketahui dengan menambahkan indicator ke dalam media.

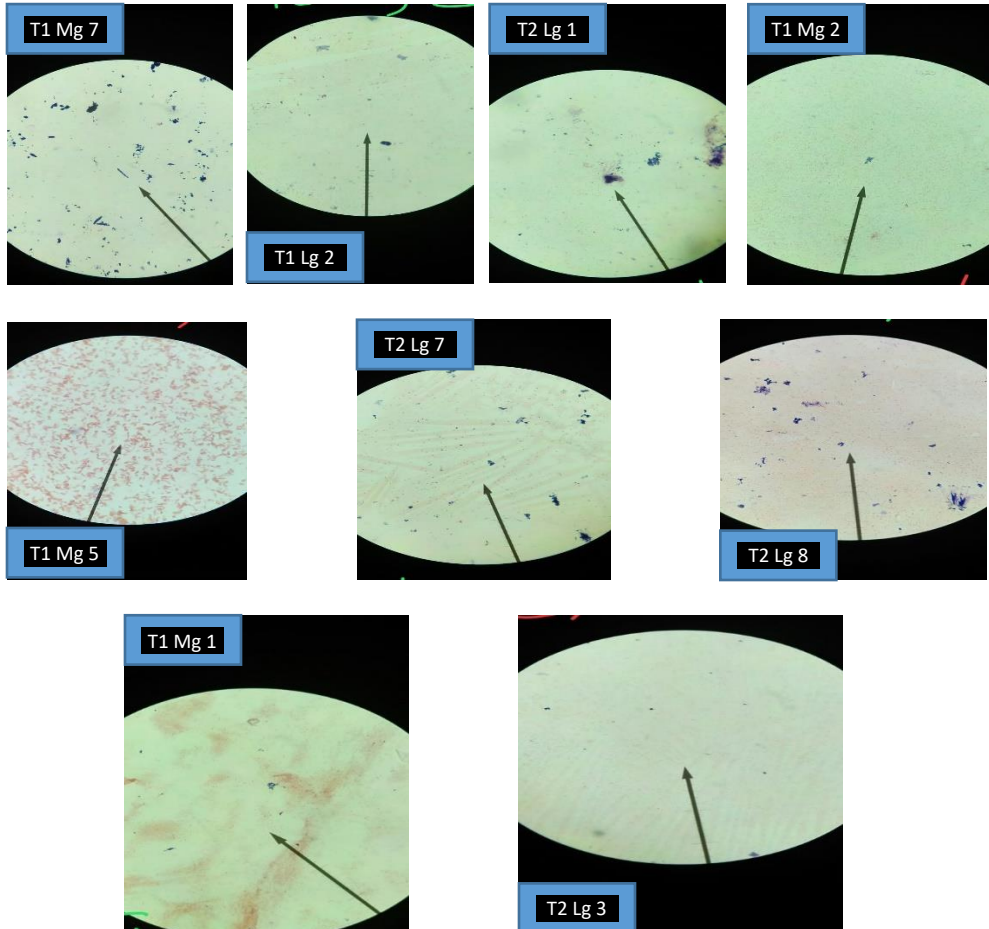
#### 4.4 Uji Pewarnaan Gram

Berdasarkan uji pewarnaan gram, diperoleh hasil pengamatan sesuai dengan tabel di bawah ini:

**Tabel 4.4. Hasil uji pewarnaan gram**

<b>Isolat</b>	<b>Gram</b>	<b>Bentuk</b>
T1 Mg 1	Negatif	Basil
T1 Mg 2	Negatif	Coccus
T1 Mg 5	Negatif	Basil
T1 Mg 7	Positif	Coccus
T2 Lg 1	Positif	Coccus
T2 Lg 2	Negatif	Basil
T2 Lg 3	Negatif	Basil
T2 Lg 7	Negatif	Coccus
T2 Lg 8	Negatif	Basil

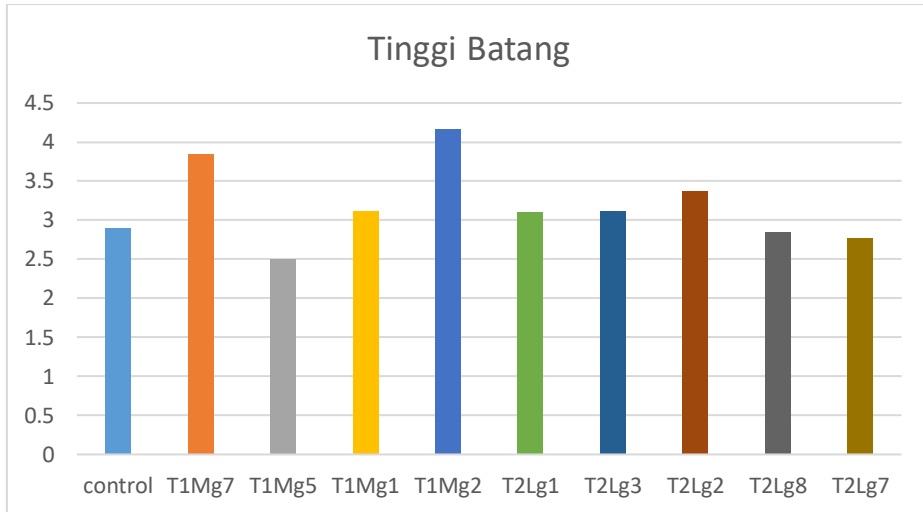
Tabel di atas menunjukkan bahwa hampir semua isolat bakteri pengikat nitrogen yang diperoleh merupakan bakteri gram negatif (T1 Mg 1, T1 Mg 2, T1 Mg 5, T2 Lg 2, T2 Lg 3, T2 Lg 7, dan T2 Lg 8), sedangkan isolate T1 Mg 7 dan T2 Lg 1 merupakan bakteri gram positif. Uji pewarnaan gram juga menunjukkan bahwa berdasarkan hasil pengamatan di bawah mikroskop, bentuk sel isolat bakteri pengikat nitrogen adalah coccus dan basil.



**Gambar 4.2 Bentuk sel bakteri di bawah mikroskop**

#### **4.5. Tinggi Batang**

Berdasarkan hasil pengukuran setelah pemberian kultur bakteri, diperoleh hasil pengamatan sesuai dengan diagram di bawah ini:

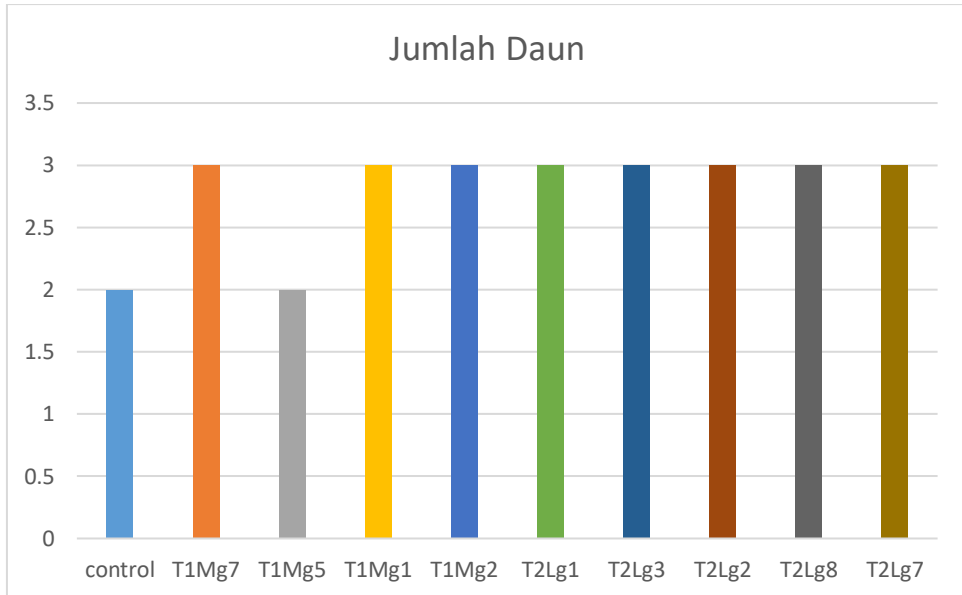


**Gambar 4.3 Hasil pengukuran tinggi batang (cm) setelah pemberian perlakuan bakteri pengikat nitrogen**

Berdasarkan diagram di atas, dapat dilihat bahwa tanaman kol mengalami pertumbuhan setelah pemberian kultur cair bakteri pengikat nitrogen. Pertumbuhan batang yang tertinggi terdapat pada isolat T1 Mg 2 yaitu lebih dari 4 cm, diikuti dengan isolat T1 Mg 7 yang hampir mencapai 4 cm. Isolat yang lain yaitu T1 Mg 1, T2 Lg 1, T2 Lg 2, T2 Lg 8, T2 Lg 7, dan T2 Lg 3. Pertumbuhan batang yang terendah terdapat pada isolat T1 Mg 5.

#### 4.6. Jumlah Daun

Berdasarkan hasil pengukuran setelah pemberian kultur bakteri, diperoleh hasil pengamatan sesuai dengan diagram di bawah ini:

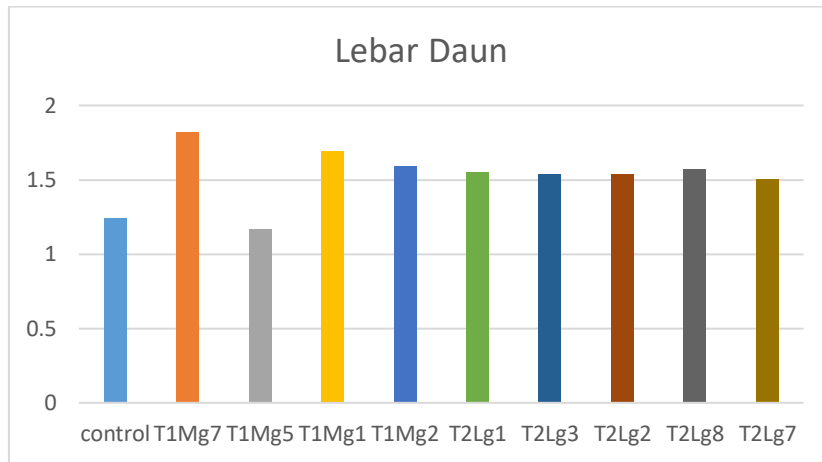


**Gambar 4.4 Hasil pengukuran jumlah daun (cm) setelah pemberian perlakuan bakteri pengikat nitrogen**

Berdasarkan diagram di atas, dapat dilihat bahwa delapan isolat memiliki jumlah daun yang sama yang melebihi jumlah daun pada perlakuan kontrol, yaitu sebanyak 3 helai. Sedangkan hanya 1 isolat ( T1 Mg 5) memiliki jumlah daun paling sama dengan perlakuan control, yaitu sebanyak 2 helai daun.

#### **4.7. Lebar Daun**

Berdasarkan hasil pengukuran setelah pemberian kultur bakteri, diperoleh hasil pengamatan sesuai dengan diagram di bawah ini:



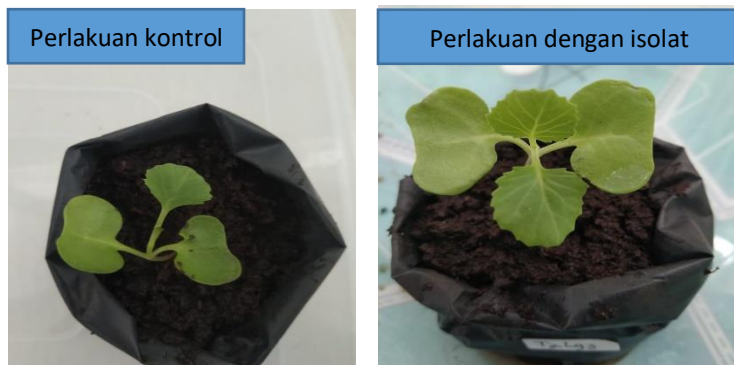
**Gambar 4.5 Hasil pengukuran lebar daun (cm) setelah pemberian perlakuan bakteri pengikat nitrogen**

Diagram di atas menunjukkan bahwa setelah pemberian perlakuan bakteri pengikat nitrogen, daun kol mengalami pelebaran melebihi perlakuan kontrol. Tujuh isolat (T1 Mg 1, T1 Mg 2, T2 Lg1, T2 Lg 3, T2 Lg 2, T2 Lg 8, dan T2 Lg 7) memiliki ukuran lebar daun sekitar 1,5 cm. Sedangkan isolate T1 Mg 5 hanya memiliki ukuran lebar daun sebesar 1,16 cm.

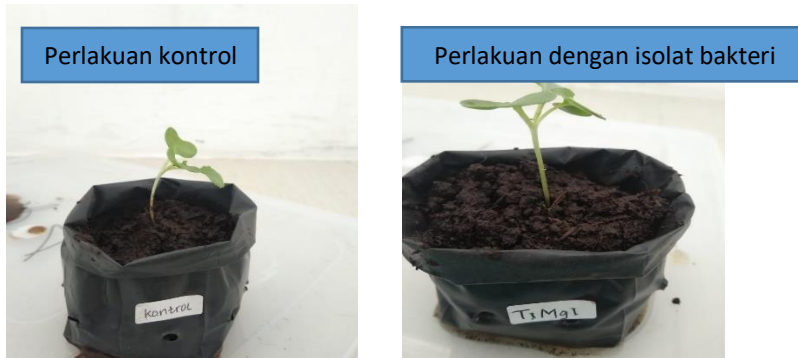
Berdasarkan ketiga diagram di atas, dapat diamati bahwa isolat T1 Mg 5 memiliki ukuran tinggi batang dan lebar daun yang paling rendah jika dibandingkan dengan isolat lainnya.



**Gambar 4.6. Kol setelah pemberian bakteri (6 hari)**



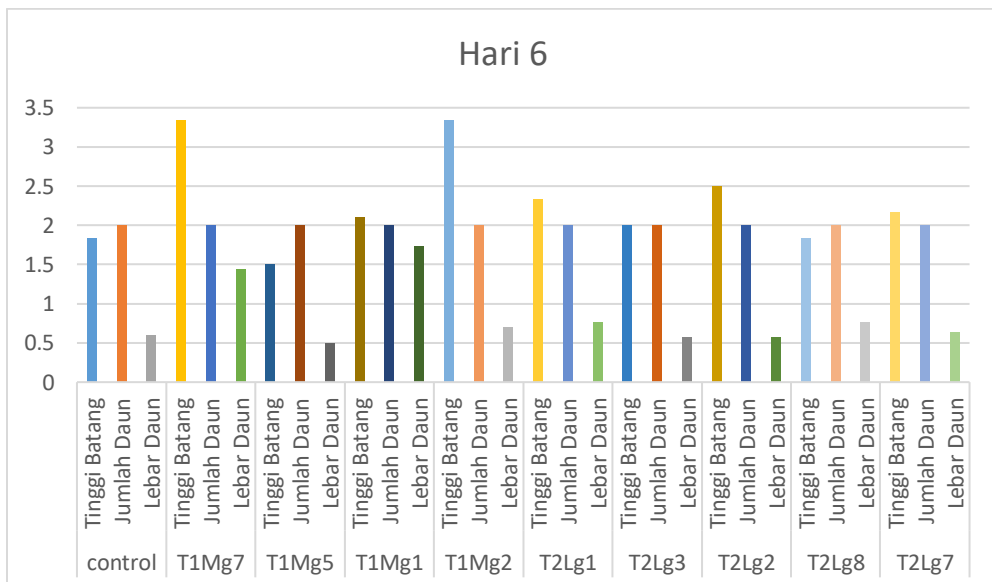
**Gambar 4.7. Perbedaan jumlah daun kol (kontrol dan setelah perlakuan)**

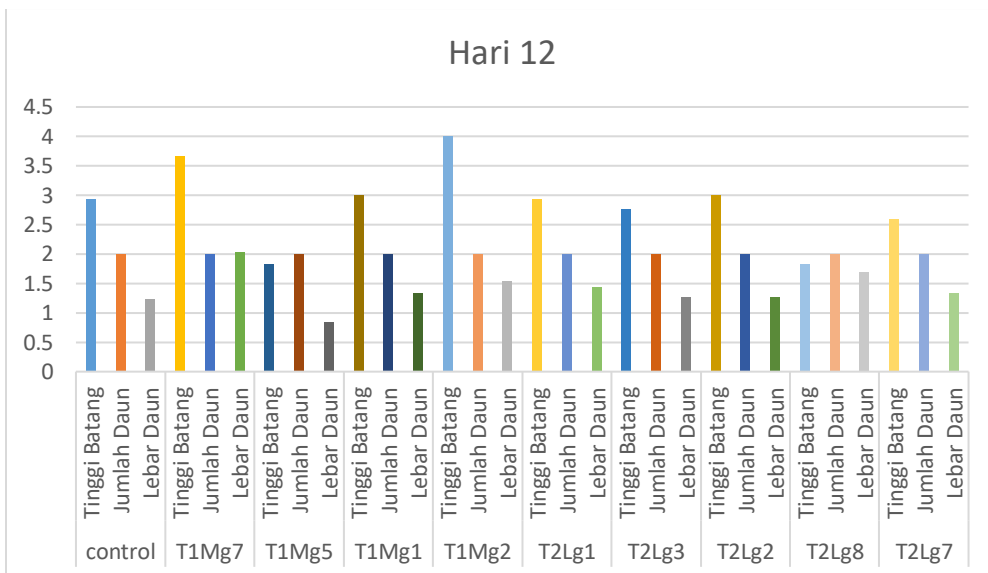
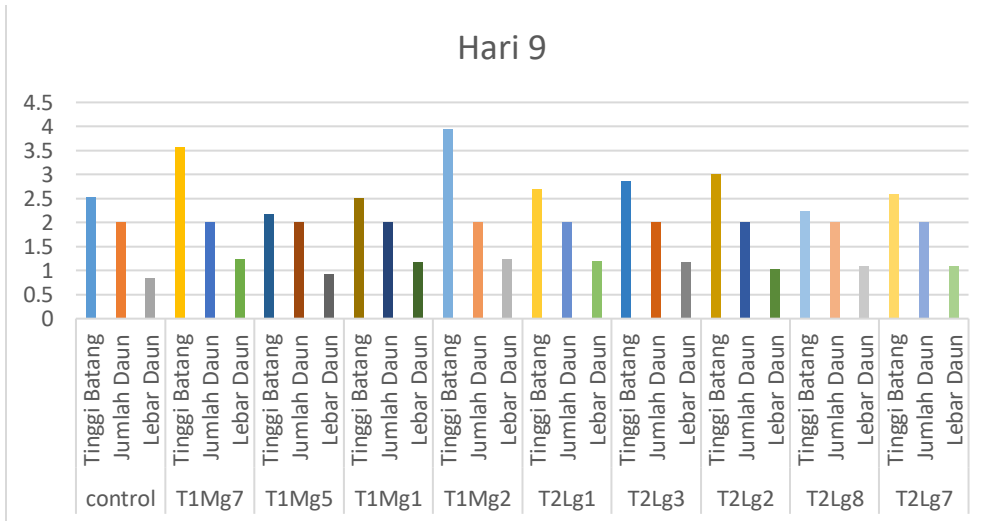


**Gambar 4.8. Perbedaan tinggi batang kol (kontrol dan setelah perlakuan)**

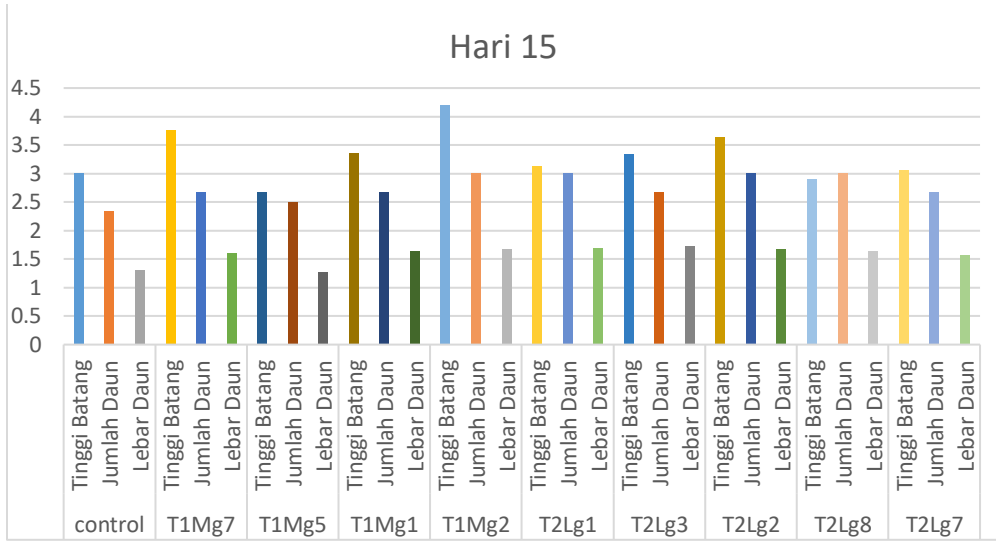
Pertumbuhan kol dihitung setiap 2 hari sekali selama 21 hari. Bagian tanaman kol yang diukur adalah tinggi batang, jumlah daun, dan lebar daun.

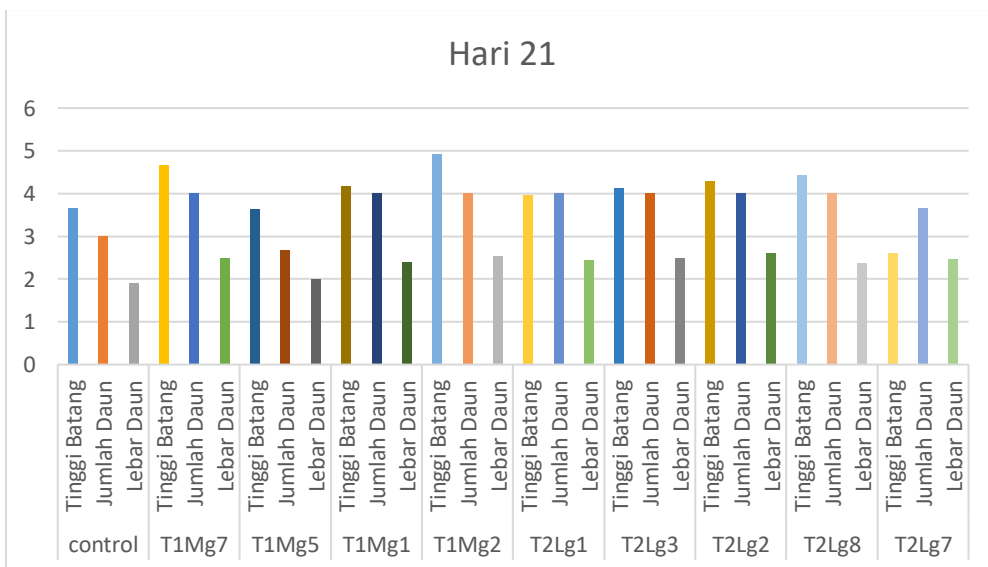
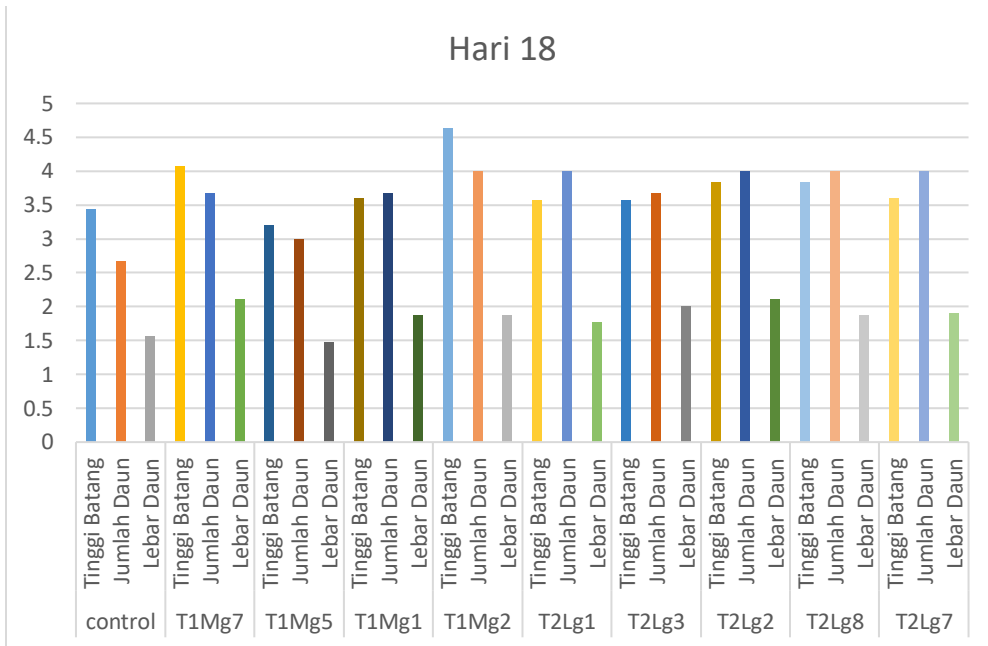
Berikut adalah grafik pertumbuhan tinggi batang, lebar daun, dan jumlah daun kol selama 21 hari tanam:











Tinggi Batang	
kontrol	2,9
T1Mg7	3,844444
T1Mg5	2,5
T1Mg1	3,122222
T1Mg2	4,172222
T2Lg1	3,105556
T2Lg3	3,111111
T2Lg2	3,377778
T2Lg8	2,844444
T2Lg7	2,772222

Jumlah Daun	
kontrol	2
T1Mg7	3
T1Mg5	2
T1Mg1	3
T1Mg2	3
T2Lg1	3
T2Lg3	3
T2Lg2	3
T2Lg8	3
T2Lg7	3

Lebar Daun	
kontrol	1,238889
T1Mg7	1,816667
T1Mg5	1,166667
T1Mg1	1,688889
T1Mg2	1,588889
T2Lg1	1,55
T2Lg3	1,538889
T2Lg2	1,538889
T2Lg8	1,572222
T2Lg7	1,5

Data Pengukuran kol (cm)

Hari ke - 6

Kontrol	P1	P2	P3
Tinggi Batang	2	2	1,5
Jumlah Daun	2	2	2
Lebar Daun	0,5	0,7	0,6

T1Mg 7	P1	P2	P3
TB	3	3	4
JD	2	2	2
LD	0,5	2,8	1

T1Mg 5	P1	P2	P3
TB	1,5	1,5	1,5
JD	2	2	2
LD	0,5	0,5	0,5

T1Mg1	P1	P2	P3
TB	2	2,3	2
JD	2	2	2
LD	1,8	1,8	1,6

T1Mg 2	P1	P2	P3
TB	3	3,5	3,5
JD	2	2	2
LD	0,6	0,8	0,7

T2Lg1	P1	P2	P3
TB	2	3	2
JD	2	2	2
LD	0,5	1	0,8

T2Lg3	P1	P2	P3
TB	2,5	1,5	2
JD	2	2	2
LD	0,5	0,4	0,8

T2Lg2	P1	P2	P3
TB	2,5	2,5	2,5
JD	2	2	2
LD	0,5	0,7	0,5

T2Lg8	P1	P2	P3
TB	1,5	2	2
JD	2	2	2
LD	0,5	1	0,8

T2Lg7	P1	P2	P3
TB	2,3	2,2	2
JD	2	2	2
LD	0,7	0,4	0,8

**Hari ke - 9**

Kontrol	P1	P2	P3	T1Mg 7	P1	P2	P3	T1Mg 5	P1	P2	P3
Tinggi Batang	2,5	2,6	2,5	TB	4	3,4	3,3	TB	2,5	2	2
Jumlah Daun	2	2	2	JD	2	2	2	JD	2	2	2
Lebar Daun	0,9	0,8	0,8	LD	1,3	1,2	1,2	LD	0,9	1	0,9

T1Mg1	P1	P2	P3
TB	1,5	3	3
JD	2	2	2
LD	1	1	1,5

T1Mg 2	P1	P2	P3
TB	3,9	3,9	4
JD	2	2	2
LD	1,1	1,4	1,2

T2Lg1	P1	P2	P3
TB	2,5	3	2,6
JD	2	2	2
LD	1,2	1,4	1

T2Lg3	P1	P2	P3
TB	3	2	3,6
JD	2	2	2
LD	1,5	1	1

T2Lg2	P1	P2	P3
TB	3	3	3
JD	2	2	2
LD	1	1,1	1

T2Lg8	P1	P2	P3
TB	2,2	2,5	2
JD	2	2	2
LD	1	1,3	1

T2Lg7	P1	P2	P3
TB	2,5	2,5	2,8
JD	2	2	2
LD	1,3	0,9	1,1

## Hari ke - 12

Kontrol	P1	P2	P3	T1Mg7	P1	P2	P3	T1Mg5	P1	P2	P3
Tinggi Batang	3	2,9	2,9	TB	3,5	3,6	3,9	TB	1,5	1,5	2,5
Jumlah Daun	2	2	2	JD	2	2	2	JD	2	2	2
Lebar Daun	1	1,3	1,4	LD	1,6	1,7	2,8	LD	0,7	0,8	1

T1Mg1	P1	P2	P3	T1Mg2	P1	P2	P3
TB	3,5	3,5	2	TB	4	4	4
JD	2	2	2	JD	2	2	2
LD	1,5	1,5	1	LD	1,5	1,6	1,5

T2Lg1	P1	P2	P3	T2Lg3	P1	P2	P3	T2Lg2	P1	P2	P3
TB	3	3	2,8	TB	3	2,4	2,9	TB	3	3	3
JD	2	2	2	JD	2	2	2	JD	2	2	2
LD	1	1,8	1,5	LD	1,3	1	1,5	LD	1,1	1,5	1,2

T2Lg8	P1	P2	P3	T2Lg7	P1	P2	P3
TB	1	2,3	2,2	TB	2,5	2,6	2,7
JD	2	2	2	JD	2	2	2
LD	1	2,6	1,5	LD	1,5	1	1,5

**Hari ke - 15**

Kontrol	P1	P2	P3	T1Mg7	P1	P2	P3	T1Mg5	P1	P2	P3
Tinggi Batang	3	3	3	TB	4,2	3,6	3,5	TB	2,8	2,5	2,7
Jumlah Daun	2	3	2	JD	3	3	2	JD	3	2	
Lebar Daun	1,3	1,4	1,2	LD	1,7	1,6	1,5	LD	1,2	1,4	1,2

T1Mg1	P1	P2	P3
TB	2,8	3,5	3,8
JD	2	3	3
LD	1,3	1,7	1,9

T1Mg2	P1	P2	P3
TB	4,1	4,3	4,2
JD	3	3	3
LD	1,5	1,8	1,7

T2Lg1	P1	P2	P3
TB	2,9	3,5	3
JD	3	3	3
LD	1,5	1,9	1,7

T2Lg3	P1	P2	P3
TB	3,5	2,6	3,9
JD	3	2	3
LD	1,9	1,4	1,9

T2Lg2	P1	P2	P3
TB	3,5	3,8	3,6
JD	3	3	3
LD	1,5	1,8	1,7

T2Lg8	P1	P2	P3
TB	2,8	3	2,9
JD	3	3	3
LD	1,5	1,8	1,6

T2Lg7	P1	P2	P3
TB	3	2,9	3,3
JD	3	2	3
LD	1,7	1,3	1,7

**Hari ke - 18**

Kontrol	P1	P2	P3	T1Mg7	P1	P2	P3	T1Mg5	P1	P2	P3
Tinggi Batang	3,4	3,5	3,4	TB	4,5	3,9	3,8	TB	3,2	3,3	3,1
Jumlah Daun	3	3	2	JD	4	4	3	JD	3	3	3
Lebar Daun	1,5	1,7	1,5	LD	2,2	2	2,1	LD	1,5	1,6	1,3

T1Mg1	P1	P2	P3	T1Mg2	P1	P2	P3
TB	3,1	3,7	4	TB	4,5	4,8	4,6
JD	3	4	4	JD	4	4	4
LD	1,5	1,9	2,2	LD	1,7	2	1,9

T2Lg2	P1	P2	P3	T2Lg3	P1	P2	P3	T2Lg2	P1	P2	P3
TB	3,6	3,7	3,4	TB	3,8	2,9	4	TB	3,8	3,9	3,8
JD	4	4	4	JD	4	3	4	JD	4	4	4
LD	1,8	2	1,5	LD	2	1,6	2,4	LD	2	2,3	2

T2Lg8	P1	P2	P3	T2Lg7	P1	P2	P3
TB	3,8	4	3,7	TB	3,8	3,4	3,6
JD	4	4	4	JD	4	4	4
LD	1,9	2	1,7	LD	2,1	1,6	2



**Hari ke - 21**

Kontrol	P1	P2	P3
Tinggi Batang	3,6	3,8	3,6
Jumlah Daun	3	3	3
Lebar Daun	1,8	2	1,9

T1Mg7	P1	P2	P3
TB	4,9	4,3	4,8
JD	4	4	4
LD	2,6	2,4	2,5

T1Mg5	P1	P2	P3
TB	3,7	3,5	3,7
JD	3	2	3
LD	2	2,1	1,9

T1Mg1	P1	P2	P3
TB	3,6	4,2	4,7
JD	4	4	4
LD	2,2	2,4	2,6

T1Mg2	P1	P2	P3
TB	4,9	5	4,9
JD	4	4	4
LD	2,1	2,8	2,7

T2Lg1	P1	P2	P3
TB	4	4	3,9
JD	4	4	4
LD	2,4	2,7	2,2

T2Lg3	P1	P2	P3
TB	4,5	3,5	4,4
JD	4	4	4
LD	2,5	2,1	2,9

T2Lg2	P1	P2	P3
TB	4,2	4,4	4,3
JD	4	4	4
LD	2,5	2,7	2,6

T2Lg8	P1	P2	P3
TB	4,3	4,7	4,3
JD	4	4	4
LD	2,4	2,7	2

T2Lg7	P1	P2	P3
TB	2,5	2,5	2,8
JD	4	3	4
LD	2,6	2,1	2,7

Berikut adalah analisis statistik dari penelitian ini:

A. Unit percobaan : Tanaman kol  
Perlakuan : Pemberian Bakteri

B. Analisis Data

- Hipotesis :  
 $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = \tau_7 = \tau_8 = \tau_9 = \tau_{10} = 0$  (Tidak ada pengaruh pemberian bakteri terhadap tinggi batang tanaman kol)  
 $H_1 : \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq \tau_6 \neq \tau_7 \neq \tau_8 \neq \tau_9 \neq \tau_{10} \neq 0$  (Ada pengaruh pemberian bakteri terhadap tinggi batang tanaman kol)
- Taraf nyata  
 $\alpha = 0.05$
- Daerah Penolakan  
 $F_{hitung} > F_{tabel}$   
Nilai sig <  $\alpha$  (0.05)
- Stat Uji  
Output :

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:perulangan

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8.056 <sup>a</sup>	9	.895	12.286	.000
Intercept	275.750	1	275.750	3784.842	.000
Perlakuan	8.056	9	.895	12.286	.000
Error	1.457	20	.073		
Total	285.264	30			
Corrected Total	9.513	29			

a. R Squared = .847 (Adjusted R Squared = .778)

- Keputusan  
Tolak  $H_0$  karena nilai Nilai sig (0.000) <  $\alpha$  (0.05)
- Kesimpulan  
Ada pengaruh pemberian bakteri terhadap tinggi batang tanaman kol

Karena pada pengujian tolak  $H_0$  maka dilakukannya uji lanjut

## UJI LANJUT

Misalkan  $\tau_1 = \text{kontrol}$  ;  $\tau_2 = \text{T1Mg7}$  ;  $\tau_3 = \text{T1Mg5}$  ;  $\tau_4 = \text{T1Mg1}$  ;  $\tau_5 = \text{T1Mg2}$  ;  $\tau_6 = \text{T2Lg1}$  ;  $\tau_7 =$

$\text{T2Lg3}$  ;  $\tau_8 = \text{T2Lg2}$  ;  $\tau_9 = \text{T2Lg8}$  ;  $\tau_{10} = \text{T2Lg7}$

- Hipotesis

$H_0 : \tau_i = \tau_j = 0$  (Tidak ada pengaruh pemberian bakteri terhadap tinggi batang tanaman kol)

$H_1 : \tau_i \neq \tau_j \neq 0$  (Ada pengaruh pemberian bakteri terhadap tinggi batang tanaman kol)

$i=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10$  ;  $j=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10$

- Taraf nyata

$\alpha = 0.05$

- Daerah Penolakan

Fhitung > Ftabel

Nilai sig <  $\alpha$  (0.05)

- Stat Uji

A. Duncan

### Multiple Comparisons

Dependent Variable:perulangan

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	control	T1Mg7	-1.0150 <sup>*</sup>	.22039	.005	-1.7954	-.2346
		T1Mg5	.5100	.22039	.422	-.2704	1.2904
		T1Mg1	-.2200	.22039	.989	-1.0004	.5604
		T1Mg2	-1.2567 <sup>*</sup>	.22039	.000	-2.0371	-.4762
		T2Lg1	-.2017	.22039	.994	-.9821	.5788
		T2Lg3	-.2000	.22039	.994	-.9804	.5804
		T2Lg2	-.4067	.22039	.702	-1.1871	.3738
		T2Lg8	.1406	.22039	1.000	-.6399	.9210
		T2Lg7	.2650	.22039	.963	-.5154	1.0454

Interpretasi :

- Control dan T1Mg7 dengan batas bawah -1.7954 dan batas atas -0.2346 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara control dengan pemberian bakteri T1Mg7.
- Control dan T1Mg2 dengan batas bawah -2.0371 dan batas atas -0.4762 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara control dengan pemberian bakteri T1Mg7
- Melewati 0 batas bawah dan batas atas T1Mg5, T1Mg1, T2Lg1, T2Lg3, T2Lg2, T2Lg8, T2Lg7

T1Mg7	control	1.0150 <sup>*</sup>	.22039	.005	.2346	1.7954
	T1Mg5	1.5250 <sup>*</sup>	.22039	.000	.7446	2.3054
	T1Mg1	.7950 <sup>*</sup>	.22039	.044	.0146	1.5754
	T1Mg2	-.2417	.22039	.979	-1.0221	.5388
	T2Lg1	.8133 <sup>*</sup>	.22039	.037	.0329	1.5938
	T2Lg3	.8150 <sup>*</sup>	.22039	.036	.0346	1.5954
	T2Lg2	.6083	.22039	.215	-.1721	1.3888
	T2Lg8	1.1556 <sup>*</sup>	.22039	.001	.3751	1.9360
	T2Lg7	1.2800 <sup>*</sup>	.22039	.000	.4996	2.0604

Interpretasi :

- T1Mg7 dan T1Mg5 dengan batas bawah 0.7556 dan batas atas 2.3054 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg7 dengan pemberian bakteri T1Mg5.
- T1Mg7 dan T1Mg1 dengan batas bawah 0.0146 dan batas atas 1.5754 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg7 dengan pemberian bakteri T1Mg5.
- T1Mg7 dan T2Lg1 dengan batas bawah 0.0329 dan batas atas 1.5938 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg7 dengan pemberian bakteri T2Lg1.

- T1Mg7 dan T2Lg3 dengan batas bawah 0.0346 dan batas atas 1.5954 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg7 dengan pemberian bakteri T2Lg3.
- T1Mg7 dan T2Lg8 dengan batas bawah 0.3751 dan batas atas 1.9360 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg7 dengan pemberian bakteri T2Lg8.
- T1Mg7 dan T2Lg7 dengan batas bawah 0.4996 dan batas atas 2.0604 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg7 dengan pemberian bakteri T2Lg7.
- Melewati 0 batas bawah dan batas atas T1Mg2, T2Lg2

T1Mg5	control	- .5100	.22039	.422	-1.2904	.2704
	T1Mg7	-1.5250*	.22039	.000	-2.3054	- .7446
	T1Mg1	- .7300	.22039	.079	-1.5104	.0504
	T1Mg2	-1.7667*	.22039	.000	-2.5471	- .9862
	T2Lg1	- .7117	.22039	.093	-1.4921	.0688
	T2Lg3	- .7100	.22039	.094	-1.4904	.0704
	T2Lg2	- .9167*	.22039	.014	-1.6971	- .1362
	T2Lg8	- .3694	.22039	.796	-1.1499	.4110
	T2Lg7	- .2450	.22039	.978	-1.0254	.5354

interpretasi :

- T1Mg5 dan T1Mg2 dengan batas bawah -2.5471 dan batas atas -0.9862 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg5 dengan pemberian bakteri T1Mg2.
- T1Mg5 dan T2Lg2 dengan batas bawah -1.6971 dan batas atas -0.1362 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg5 dengan pemberian bakteri T1Lg2.
- Melewati 0 batas bawah dan batas atas T2Lg1, T2Lg3, T2Lg7, T2Lg8, control

T1Mg1	control	.2200	.22039	.989	-.5604	1.0004
	T1Mg7	-.7950 <sup>*</sup>	.22039	.044	-1.5754	-.0146
	T1Mg5	.7300	.22039	.079	-.0504	1.5104
	T1Mg2	-1.0367 <sup>*</sup>	.22039	.004	-1.8171	-.2562
	T2Lg1	.0183	.22039	1.000	-.7621	.7988
	T2Lg3	.0200	.22039	1.000	-.7604	.8004
	T2Lg2	-.1867	.22039	.997	-.9671	.5938
	T2Lg8	.3606	.22039	.816	-.4199	1.1410
	T2Lg7	.4850	.22039	.487	-.2954	1.2654

Interpretasi :

- T1Mg1 dan T1Mg2 dengan batas bawah -1.8171 dan batas atas -0.2562 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg1 dengan pemberian bakteri T1Mg2.
- Melewati 0 batas bawah dan batas atas T2Lg1, T2Lg3, T2Lg2, T2Lg8, T2Lg7

T1Mg2	control	1.2567 <sup>*</sup>	.22039	.000	.4762	2.0371
	T1Mg7	.2417	.22039	.979	-.5388	1.0221
	T1Mg5	1.7667 <sup>*</sup>	.22039	.000	.9862	2.5471
	T1Mg1	1.0367 <sup>*</sup>	.22039	.004	.2562	1.8171
	T2Lg1	1.0550 <sup>*</sup>	.22039	.003	.2746	1.8354
	T2Lg3	1.0567 <sup>*</sup>	.22039	.003	.2762	1.8371
	T2Lg2	.8500 <sup>*</sup>	.22039	.026	.0696	1.6304
	T2Lg8	1.3972 <sup>*</sup>	.22039	.000	.6168	2.1776
	T2Lg7	1.5217 <sup>*</sup>	.22039	.000	.7412	2.3021

Interpretasi :

- T1Mg2 dan T2Lg1 dengan batas bawah 0.2756 dan batas atas 1.8354 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg2 dengan pemberian bakteri T2Lg1.
- T1Mg2 dan T2Lg3 dengan batas bawah 0.2762 dan batas atas 1.8371 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg2 dengan pemberian bakteri T2Lg3.
- T1Mg2 dan T2Lg2 dengan batas bawah 0.0696 dan batas atas 1.6304 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg2 dengan pemberian bakteri T2Lg2.

- T1Mg2 dan T2Lg8 dengan batas bawah 0.6168 dan batas atas 2.1776 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg2 dengan pemberian bakteri T2Lg8.
- T1Mg2 dan T2Lg7 dengan batas bawah 0.7412 dan batas atas 2.3021 tidak melewati nol, maka ada perbedaan antara T1Mg2 dengan pemberian bakteri T2Lg7.
- Melewati 0 batas bawah dan batas atas T1Mg5, T1Mg1, T2Lg1, T2Lg3, T2Lg2, control

### Kesimpulan

- Nilai batas bawah dan batas atas yang melewati 0, artinya tidak ada perbedaan rata-rata yang cukup signifikan antara pemberian bakteri terhadap pertumbuhan batang
- Nilai batas bawah dan batas atas yang tidak melewati 0, artinya tidak perbedaan rata-rata yang cukup signifikan antara pemberian bakteri terhadap pertumbuhan batang



LAMPIRAN

Multiple Comparisons

Dependent Variable:perulangan

(I) Perlakuan		(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	control	T1Mg7	-1.0150*	.22039	.005	-1.7954	-.2346
		T1Mg5	.5100	.22039	.422	-.2704	1.2904
		T1Mg1	-.2200	.22039	.989	-1.0004	.5604
	dimension3	T1Mg2	-1.2567*	.22039	.000	-2.0371	-.4762
		T2Lg1	-.2017	.22039	.994	-.9821	.5788
		T2Lg3	-.2000	.22039	.994	-.9804	.5804
		T2Lg2	-.4067	.22039	.702	-1.1871	.3738
		T2Lg8	.1406	.22039	1.000	-.6399	.9210
		T2Lg7	.2650	.22039	.963	-.5154	1.0454
di me nsi on2	T1Mg7	control	1.0150*	.22039	.005	.2346	1.7954
		T1Mg5	1.5250*	.22039	.000	.7446	2.3054
		T1Mg1	.7950*	.22039	.044	.0146	1.5754
	dimension3	T1Mg2	-.2417	.22039	.979	-1.0221	.5388
		T2Lg1	.8133*	.22039	.037	.0329	1.5938
		T2Lg3	.8150*	.22039	.036	.0346	1.5954
		T2Lg2	.6083	.22039	.215	-.1721	1.3888
		T2Lg8	1.1556*	.22039	.001	.3751	1.9360
		T2Lg7	1.2800*	.22039	.000	.4996	2.0604
T1Mg5	control	control	-.5100	.22039	.422	-1.2904	.2704
		T1Mg7	-1.5250*	.22039	.000	-2.3054	-.7446
		T1Mg1	-.7300	.22039	.079	-1.5104	.0504
	dimension3	T1Mg2	-1.7667*	.22039	.000	-2.5471	-.9862
		T2Lg1	-.7117	.22039	.093	-1.4921	.0688
		T2Lg3	-.7100	.22039	.094	-1.4904	.0704
		T2Lg2	-.9167*	.22039	.014	-1.6971	-.1362

	T2Lg8	-.3694	.22039	.796	-1.1499	.4110
	T2Lg7	-.2450	.22039	.978	-1.0254	.5354
T1Mg1	control	.2200	.22039	.989	-.5604	1.0004
	T1Mg7	-.7950*	.22039	.044	-1.5754	-.0146
	T1Mg5	.7300	.22039	.079	-.0504	1.5104
	T1Mg2	-1.0367*	.22039	.004	-1.8171	-.2562
dimension3	T2Lg1	.0183	.22039	1.000	-.7621	.7988
	T2Lg3	.0200	.22039	1.000	-.7604	.8004
	T2Lg2	-.1867	.22039	.997	-.9671	.5938
	T2Lg8	.3606	.22039	.816	-.4199	1.1410
	T2Lg7	.4850	.22039	.487	-.2954	1.2654
T1Mg2	control	1.2567*	.22039	.000	.4762	2.0371
	T1Mg7	.2417	.22039	.979	-.5388	1.0221
	T1Mg5	1.7667*	.22039	.000	.9862	2.5471
	T1Mg1	1.0367*	.22039	.004	.2562	1.8171
dimension3	T2Lg1	1.0550*	.22039	.003	.2746	1.8354
	T2Lg3	1.0567*	.22039	.003	.2762	1.8371
	T2Lg2	.8500*	.22039	.026	.0696	1.6304
	T2Lg8	1.3972*	.22039	.000	.6168	2.1776
	T2Lg7	1.5217*	.22039	.000	.7412	2.3021
T2Lg1	control	.2017	.22039	.994	-.5788	.9821
	T1Mg7	-.8133*	.22039	.037	-1.5938	-.0329
	T1Mg5	.7117	.22039	.093	-.0688	1.4921
	T1Mg1	-.0183	.22039	1.000	-.7988	.7621
dimension3	T1Mg2	-1.0550*	.22039	.003	-1.8354	-.2746
	T2Lg3	.0017	.22039	1.000	-.7788	.7821
	T2Lg2	-.2050	.22039	.993	-.9854	.5754
	T2Lg8	.3422	.22039	.855	-.4382	1.1226
	T2Lg7	.4667	.22039	.537	-.3138	1.2471
T2Lg3	control	.2000	.22039	.994	-.5804	.9804
dimension3	T1Mg7	-.8150*	.22039	.036	-1.5954	-.0346
	T1Mg5	.7100	.22039	.094	-.0704	1.4904

	T1Mg1	-.0200	.22039	1.000	-.8004	.7604
	T1Mg2	-1.0567*	.22039	.003	-1.8371	-.2762
	T2Lg1	-.0017	.22039	1.000	-.7821	.7788
	T2Lg2	-.2067	.22039	.993	-.9871	.5738
	T2Lg8	.3406	.22039	.858	-.4399	1.1210
	T2Lg7	.4650	.22039	.541	-.3154	1.2454
T2Lg2	control	.4067	.22039	.702	-.3738	1.1871
	T1Mg7	-.6083	.22039	.215	-1.3888	.1721
	T1Mg5	.9167*	.22039	.014	.1362	1.6971
	T1Mg1	.1867	.22039	.997	-.5938	.9671
dimension3	T1Mg2	-.8500*	.22039	.026	-1.6304	-.0696
	T2Lg1	.2050	.22039	.993	-.5754	.9854
	T2Lg3	.2067	.22039	.993	-.5738	.9871
	T2Lg8	.5472	.22039	.333	-.2332	1.3276
	T2Lg7	.6717	.22039	.130	-.1088	1.4521
T2Lg8	control	-.1406	.22039	1.000	-.9210	.6399
	T1Mg7	-1.1556*	.22039	.001	-1.9360	-.3751
	T1Mg5	.3694	.22039	.796	-.4110	1.1499
	T1Mg1	-.3606	.22039	.816	-1.1410	.4199
dimension3	T1Mg2	-1.3972*	.22039	.000	-2.1776	-.6168
	T2Lg1	-.3422	.22039	.855	-1.1226	.4382
	T2Lg3	-.3406	.22039	.858	-1.1210	.4399
	T2Lg2	-.5472	.22039	.333	-1.3276	.2332
	T2Lg7	.1244	.22039	1.000	-.6560	.9049
T2Lg7	control	-.2650	.22039	.963	-1.0454	.5154
	T1Mg7	-1.2800*	.22039	.000	-2.0604	-.4996
	T1Mg5	.2450	.22039	.978	-.5354	1.0254
	T1Mg1	-.4850	.22039	.487	-1.2654	.2954
dimension3	T1Mg2	-1.5217*	.22039	.000	-2.3021	-.7412
	T2Lg1	-.4667	.22039	.537	-1.2471	.3138
	T2Lg3	-.4650	.22039	.541	-1.2454	.3154
	T2Lg2	-.6717	.22039	.130	-1.4521	.1088

T2Lg8	-.1244	.22039	1.000	-.9049	.6560
-------	--------	--------	-------	--------	-------

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .073.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Bakteri pengikat nitrogen termasuk golongan *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPR) yang mampu untuk membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa bakteri ini dapat meningkatkan tinggi batang, jumlah daun, dan lebar daun.

Berikut adalah beberapa penelitian tentang aplikasi atau kemampuan bakteri pengikat nitrogen dalam meningkatkan pertumbuhan berbagai tanaman :

Tabel 4.5. Aplikasi bakteri pengikat nitrogen terhadap pertumbuhan tanaman

Nama bakteri	Tanaman	Efek penambahan bakteri	Referensi
<i>Pseudomonas</i> sp. <i>Ochrobactrum</i> sp. <i>Novosphingobium</i> sp.	Cabai ( <i>Capsicum annuum</i> L.)	Peningkatan berat tanaman (26%); dan aktivitas enzim nitrogenase (68%)	Islam et al. (2013)
<i>Azospirillum</i> sp., <i>Azotobacter</i> sp.	<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> L.	Peningkatan berat tanaman (18%); dan jumlah nitrogen (63%)	Gendy et al. (2013)

<i>Azospirillum lipoferum</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Azetobacter chroococcum</i>	Gandum	Peningkatan berat tanaman (4%); dan hasil panen (8%)	Bilehsavar et al. (2013)
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Burkholderia gladii</i> , <i>Bacillus megatorium</i>	<i>Vitis</i> spp.	Peningkatan panjang tunas (17%); dan nitrogen (2%)	S abir et al. (2012)
<i>Agrobacterium</i> , <i>Bacillus</i>	Padi ( <i>Oriza sativa</i> L.)	Peningkatan jumlah nitrogen (84%), berat tanaman (22%), jumlah panen (64%)	Barua et al. (2012)
<i>Enterobacter cloacae</i>	Jagung ( <i>Zea mays</i> )	Peningkatan jumlah akar (21%)	Mehnaz et al. (2010)

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bakteri pengikat nitrogen yang telah diisolasi dari tanah gambut berjumlah sembilan (T1 Mg 1, T1 Mg 2, T1 Mg5, T1 Mg 7, T2 Lg 1, T2 Lg 2, T2 Lg 8, T2 Lg 3, dan T2 Lg 7)
2. Ukuran tinggi batang, jumlah dan lebar daun bertambah setelah pemberian bakteri pengikat nitrogen.

#### **5.2. Saran**

Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan menggunakan waktu yang lebih lama dalam proses inkubasi isolasi bakteri pengikat nitrogen agar mendapatkan hasil yang lebih efektif.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Agung, R., Rahayu, Y., dkk. (2018). *Status Hutan Dan Lingkungan Indonesia 2018*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Agus, F. (2011). Environmental and sustainability issues of Indonesian agriculture. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(4), 140-147.
- Agus, F., dan Made, I.G.S. (2008). *Lahan Gambut : Potensi Untuk Pertanian Dan Aspek Lingkungan*. Bogor: Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (CRAF).
- Allison, F.E. (1973). Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam.
- Anyango, B., Wilson, J.K., Beynon, J.L., Giller, K.E. (1995). Diversity of rhizobia nodulating *Phaseolus vulgaris* in two Kenyan soils with contrasting pHs. *Applied and Environmental Microbiology*, 61, 416-421.
- Azlin, C.O., Amir, H.G., Chan, L.K. (2005). Isolation and characterization of diazotrophic rhizobacteria of oil palm roots. *Malaysian Journal of Microbiology*, 1(1), 31-35.
- Bai, J., Gao, H., Xiao, R., Wang, J., Huang, C. (2012). A review of soil nitrogen mineralization as affected by water and salt in coastal wetlands: issues and methods. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 40, 1099-1105.
- Barua, S., Tripathia, S., Chakraborty, A., Ghosh, S., Chakrabarti, K. (2012). Characterization and crop production efficiency of diazotrophic bacterial isolates from coastal saline soils. *Microbiological Research*, 167, 95-102.

- Bekantan. (2016). Restorasi Lahan Gambut. Artikel : Keanekaragaman Mikrob Di Hutan Rawa Gambut Gerunggang Jenis Potensial Untuk Restorasi Lahan Gambut.
- Beneduzi, A., Costa, P.B., Parma, M., Melo, I.S., Bodanese-Zanettini, M.H., Passaglia, L.M.P. (2010). *Paenibacillus riograndensis* sp. nov., a nitrogen-fixing species isolated from the rhizosphere of *Triticum aestivum*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 60, 128–133.
- Berge, O., Guinebretie're, M.H., Achouak, W., Normand, P., Heulin, T. (2002). *Paenibacillus graminis* sp. nov. and *Paenibacillus odorifer* sp. nov., isolated from plant roots, soil and food. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 52, 607–616.
- Bilehsavar, T.E., Faramarzi, A., Ansari, M.H., Rahmani, H.A. (2013). Study of the effects of the plant growth promoting bacteria on the yield and yield components of the wheat under the rain fed and irrigated conditions. *International journal of Agronomy and Plant Production*, 4(6), 1343-1350.
- Bordeleau, L.M., Prevost, D. (1994). Nodulation and nitrogen fixation in extreme environments. *Plant and Soil*, 161, 115–124.
- Cappuccino, J. and N. Sherman, (2007). *Microbiology-A Laboratory Manual*, 7th edition. Dorling Kindersley Pvt. Ltd., New Delhi, India.
- Chandrasiri, P.A.N., Pathirana, R. (1995). Use of improved tolerant cultivars to increase rice production on acid histosols of southern Sri Lanka. *Plant-Soil Interactions at Low pH: Principles and Management Developments in Plant and Soil Sciences*, 64, 407-411.
- Cocking, E.C. (2009). The challenge of establishing symbiotic nitrogen fixation in cereals. *American Society of Agronomy*, 35–63.
- Cramer, M.J., Haghshenas, N., Bagwell, C.E., Matsui, G.Y., Lovell, C.R. (2011). *Celerinatantimonas diazotrophica* gen. nov., sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium representing a new family in the Gammaproteobacteria, *Celerinatantimonadaceae* fam. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 61, 1053–1060.



- Danapriatna, N. (2010). Biokimia Penambatan Nitrogen Oleh Bakteri Non Simbiotik. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah* Vol. 1: 1-10.
- Davis, K.E.R., Joseph, S.J., Janssen, P.H. (2005). Effects of growth medium, inoculum size, and incubation time on culturability and isolation of soil bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(2), 826-834.
- Ding, Y., Wang, J., Liu, Y., Chen, S. (2005). Isolation and identification of nitrogen-fixing Bacilli from plant rhizospheres in Beijing region. *Journal of Applied Microbiology*, 99, 1271-1281.
- Dixon, R., Kahn, D. (2004). Genetic regulation of biological nitrogen fixation. *Nature Reviews Microbiology*, 2, 621-631.
- Dos Santos, P.C., Fang, Z., Mason, S.W., Setubal, J.C., Dixon, R. (2012). Distribution of nitrogen fixation and nitrogenase-like sequences amongst microbial genomes. *BMC Genomics*, 13, 162.
- Egamberdieva, D. (2008). Plant growth promoting properties of rhizobacteria isolated from wheat and pea grown in loamy sand soil. *Turkish Journal Biology*, 32(1), 9-15.
- Elbeltagy, A., Nishioka, K., Sato, T., Suzuki, H., Ye, B., Hamada, T., Isawa, T., Mitsui, H., Minamisawa, K. (2001). Endophytic colonization and in planta nitrogen fixation by a *Herbaspirillum* sp. isolated from wild rice species. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(11), 5285.
- Faghire, M., Bargaz, A., Farissi, M., Palma, F., Mandri, B., Lluch, C., Tejera, Garcia, N.A., Herreta Cervera, J.A., Oufdou, K., Ghoulam, C. (2011). Effect of salinity on nodulation, nitrogen fixation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*) inoculated with rhizobial strains isolated from the Haouz region of Morocco. *Symbiosis*, 55, 69-75.
- Franche, C., Lindstrom, K., Elmerich, C. (2009). Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. *Plant Soil*, 321, 35-59.
- Gabbett, T., Jenkins, D., & Abernethy, B. (2010). Physical collisions and injury during professional rugby league skills training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(6), 578-583.

- Gendy, A.S.H., Said-Al Ahl, H.A.H., Mahmoud, A.A., Mohamed, H.F.Y. (2013). Effect of nitrogen sources, bio-fertilizers and their interaction on the growth, seed yield and chemical composition of guar plants. *Life Science Journal*, 10(3).
- Gillis, M., Kersters, K., Hoste, B., Janssens, D., Kroppenstedt, R.M., Stephan, M.P., Teixeira, K.R.S., Dobereiner, J., Ley, J.D. (1989). *Acetobacter diazotrophicus* sp. nov., a nitrogen-fixing acetic acid bacterium associated with Sugarcane. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 39(3), 361-364.
- Graham P. H. (2000). Nodule Formation in Legumes in *Encyclopedia of Microbiology*. Academic Press, San Diego, pp. 59-65
- Gupta, V.V.S.R., Roper, M.M. (2010). Protection of free-living nitrogen-fixing bacteria within the soil matrix. *Soil and Tillage Research*, 109, 50-54.
- Gupta, V.V.S.R., Roper, M.M., Roget, D.K (2006). Potential for non-symbiotic N<sub>2</sub>- fixation in different agroecological zones of southern Australia. *Aust. J. Soil. Res.*, 44, 343- 354.
- Gupta, U.C. (1997). *Molybdenum in agriculture*. Cambridge Univ. Press.
- Gendy, A.S.H., Said-Al Ahl, H.A.H., Mahmoud, A.A., Mohamed, H.F.Y. (2013). Effect of nitrogen sources, bio-fertilizers and their interaction on the growth, seed yield and chemical composition of guar plants. *Life Science Journal*, 10(3).
- Glick B.R. (1995). The Enhancement of plant growth by free living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 41(2), 109-117.
- Hari, B, M., dan Hidayah, Y. (2016). Isolasi Mikroba Dari Tanah Gambut. *Jurnal Pendidikan Hayati*. Vol 1 (2) :1-6.
- Hotma, M.,I. M. (2011). Aplikasi Bakteri Tanah Penambat Nitrogen Dengan Media Tanah Gambut Terbakar Dan Tidak Terbakar Pada Semai *Acacia crassicarpa* Cunn. Ex-Benth. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Indah, N, S. (2014). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Tanah di Kecamatan Pattalassang Kabupaten Gowa. *Skripsi*. Makassar : UIN Alauddin Makassar.

- Islam, M.R., Sultana, T., Joe, M.M., Yim, W., Cho, J.C., Sa, T. (2013). Nitrogen-fixing bacteria with multiple plant growth-promoting activities enhance growth of tomato and red pepper. *Journal Basic Microbiology*, doi: 10.1002/jobm.201200141.
- Kementerian Pertanian. (2014). Sub Sektor Hortikultura. [http://www.pertanian.go.id/ap\\_pages/mod/datahorti](http://www.pertanian.go.id/ap_pages/mod/datahorti). Diakses pada tanggal 28 September 2018.
- Lay, B.W. (1994). *Analisis mikroba di laboratorium*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Mehnaz, S., Kowalik, T., Reynolds, B., Lazarovits, G. (2010). Growth promoting effects of corn (*Zea mays*) bacterial isolates under greenhouse and field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 1848–1856.
- Pracaya, (2003). *Kol alias kubis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pracaya, (2007), *Bertanam Sayuran Organik Di Kebun, Pot, Dan Polibag*, PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Rohyani., Zul, D., dan Leni, B,F. (2014). Isolasi Bakteri Indigenus Yang Potensial Sebagai Agen Biofertilizer Asal Tanah Gambut di Kawasan Zamrud Dan Taman Nasional Tesso Nilo, Riau. *JOM FMIPA*. Vol 1 (2) : 420-421.
- Rothballer, M., Eckert, B., Schmid, M., Fekete, A., Schloter, M., Lehner, A., Pollmann, S., Hartmann, A. (2008). Endophytic root colonization of gramineous plants by *Herbaspirillum frisingense*. *FEMS Microbiology Ecology*, 66, 85–95.
- Rukmana, R. (1994). *Budidaya Kubis Bunga & Broccoli*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sabir, A., Yazici, M.A., Kara, Z., Sahin, F. (2012). Growth and mineral acquisition response of grapevine rootstocks (*Vitis* spp.) to inoculation with different strains of plant growth-promoting rhizobacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 2148-2153.
- Sitairesmi. (2002). *Mikrobiologi Lingkungan I*. Jakarta. Biologi FMIPA UI
- Soil Survey Staff. (2003). *Key to Soil taxonomy. 9th Edition*. United States Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service.

- Sunarjono, H. (2013). *Bertanam 36 jenis sayur*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wahyunto, Heryanto, B. (2005). *Sebaran gambut dan status terkini di Sumatera. In.CCFPI. pemanfaatan lahan gambut secara bijaksana untuk manfaat berkelanjutan*. Pekanbaru. Bogor: Wetlands International-Indonesia Programe.
- Wahyunto, Subiksa, I.G.M. (2011). *Pengelolaan lahan gambut Indonesia*. Bogor: Balai penelitian Tanah.
- Young J.P.W. (1992). Phylogenetic classification of nitrogen-fixing organisms, *In* Stacy G, Burris RH, Evans HJ, (Ed.), *Biological nitrogen fixation* (pp. 43–86). New York, NY: Chapman and Hall.