

**APLIKASI BAKTERI METANOTROF DAN PUPUK ANORGANIK  
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN PADI (*Oryza  
sativa L.*)**

**SAIFUL HARUNA**

**G111 16 556**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

**SKRIPSI**

**APLIKASI BAKTERI METANOTROF DAN PUPUK ANORGANIK  
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN PADI (*Oryza  
sativa L.*)**

Disusun dan diajukan oleh

**SAIFUL HARUNA**

**G111 16 556**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

**APLIKASI BAKTERI METANOTROF DAN PUPUK ANORGANIK  
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN PADI (*Oryza  
sativa L.*)**

**SAIFUL HARUNA**

**G111 16 556**

**Skripsi Sarjana Lengkap**

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana**

**Pada**

**Departemen Budidaya Pertanian**

**Fakultas Pertanian**

**Universitas Hasanuddin**

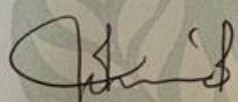
**Makassar**

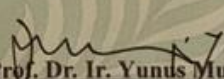
**Makassar, Juli 2023**

**Menyetujui :**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

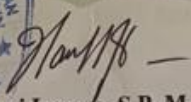
  
**Dr. Ir. Asmiaty Sahur, MP**  
NIP. 19691010 199303 2 001

  
**Prof. Dr. Ir. Yunus Musa, M.Sc.**  
NIP. 19541220 198303 1 001

**Mengetahui :**

**Ketua Departemen Budidaya Pertanian**



  
**Dr. Hari Iswovo, S.P. M.A**  
NIP. 19760508 200501 1 003

iii

**LEMBAR PENGESAHAN**

**APLIKASI BAKTERI METANOTROF DAN PUPUK ANORGANIK  
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN PADI (*Oryza  
sativa* L.)**

**Disusun dan diajukan oleh**

**SAIFUL HARUNA**

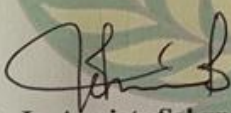
**G111 16 556**

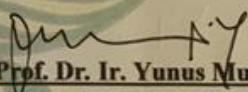
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal Juli 2023 dan dinyatakan memenuhi syarat kelulusan

**Menyetujui :**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

  
**Dr. Ir. Asmiaty Sahur, MP.**  
NIP. 19691010 199303 2 001

  
**Prof. Dr. Ir. Yunus Musa, M.Sc**  
NIP. 19541220 198303 1 001

**Mengetahui :**

**Ketua Program Studi Agroteknologi**

  
**Dr. Ir. Abd. Haris Bahrin, M.Si**  
NIP. 19670811 199403 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Saiful Haruna

NIM : G111 16 556

Program Studi : Agroteknologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa tulisan saya yang berjudul :

**“Aplikasi Bakteri Metanotrof dan Pupuk Anorganik terhadap  
Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.)”**

Adalah karya tulis saya sendiri dan benar bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain. Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya tulis saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya dari orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2023



Saiful Haruna

## ABSTRAK

**SAIFUL HARUNA (G1116556).** Aplikasi Bakteri Metanotrof dan Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). Dibimbing oleh **ASMIATY SAHUR** dan **YUNUS MUSA**

Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami serta mempelajari peran bakteri *metanotrof* dan pupuk anorganik dalam hubungannya dengan pertumbuhan dan produksi tanaman padi. Penelitian ini dilaksanakan di dalam dua tahap yakni tahap pertama adalah perbanyakan bakteri *Metanotrof* di Laboratorium Biofertilizer dan Jamur Pangan dan tahap kedua yaitu tahap di lapangan pada *Greenhouse Center of Excellence* (CoE) pada *Experimental Farm*, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin pada bulan Februari sampai dengan Juni 2023. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Petak Terpisah (RPT) dengan 2 faktor perlakuan. Perlakuan pupuk anorganik sebagai faktor pertama (petak utama), terdiri dari 3 taraf, yaitu Urea 0,375 g/pot, SP-36 0,125 g/pot, KCl 0,125 g/pot, lalu Urea 0,75 g/pot, SP-36 0,25 g/pot, KCl 0,25 g/pot, kemudian Urea 1,5 g/pot, SP-36 0,5 g/pot, KCl 0,5 g/pot. Faktor kedua adalah pemberian berbagai level koloni bakteri *metanotrof* (B) (anak petak) yang terbagi atas 4 taraf perlakuan, yakni : 0 CFU/ml,  $10^5$  CFU/ml,  $10^6$  CFU/ml,  $10^7$  CFU/ml. Hasil percobaan menunjukkan bahwa interaksi perlakuan pupuk anorganik dan bakteri *metanotrof* tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan produksi padi. Perlakuan jumlah koloni bakteri *metanotrof*  $10^7$  CFU/ml dan pemberian dosis pupuk anorganik Urea 300 kg/ha, SP-36 100 kg/ha, KCl 100 kg/ha memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi.

**Kata Kunci :** *metanotrof, bakteri, padi, .*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan berkatnyalah sehingga skripsi yang berjudul “**Aplikasi Bakteri Metanotrof dan Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.**” dapat terselesaikan. Tidak lupa saya ucapkan terimakasih kepada pembimbing, teman-teman yang telah menyumbangkan waktu dan pikirannya dalam penulisan skripsi ini.

Mengingat keterbatasan penulis, penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar skripsi ini jadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan orang lain.

Penulis pun menyadari bahwa tanpa dukungan dari beberapa pihak, penulisan skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik, oleh karena itu perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua saya, Alm. Bapak Haruna Nontji dan Almh. Ibu Hafsa Hasan yang menjadi alasan dan semangat buat penulis untuk menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
2. Kepada Ibu Dr. Ir. Asmiaty Sahur, MP. sebagai pembimbing I dan Bapak Prof. Dr. Ir. Yunus Musa, M.Sc. sebagai pembimbing II yang telah meluangkan waktunya memberikan arahan dan masukan dalam pelaksanaan penelitian ini hingga terselesaikannya penelitian ini.

3. Kepada para Bapak Dosen penguji saya yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis sejak direncanakannya penelitian ini hingga terselesaikannya penelitian ini.
4. Teman teman ex-BRYUM, Agroteknologi 16, YBM BRILIAN RO Makassar, atas dukungannya dan selalu mengingatkan untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh pihak yang telah memberikan semangat dan dukungannya dari awal penelitian hingga terselesaikannya penelitian ini.

Makassar, Juli 2023

Saiful Haruna



## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Hipotesis Penelitian .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Budidaya Tanaman Padi .....	5
2.2 Bakteri <i>Metanotrof</i> .....	6
2.3 Pupuk Anorganik.....	8
<b>BAB III BAHAN DAN METODE .....</b>	<b>11</b>
3.1 Tempat dan Waktu .....	11
3.2 Alat dan Bahan .....	11
3.3 Metode Penelitian .....	12
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	13
3.5 Parameter Pengamatan .....	16
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>17</b>
4.1 Hasil .....	17
4.2 Pembahasan .....	28
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>32</b>
5.1 Kesimpulan .....	32
5.2 Saran .....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>35</b>

## DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Rata-rata jumlah anakan produktif (batang) .....	20
2.	Rata-rata jumlah bulir per malai (bulir) .....	22
3.	Rata-rata bobot per 100 bulir (g) .....	24
4.	Rata-rata produksi per pot (g).....	25
5.	Koefisien korelasi pearson .....	27

### Lampiran

1a.	Rata-rata tinggi tanaman padi (cm) .....	36
1b.	Sidik ragam tinggi tanaman .....	36
2a.	Rata-rata jumlah anakan per rumpun (batang) .....	37
2b.	Sidik ragam jumlah anakan per rumpun .....	37
3a.	Rata-rata jumlah anakan produktif (batang) .....	38
3b.	Sidik ragam jumlah anakan produktif .....	38
3c.	Rata-rata jumlah anakan produktif (batang) (setelah ditransformasi) .....	39
3d.	Sidik ragam jumlah anakan produktif (setelah ditransformasi) .....	39
4a.	Rata-rata panjang malai (cm) .....	40
4b.	Sidik ragam panjang malai .....	40
5a.	Rata-rata jumlah bulir per malai (bulir).....	41
5b.	Sidik ragam jumlah bulir per malai .....	41
6a.	Rata-rata persentase bulir berisi (%) .....	42
6b.	Sidik ragam persentase bulir berisi .....	42
7a.	Rata-rata bobot per 100 bulir (g).....	43
7b.	Sidik ragam bobot per 100 bulir .....	43
8a.	Rata-rata produksi setiap pot (g) .....	44
8a.	Sidik ragam produksi setiap pot .....	44
8c.	Rata-rata produksi setiap pot (g) (setelah ditransformasi).....	45
8d.	Sidik ragam produksi setiap pot (setelah ditransformasi) .....	45
9a.	Hasil analisis sifat kimia tanah tanpa pemberian bakteri .....	46
9b.	Hasil analisis sifat kimia tanah yang diberikan bakteri.....	46
10.	Deskripsi padi varietas M70D .....	47

## DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Diagram batang tinggi tanaman padi (cm) usia 14, 28 dan 42 HST .....	17
2.	Diagram batang rata-rata tinggi tanaman padi (cm) .....	18
3.	Diagram batang rata-rata jumlah anakan (batang) .....	19
3.	Diagram batang rata-rata panjang malai (cm) .....	21
4.	Diagram batang rata-rata persentase bulir berisi (%).....	23

## Lampiran

1.	Petak rancangan .....	48
2a.	Proses penyemaian .....	50
2b.	Tanaman padi usia 1 HST .....	50
3a.	Proses pemupukan I (8 HST) .....	50
3b.	Proses aplikasi bakteri <i>metanotrof</i> (20 HST) .....	50
4a.	Tanaman padi usia 5 MST (35 HST) .....	50
4b.	Tanaman padi usia 9 MST (63 HST) .....	50
5a.	Tanaman padi usia 13 MST (90 HST) .....	51
5b.	Proses pemanenan .....	51
6.	Foto akar tanpa bakteri (A) dan yang menggunakan bakteri (B) .....	51
7.	Hasil analisis tanah tanpa bakteri dan yang menggunakan bakteri.....	52

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Padi merupakan komoditi pangan utama di Indonesia karena mayoritas masyarakat Indonesia menjadikan padi sebagai sumber karbohidrat utama. Pertambahan penduduk Indonesia dari tahun ke tahun mengakibatkan permintaan beras terus meningkat. Masalah kemandirian pangan dan ketahanan pangan di Indonesia tidak akan lepas dari komoditi beras seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk Indonesia.

Permintaan beras nasional yang terus naik setiap tahunnya merupakan tantangan yang tidak mudah. Pemerintah Indonesia harus mengimpor beras dari beberapa negara lain seperti India, Thailand dan Vietnam dikarenakan jumlah produksi beras nasional yang belum bisa mencukupi kebutuhan masyarakat. Dalam tiga tahun terakhir jumlah impor beras nasional terus meningkat, yakni pada tahun 2020 sebesar 356.286 ton, selanjutnya ditahun 2021 sebesar 407.741 ton serta pada tahun kemarin yakni ditahun 2022 sebesar 429.207 ton (Badan Pusat Statistik, 2023).

Faktor utama pada proses budidaya padi adalah pemberian pupuk (pemupukan). Pemupukan adalah penambahan kebutuhan unsur hara untuk tanaman, baik yang sifatnya makro maupun mikro demi mendukung aktivitas metabolik tanaman sehingga bisa berproduksi dengan optimal.

Meningkatkan produksi dan produktivitas padi dapat dicapai melalui penggunaan pupuk yang efisien. Tujuan pemberian pupuk adalah untuk memenuhi kebutuhan tanaman agar dapat tumbuh efektif, sehingga menghasilkan produksi yang optimal. Namun, di Indonesia, mayoritas petani masih cenderung menggunakan pupuk anorganik karena memberikan efek yang lebih cepat terhadap tanaman. Meskipun demikian, penggunaan berlebihan pupuk anorganik menyebabkan berbagai masalah ekosistem, seperti penurunan aktivitas organisme biologis, perubahan sifat fisik atau kimia tanah, dan berdampak negatif pada kesehatan konsumen.

Salah satu upaya dalam menekan pemakaian pupuk anorganik pada lahan pertanian khususnya padi adalah pemanfaatan bakteri *metanotrof*. *Metanotrof* sendiri memiliki kemampuan memfiksasi  $N_2$  yang nantinya membantu memenuhi kebutuhan unsur hara nitrogen untuk tanaman (Sagala, 2009). Kemampuan lain yang dimiliki oleh *metanotrof* yakni dalam melakukan metabolismenya, *metanotrof* memanfaatkan  $CH_4$  sebagai sumber C dan energi, sehingga selain memfiksasi  $N_2$  *metanotrof* juga berperan dalam mereduksi emisi gas  $CH_4$  (metana) dimana gas ini adalah salah satu gas yang berperan sebagai penyebab pemanasan global (Hanson dan Hanson, 1996).

Sebuah studi melaporkan bahwa ada empat isolat bakteri *metanotrof* yang dapat mengoksidasi  $CH_4$  secara *in vitro*. Isolat-isolat tersebut adalah *Methylocystis rosea* BGM1, *Methylocystis parvus* BGM3, *Methylococcus capsulatus* BGM9, dan *Methylobacter sp.* SKM14. Menariknya, keempat isolat bakteri *metanotrof* ini juga memiliki kemampuan untuk memfiksasi  $N_2$ , seperti yang dilaporkan oleh Sagala

(2009). Isolat BGM3 dan BGM9 diketahui memiliki gen *nifH* dan *nifD* yang bertanggung jawab dalam produksi enzim dinitrogenase reductase (Protein Fe) dan subunit  $\alpha$  dari dinitrogenase (Protein Fe-Mo), yang memiliki peran dalam proses fiksasi N<sub>2</sub>, sebagaimana dilaporkan oleh Bintarti *et al.* (2014). Hal tersebut memperkuat fakta bahwa bakteri *metanotrof* selain bisa mengoksidasi CH<sub>4</sub>, juga bisa memfiksasi N<sub>2</sub> yang nantinya digunakan oleh tanaman selama proses pertumbuhannya berlangsung.

Berdasarkan uraian diatas, maka riset/penelitian hal tersebut perlu dilaksanakan agar bisa mengetahui dan mempelajari fungsi bakteri *metanotrof* terhadap pertumbuhan serta produksi tanaman padi pada langkah-langkah yang bisa diambil dalam menekan atau mereduksi pemakaian pupuk anorganik.

## **1.2 Hipotesis Penelitian**

1. Terdapat interaksi antara bakteri *metanotrof* dan pemberian dosis pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi.
2. Terdapat satu dosis pemberian pupuk anorganik yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi.
3. Terdapat satu jumlah koloni bakteri *metanotrof* yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi.

## **1.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan agar dapat memahami serta mempelajari peran bakteri *metanotrof* dan pupuk anorganik dalam hubungannya dengan pertumbuhan dan produksi tanaman padi. Diharapkan bahwa penelitian ini dapat mereduksi ketergantungan pada pupuk anorganik dan juga memberikan pengetahuan kepada

masyarakat tentang salah satu langkah yang dapat diambil dalam mengurangi penggunaan pupuk anorganik.

Kegunaan penelitian ini yakni sebagai rujukan dan bahan informasi mengenai pemanfaatan bakteri *metanotrof* pada budidaya tanaman padi sawah.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Budidaya Tanaman Padi**

Ada dua metode penanaman padi yang dapat dilakukan. Pertama, melalui penanaman generatif di mana biji padi ditanam langsung di sawah, yang dikenal juga sebagai metode "tabela". Alternatif kedua adalah menggunakan lahan persemaian, di mana biji padi ditanam terlebih dahulu secara terpisah sebelum dipindahkan ke sawah utama, metode ini dikenal sebagai "tapin". Di forum-forum penyuluhan disarankan penanaman padi dengan jarak yang teratur agar proses penyiangan, pengendalian hama dan penyakit mudah dilakukan. Penting juga untuk memperhatikan jarak tanam karena akan berdampak pada kemampuan tanaman untuk mencapai produktivitas maksimal dan memanfaatkan sinar matahari dengan efisien, yang pada gilirannya dapat meningkatkan jumlah pertumbuhan tanaman yang optimal (Azrai, 2005).

Fase vegetatif adalah fase awal dimana pertumbuhan organ vegetatif baru tumbuh, seperti tinggi tanaman, jumlah, bobot, luas daun, dan penambahan anakan padi. Lama proses ini cukup beragam, sehingga adanya perbedaan umur tanaman. Selanjutnya, tahap reproduktif memiliki ciri-ciri, seperti : (a) bertambahnya panjang ruas paling atas batang padi; (b) munculnya daun bendera; (c) matinya anakan tidak produktif; (d) bunting; hingga (e) pembungaan. Untuk di wilayah tropis, lama fase reproduktif tanaman padi yaitu 35 hari dan tahap pematangan yakni kurang lebih 30 hari. Adanya diferensiasi lama pertumbuhan setiap tanaman itu ditentukan oleh lamanya tahap vegetative masing-masing tanaman (Karim dan Suhartatik, 2015)



Pertumbuhan dan perkembangan adalah proses yang berkaitan satu sama lain, dimana pertumbuhan yaitu proses bertambahnya ukuran tanaman sedangkan perkembangan mencakup adanya perbedaan yang ditunjukkan atau perubahan-perubahan yang mencakup anatomi ataupun fisiologi tanaman (Fagi, 2001).

## 2.2 Bakteri Metanotrof

Produksi  $\text{CH}_4$  oleh kelompok metanogen mendukung pertumbuhan kelompok *metanotrof*. Kelompok mikroba tersebut memainkan peranan penting dalam siklus karbon. *Metanotrof* menggunakan  $\text{CH}_4$  sebagai sumber C dan energi, sehingga bisa dimanfaatkan sebagai agen yang mampu menekan emisi gas  $\text{CH}_4$  (metana). *Metanotrof* mampu mengoksidasi  $\text{CH}_4$  pada kondisi aerob yang dibantu oleh enzim *methane monooxygenase* (MMO). MMO memotong ikatan  $\text{O}=\text{O}$  pada  $\text{O}_2$ , kemudian mereduksi salah satu atom oksigen untuk membentuk  $\text{H}_2\text{O}$  dan menggabungkan satu atom oksigen lainnya dengan  $\text{CH}_4$  untuk membentuk metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Enzim ini terletak di sitoplasma (*soluble* MMO [sMMO]) dan terintegrasi pada membran sel (*particulate* MMO [pMMO]). Hampir semua bakteri *metanotrof* memiliki pMMO yang aktivitasnya membutuhkan ion tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Namun ketika ketersediaan  $\text{Cu}^{2+}$  terbatas di lingkungan, beberapa *metanotrof* mensintesis sMMO sebagai mekanisme pertahanan diri (Hanson dan Hanson, 1996).

Pertumbuhan bakteri *metanotrof* dan induksi oksidasi  $\text{CH}_4$  terjadi secara optimum pada suhu 25-35 °C, pH 6.7-8.1, konsentrasi ammonia 12-61 mM, konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  kurang dari 4.3 mM, dan kadar air 20-35% (Bender dan Conrad 1995). Meskipun demikian, terdapat pula bakteri *metanotrof* psikrofil yang mampu

tumbuh pada suhu rendah dan mengoksidasi metana pada suhu 0 hingga 10 °C. Selain itu, *Methylococcus capsulatus* Bath dan beberapa strain lain dapat tumbuh hingga suhu 50 °C. Pertumbuhan bakteri *metanotrof* dan aktivitas oksidasi metana di lingkungan dapat terjadi pada pH 3.5-8.0. Laju oksidasi metana relatif sedikit dipengaruhi oleh pH ketika nilai pH antara 4 hingga 6, dan laju oksidasi menurun tajam pada lingkungan dengan pH di luar kisaran tersebut. Bakteri *metanotrof* tipe I dapat tumbuh pada lingkungan dengan konsentrasi CH<sub>4</sub> yang rendah, sedangkan *metanotrof* tipe II membutuhkan CH<sub>4</sub> pada konsentrasi tinggi dengan kandungan nitrogen, oksigen, dan Cu<sup>2+</sup> yang rendah (Hanson dan Hanson, 1996).

Beberapa bakteri *metanotrof* memiliki kemampuan untuk memfiksasi N<sub>2</sub> sebagai sumber nitrogen. Pada awalnya, hanya bakteri *metanotrof* tipe II dan X yang diketahui memiliki kemampuan tersebut (Murrell J.C., 2010), namun penelitian Auman *et al.* (2001) membuktikan bahwa kemampuan fiksasi N<sub>2</sub> tersebar secara luas pada berbagai jenis bakteri *metanotrof*, termasuk tipe I dan tipe II. Kelompok bakteri *metanotrof* tipe I dan II memiliki gen *nifH* dan juga menunjukkan aktivitas nitrogenase dengan rentang antara 0,4 dan 3,3 nmol menit<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> protein. Menurut Dedysh *et al.* (2004), bakteri *metanotrof* asidofilik, seperti *Methylocella* dan *Methylocapsa* yang termasuk dalam kelompok Alphaproteobacteria, diketahui memiliki gen *nifH* dan *nifD* yang mengodekan kompleks enzim nitrogenase.

Bakteri *metanotrof* memiliki kemampuan untuk mengikat N<sub>2</sub> ditingkat tekanan oksigen (pO<sub>2</sub>) yang spesifik. Murrell J.C. (2010) melaporkan bahwa Bakteri *metanotrof* tipe II, seperti *Methylococcus capsulatus* Bath, menunjukkan

tingkat kepekaan yang lebih rendah terhadap oksigen dibandingkan dengan bakteri *metanotrof* tipe X. Fiksasi N<sub>2</sub> oleh bakteri *metanotrof* tipe II dapat tetap berlangsung pada tekanan oksigen hingga 0,2 bar, sementara *Methylococcus capsulatus* Bath mengalami hambatan dalam fiksasi N<sub>2</sub> pada tekanan oksigen di atas 0,15 bar (Dedysh *et al.* 2004).

Penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa isolat bakteri *metanotrof*, yaitu *M. rosea* BGM1, *M. parvus* BGM3, *M. capsulatus* BGM9, dan *Methylobacter sp.* SKM14, memiliki kemampuan dalam memfiksasi N<sub>2</sub>. Kemampuan ini dapat diamati melalui akumulasi ammonium yang terjadi secara *in vitro*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *M. rosea* BGM1, *M. parvus* BGM3, *M. capsulatus* BGM9, dan *Methylobacter sp.* SKM14 mampu mengakumulasi ammonium sebesar 46, 39, 47, dan 15 µM secara berturut-turut setelah 14 hari inkubasi pada suhu ruang (Sagala 2009).

### **2.3 Pupuk Anorganik**

Peningkatan produksi dari segi budidaya dilakukan dengan pemberian pupuk anorganik terutama pupuk unsur makro tanpa adanya penambahan bahan organik. Penggunaan pupuk kimia yang secara terus menerus tanpa diikuti pemberian pupuk organik dapat menurunkan kualitas sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Penambahan bahan organik khususnya pada tanah sawah sangat diperlukan karena, 95% lahan- lahan pertanian di Indonesia mengandung bahan organik kurang dari 1%, padahal batas minimal kandungan bahan organik yang dianggap layak untuk lahan pertanian adalah 4 - 5% (Musnamar, 2006).

Pertanian organik belum dapat diterapkan secara murni. Pada tahap awal penerapan pertanian organik masih perlu dilengkapi dengan pupuk anorganik, hal ini disebabkan karena pada pupuk organik mengandung kadar unsur hara sangat rendah sehingga memerlukan dosis yang sangat tinggi yang menyebabkan kurang ekonomis. Pupuk anorganik masih tetap diperlukan agar takaran pupuk organik tidak terlalu banyak diberikan (Sutanto, 2002).

Pupuk anorganik merupakan pupuk yang dibuat di pabrik secara kimia. Pupuk anorganik dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah hara yang menyusunnya, yaitu pupuk tunggal dan pupuk majemuk. Pupuk tunggal merupakan pupuk yang mengandung hanya satu unsur hara. Contoh pupuk tunggal adalah urea (N), SP-26 (super fosfat-unsur P) dan KCl (Kalium Chlorat-unsur K) Sedangkan pupuk majemuk merupakan pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur. Pupuk memenuhi syarat sebagai pupuk majemuk NPK apabila total pupuk N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan K<sub>2</sub>O minimal 30%. Contoh pupuk majemuk Phonska 15-15-15, Pelangi 20-10-10, dan Mutiara 16-16-16. Pupuk majemuk juga dapat ditambah dengan hara S, Mg atau unsur hara mikro (Cu dan Zn) (Kasno, 2000).

Pupuk urea adalah jenis pupuk kimia yang sangat populer dan umum digunakan dalam pertanian. Ini merupakan pupuk nitrogen berbentuk granul yang mengandung kadar nitrogen yang tinggi dalam bentuk amonium karbonat. Nitrogen adalah unsur penting dalam pertumbuhan tanaman dan merupakan elemen utama dalam pembentukan protein, enzim, klorofil, dan berbagai zat penting lainnya bagi tanaman. Pupuk urea biasanya berwarna putih dan berbentuk butiran kecil atau bulat. Hal ini memudahkan dalam penanganan dan aplikasi pada tanaman. Pupuk

urea larut dalam air, sehingga mudah diserap oleh akar tanaman dan digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhan optimal (FAO, 2018).

Pupuk fosfat adalah jenis pupuk yang mengandung unsur fosfor (P) yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Fosfor adalah salah satu unsur hara makro yang diperlukan oleh tanaman untuk berbagai proses metabolik. Beberapa fungsi penting pupuk fosfat dalam pertanian, yakni peningkatan pertumbuhan akar, pembentukan biji dan buah, pembentukan energi, transfer energi dan pengaturan proses biologis (Bie *et al.*, 2019)

Pupuk kalium adalah jenis pupuk yang mengandung unsur kalium (K) yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kalium adalah salah satu unsur hara makro yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah besar. Beberapa fungsi penting pupuk kalium dalam pertanian, yakni regulasi tekanan osmosis, pengaturan translokasi karbohidrat, stimulasi pertumbuhan akar, aktivasi enzim dan proses metabolik, toleransi terhadap stress biotik dan abiotik, dan peningkatan kualitas buah (Wang *et al.*, 2013).