

**PENGARUH BAKTERI *Paenibacillus polymixa* DAN  
JAMUR *Trichoderma* sp. TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL  
PANEN TANAMAN KEDELAI *Glycine max* (L.) Merr.**

**ANNISYA MEILANI AMELIA  
H041 18 1309**



**DEPARTEMEN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH BAKTERI *Paenibacillus polymixa* DAN  
JAMUR *Trichoderma* sp. TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL  
PANEN TANAMAN KEDELAI *Glycine max* (L.) Merr.**

**Disusun dan diajukan oleh :  
ANNISYA MEILANI AMELIA  
H041181309**

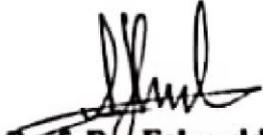
**Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam Rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Biologi Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 30 Juni 2022  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan**

**Menyetujui**

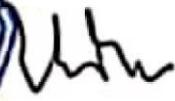
**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pertama**

  
**Dr. Hj. A. Masniawati., M.Si**  
**NIP. 197002131996032001**

  
**Prof. Dr. Fahrudin, M.Si**  
**NIP. 196509151991031002**

**Ketua Program Studi**

  
  
**Dr. Nur Haedar, M.Si**  
**NIP. 196801291997022001**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Annisya Meilani Amelia  
NIM : H041181309  
Departemen : Biologi  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul :

Pengaruh Bakteri *Paenibacillus polymixa* dan Jamur *Trichoderma* sp. Terhadap  
Pertumbuhan dan Hasil Panen Tanaman Kedelai *Glycine max* (L.) Merr.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari skripsi saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta, maka saya siap menerima sanksi.

Makassar, 1 Juni 2022

Yang Menyatakan



Annisya Meilani Amelia

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh*

Alhamdulillah rabbil'alamin segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat, karunia dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Sholawat dan salam tak lupa pula dihaturkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW. Nabi yang telah menjadi suri tauladan dan sosok pemimpin yang sangat agung bagi umat Islam di seluruh dunia, serta telah menyebarkan ajaran Islam yang membawa manusia dari zaman jahiliyah (kebodohan) menuju zaman yang dipenuhi dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Sehingga penulis mampu merampungkan skripsi yang berjudul "Pengaruh Bakteri *Paenibacillus polymixa* dan Jamur *Trichoderma* sp. Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Tanaman Kedelai *Glycine max* (L.) Merr." dengan baik dan maksimal.

Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang diajukan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan program pendidikan Sarjana (S1) dibawah naungan Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Dalam upaya penyelesaian skripsi ini tak lepas dari banyaknya dukungan, baik secara moril maupun materil yang diberikan kepada penulis. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua yakni Ibu Hj. Hasni, S.E dan bapak AIPDA Mukhlis yang selalu memberikan motivasi, dorongan, semangat, doa, dan ridho yang tak terhingga kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan studi dan skripsi

ini dengan baik. Tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada keluarga besar dan kerabat yang telah menemani selama proses perkuliahan hingga saat ini.

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada ibu Dr. Hj. A. Masniawati, M.Si selaku pembimbing utama dan bapak Prof. Dr. Fahrudin, M.Si selaku pembimbing pertama, atas setiap ilmu, motivasi, perhatian, dan waktu yang diberikan dalam membimbing dan mengarahkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Banyak kendala dan rintangan yang penulis hadapi selama proses perkuliahan hingga pada titik penyusunan skripsi ini, namun hal tersebut menjadi lebih mudah berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang paling tulus dan terdalam kepada :

- Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta jajarannya.
- Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- Ibu Dr. Nur Haedar, M.Si. selaku Ketua Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Bapak Drs. Muhammad Ruslan Umar, M.Si. selaku Penasehat Akademik (PA), yang senantiasa memberikan arahan kepada penulis sejak penulis memulai studi hingga selesai.
- Kepada bapak Drs. Muhammad Ruslan Umar, M.Si. dan ibu Dr. Rosana Agus, M.Si selaku Tim Penguji yang selalu meluangkan waktunya untuk memberikan kritik dan saran yang tentunya sangat bermanfaat bagi penulis.

- Bapak/Ibu Dosen dan pegawai staf Departemen Biologi yang senantiasa membantu penulis sehingga dapat mencapai gelar sarjana.
- Kepada ibu Mariani, tante sekaligus partner saya dalam penelitian ini yang senantiasa memberikan masukan dan material hingga telah berhasil melakukan penelitian ini sampai tuntas.
- Kepada Kantor UPT BPTPH Maros, Kantor UPT BPSBTPH Maros dan Kantor BMKG Maros yang telah turut berpartisipasi dalam membantu mensukseskan penelitian ini.
- Saudara-saudara Bioaffinity18 dan Biologi 2018 yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala dukungan dan pengalaman yang tidak dapat dilupakan oleh penulis selama masa perkuliahan sampai saat ini.
- Kepada Sri Utami, Khaeriah, Karlinda, dan Suliana. Penulis ucapkan banyak terima kasih sebanyak-banyaknya atas segala bantuan, dukungan dan waktunya yang telah diberikan kepada penulis sampai saat ini.
- Kepada Sarmila Sinta sebagai teman seperjuangan penulis dari awal perkuliahan sampai saat ini. Terima kasih karena selalu ada setiap penulis membutuhkan bantuan dan telah menjadi teman makan bakso penulis selama perkuliahan.
- Kepada Allang, terima kasih karena sudah menjadi tempat untuk berbagi cerita dan seluruh keluh kesah yang dialami oleh penulis selama menghadapi rintangan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

*Wassalamu 'alaikum Warrohmatullahi Wabarokatoh.*

## ABSTRAK

Kedelai *Glycine max* (L.) Merr merupakan salah satu komoditas pangan yang unggul setelah tanaman padi dan jagung karena mengandung sumber protein nabati yang tinggi dan rendah kolesterol. Permintaan pasar global terhadap kedelai juga cukup tinggi, namun produksi kedelai di Indonesia masih sangat rendah. Oleh karena itu kedelai berpeluang besar untuk ditingkatkan produksinya. Banyak faktor yang mempengaruhi rendahnya produksi kedelai. Penggunaan pupuk anorganik dalam jangka panjang akan menurunkan kesuburan tanah dan menurunkan produktivitas lahan, sehingga hasil tanaman juga menjadi rendah. Oleh karena itu, pemanfaatan bakteri *Paenibacillus polymixa* dan jamur *Trichoderma* sp. sebagai agensi hayati adalah salah satu cara untuk menjaga kesuburan tanah dan produktivitas lahan serta mendukung dalam pertumbuhan tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bakteri *Paenibacillus polymixa* dan jamur *Trichoderma* sp. berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman kedelai *Glycine max* (L.) Merr. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor dengan 8 perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga didapatkan 24 unit percobaan. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa bakteri *Paenibacillus polymixa* dan jamur *Trichoderma* sp. memberikan pengaruh nyata terhadap kedelai yakni parameter tinggi tanaman, jumlah daun dan umur berbunga. Hasil pengukuran tinggi tanaman tertinggi hingga umur 40 HST adalah perlakuan AB (varietas Argomulyo dengan bakteri *P. polymixa*). Hasil perhitungan jumlah daun terbanyak hingga umur 40 HST adalah perlakuan DB (varietas Devon dengan bakteri *P. polymixa*). Adapun umur berbunga paling cepat adalah perlakuan AB (varietas Argomulyo dengan bakteri *P. polymixa*). Sedangkan untuk parameter jumlah bunga, jumlah polong, berat biji dan jumlah bintil akar tidak memberikan pengaruh nyata. Walaupun demikian, perlakuan bakteri *P. polymixa* dan jamur *Trichoderma* sp. memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman kedelai tanpa diberikan perlakuan. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa perlakuan bakteri *Paenibacillus polymixa* yang paling baik digunakan sebagai agensi hayati untuk mendukung pertumbuhan tanaman kedelai.

Kata kunci : Kedelai, Agensi Hayati, *Paenibacillus polymixa*, *Trichoderma* sp.

## ABSTRACT

Soybean *Glycine max* (L.) Merr is one of the superior food commodities after rice and corn because it contains a high source of vegetable protein and low cholesterol. Global market demand for soybeans is also quite high, but soybean production in Indonesia is still very low. Therefore, soybeans have a great opportunity to increase their production. Many factors affect the low production of soybeans. The use of inorganic fertilizers in the long term will reduce soil fertility and reduce land productivity, so that crop yields are also low. Therefore, the use of the bacteria *Paenibacillus polymixa* and the fungus *Trichoderma* sp. as a biological agent is one way to maintain soil fertility and land productivity and support plant growth. The purpose of this study was to determine the bacteria *Paenibacillus polymixa* and the fungus *Trichoderma* sp. effect on the growth and yield of soybean plants *Glycine max* (L.) Merr. This study used a 2-factor Completely Randomized Design (CRD) with 8 treatments and each treatment was repeated 3 times so that 24 experimental units were obtained. Based on the research results, it is known that the bacteria *Paenibacillus polymixa* and the fungus *Trichoderma* sp. had a significant effect on soybeans, namely the parameters of plant height, number of leaves and age of flowering. The result of measuring the highest plant height until the age of 40 DAP was treatment with AB (Argomulyo variety with *P. polymixa* bacteria). The result of the calculation of the highest number of leaves until the age of 40 DAP was the treatment of DB (Devon variety with *P. polymixa* bacteria). The fastest flowering age was the AB treatment (Argomulyo variety with *P. polymixa* bacteria). Meanwhile, the parameters of the number of flowers, the number of pods, the weight of the seeds and the number of root nodules did not have a significant effect. However, the treatment of *P. polymixa* bacteria and *Trichoderma* sp. gave better yields than soybeans without treatment. Based on these results, it can be seen that the best treatment for *Paenibacillus polymixa* is used as a biological agent to support the growth of soybean plants.

Keywords : Soybean, Biological Agents, *Paenibacillus polymixa*, *Trichoderma* sp.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	4
I.3 Manfaat Penelitian.....	4
I.4 Waktu dan Tempat.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
II.1 Botani Tanaman Kedelai.....	6
II.1.1 Akar (Radix).....	7
II.1.2 Batang (Caulis).....	8
II.1.3 Daun (Folium).....	9
II.1.4 Bunga (Flos).....	10
II.1.5 Polong.....	11
II.2 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai.....	11
II.2.1 Iklim.....	12
II.2.2 Tanah.....	13
II.3 Manfaat Kedelai.....	13
II.4 Agensi Hayati.....	15
II.4.1 <i>Paenibacillus polymixa</i> .....	16
II.4.2 <i>Trichoderma</i> sp.....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
III.1 Alat.....	20
III.2 Bahan.....	20
III.3 Metode Kerja.....	20
III.3.1 Persiapan Media Tanam.....	20
III.3.2 Persiapan Bahan.....	21
III.3.3 Jenis Perlakuan.....	21
III.3.4 Penanaman.....	23
III.3.5 Pemeliharaan.....	23
III.3.6 Parameter Pengamatan.....	24
III.3.7 Analisis Data.....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
IV.1 Tinggi Tanaman.....	26
IV.2 Jumlah Daun.....	30

IV.3 Umur Berbunga.....	34
IV.4 Jumlah Bunga.....	36
IV.5 Jumlah Polong.....	38
IV.6 Berat Biji Pertanaman.....	40
IV.7 Jumlah Bintil Akar.....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>46</b>
V.1 Kesimpulan.....	46
V.2 Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Tanaman Kedelai dan Biji Kedelai.....	6
<b>Gambar 2.</b> Tinggi Tanaman Kedelai Umur 8, 15, 23, 32, 40 HST.....	28
<b>Gambar 3.</b> Jumlah Daun Tanaman Kedelai Umur 8, 15, 23, 32, 40 HST.....	32
<b>Gambar 4.</b> Umur Berbunga Tanaman Kedelai.....	35
<b>Gambar 5.</b> Jumlah Bunga Tanaman Kedelai.....	37
<b>Gambar 6.</b> Jumlah Polong Tanaman Kedelai.....	39
<b>Gambar 7.</b> Berat Biji Tanaman Kedelai.....	41
<b>Gambar 8.</b> Jumlah Bintil Akar Tanaman Kedelai.....	44

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Rincian Perlakuan.....	22
<b>Tabel 2.</b> Pengaruh Agen Hayati <i>Paenibacillus polymixa</i> dan <i>Trichoderma</i> sp. Terhadap Tinggi Tanaman Kedelai (cm) Umur 8, 15, 23, 32 dan 40 HST.....	27
<b>Tabel 3.</b> Pengaruh Agen Hayati <i>Paenibacillus polymixa</i> dan <i>Trichoderma</i> sp Terhadap Jumlah Daun Kedelai (helai) Umur 8, 15, 23, 32 dan 40 HST.....	31
<b>Tabel 4.</b> Pengaruh Agensi Hayati <i>Paenibacillus polymixa</i> dan <i>Trichoderma</i> sp. Terhadap Umur Berbunga Tanaman Kedelai.....	43
<b>Tabel 5.</b> Pengaruh Agensi Hayati <i>Paenibacillus polymixa</i> dan <i>Trichoderma</i> sp. Terhadap Jumlah Bunga Tanaman Kedelai.....	36
<b>Tabel 6.</b> Pengaruh Agensi Hayati <i>Paenibacillus polymixa</i> dan <i>Trichoderma</i> sp. Terhadap Jumlah Polong Tanaman Kedelai.....	38
<b>Tabel 7.</b> Pengaruh Agensi Hayati <i>Paenibacillus polymixa</i> dan <i>Trichoderma</i> sp. Terhadap Berat Biji Tanaman Kedelai.....	41
<b>Tabel 8.</b> Pengaruh Agensi Hayati <i>Paenibacillus polymixa</i> dan <i>Trichoderma</i> sp. Terhadap Jumlah Bintil Akar Tanaman Kedelai.....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Tanaman Kedelai Varietas Argomulyo.....	50
Lampiran 2. Deskripsi Tanaman Kedelai Varietas Devon.....	51
Lampiran 3. Data Pengukuran Tinggi Tanaman Kedelai 8 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	52
Lampiran 4. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Kedelai 8 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	52
Lampiran 5. Data Pengukuran Tinggi Tanaman Kedelai 15 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	53
Lampiran 6. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Kedelai 15 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	53
Lampiran 7. Data Pengukuran Tinggi Tanaman Kedelai 23 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	54
Lampiran 8. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Kedelai 23 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	54
Lampiran 9. Data Pengukuran Tinggi Tanaman Kedelai 32 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	55
Lampiran 10. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Kedelai 32 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	55
Lampiran 11. Data Pengukuran Tinggi Tanaman Kedelai 40 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	56
Lampiran 12. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Kedelai 40 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	56
Lampiran 13. Data Jumlah Daun Tanaman Kedelai 8 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	57
Lampiran 14. Sidik Ragam Jumlah Daun Tanaman Kedelai 8 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	57
Lampiran 15. Data Jumlah Daun Tanaman Kedelai 15 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	58
Lampiran 16. Sidik Ragam Jumlah Daun Tanaman Kedelai 15 HST Terhadap Pengaruh Bakteri Paenibacillus polymixa dan Jamur Trichoderma sp.....	58

Lampiran 17. Data Jumlah Daun Tanaman Kedelai 23 HST Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	59
Lampiran 18. Sidik Ragam Jumlah Daun Tanaman Kedelai 23 HST Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	59
Lampiran 19. Data Jumlah Daun Tanaman Kedelai 32 HST Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	60
Lampiran 20. Sidik Ragam Jumlah Daun Tanaman Kedelai 32 HST Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	60
Lampiran 21. Data Jumlah Daun Tanaman Kedelai 40 HST Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	61
Lampiran 22. Sidik Ragam Jumlah Daun Tanaman Kedelai 40 HST Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	61
Lampiran 23. Data Umur Berbunga Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	62
Lampiran 24. Sidik Ragam Umur Berbunga Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	62
Lampiran 25. Data Jumlah Berbunga Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	63
Lampiran 26. Sidik Ragam Jumlah Bunga Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	63
Lampiran 27. Data Jumlah Polong Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	64
Lampiran 28. Sidik Ragam Jumlah Polong Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	64
Lampiran 29. Data Berat Biji Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	65
Lampiran 30. Sidik Ragam Berat Biji Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	65
Lampiran 31. Data Jumlah Bintil Akar Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	66
Lampiran 32. Sidik Ragam Jumlah Bintil Akar Tanaman Kedelai Terhadap Pengaruh Bakteri <i>Paenibacillus polymixa</i> dan Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	66

Lampiran 33. Data Suhu Bulanan Rata-Rata.....	67
Lampiran 34. Data Kelembaban Udara Bulanan Rata-Rata.....	68
Lampiran 35. Data Curah Hujan Bulanan Rata-Rata.....	69
Lampiran 36. Dokumentasi Penelitian.....	71

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Saat ini dalam sektor pertanian telah banyak dibudidayakan tanaman-tanaman yang bermanfaat sebagai strategi penunjang kebutuhan ekonomi dan pangan manusia terutama di Indonesia sebagai negara agraris. Salah satu komoditas pangan yang memiliki keunggulan setelah tanaman padi dan jagung, yaitu tanaman kedelai *Glycine max* (L.) Merr. Hal tersebut dianggap demikian karena kedelai mengandung sumber protein nabati yang tinggi dan rendah kolesterol. Protein yang terkandung dalam kedelai berkisar antaranya 30-50% dengan 100 gram kedelai mengandung energi sebesar 381 kkal, protein 40 gram, lemak 12,7 gram, dan karohidrat 249 gram (Tanuwijaya *et al.* 2016; Indriani *et al.* 2021).

Kacang kedelai bisa diolah untuk menghasilkan berbagai produk yang dibutuhkan oleh manusia. Kedelai yang masih muda, dalam bentuk polong bewarna hijau dapat dikonsumsi sebagai sayuran. Selain itu kedelai sebagai sumber protein juga populer dikonsumsi masyarakat sebagai pendamping saat memakan nasi dalam bentuk tempe dan tahu. Produk lain dari kedelai juga dapat berupa susu kedelai, kecap, tauco, tepung kedelai, dan masih banyak lagi pemanfaatan lain. Tidak hanya sebagai sumber pangan untuk manusia, kedelai dengan kandungan proteinnya juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dan juga dapat digunakan sebagai pakan ternak, pakan unggas, dan pakan ikan (Baker *et al.* 2011; Khan *et al.* 2014).

Negara Indonesia mengalami peningkatan terhadap permintaan akan kebutuhan kedelai tiap tahunnya, namun hal tersebut tidak berbanding lurus

dengan jumlah hasil produksi kedelai yang tidak begitu mengalami peningkatan. Untuk itu, perlu dilakukan kegiatan impor kedelai dari negara lain. Terjadinya fluktuasi dari hasil panen tanaman kedelai di Indonesia dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti perubahan cuaca, minimnya pengetahuan dan pemahaman tentang perlunya dilakukan upaya pencegahan serta, perlakuan untuk mencegah dan mengatasi penyakit yang baik dan benar terhadap tanaman kedelai. Permasalahan mengenai rendahnya produktivitas tanaman kedelai juga dapat disebabkan akibat adanya gangguan penyakit tanaman. Pada saat ini diketahui terdapat sekitar kurang lebih 20 jenis penyakit yang menyerang tanaman kedelai yang dapat diakibatkan oleh serangan bakteri, jamur, virus, dan mikroplasma patogen lainnya. Beberapa jenis penyakit yang biasa menyerang tanaman kedelai yakni penyakit karat daun, mosaik, bercak daun, hawar, dan masih banyak lagi penyakit lainnya yang dapat menimbulkan terjadinya kerugian terhadap pertumbuhan dan hasil panen kedelai (Saleh, 2004)

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk dapat memaksimalkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kedelai yakni dengan jalan melakukan perbaikan pembudidayaan, terlebih lagi melalui penggunaan varietas bibit kedelai yang lebih unggul, juga pengaplikasian pupuk hayati dan agensi hayati yang bersifat lebih ramah lingkungan dan aman digunakan sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman kedelai. Saat ini telah terdapat jumlah dari varietas unggul kedelai yang mencapai kurang lebih 70 jenis diantaranya yaitu varietas Agromulyo, Devon, Grobong, dan Wilis (Nusantara *et al.* 2019).

Menurut Pranata (2010) bahwa akibat penggunaan pupuk anorganik dalam penanaman kedelai lambat laun dapat mengakibatkan tekstur tanah menjadi lebih

keras dengan pori-pori tanah yang memadat, sehingga hal tersebut menjadikan akar sulit untuk menembus tanah dan juga membuat keseimbangan unsur hara menjadi terganggu (Muslikah *et al.* 2016). Terlebih lagi, pengaplikasian pupuk anorganik dan peptisida kimia secara berlebih memungkinkan terjadinya penurunan karakteristik unsur biologi tanah, sehingga dapat mengakibatkan aktivitas dari mikroorganisme menjadi terhalang dan berimbas buruk terhadap keseimbangan ekosistem.

Agensi hayati atau pengendali hayati berbasis mikroorganisme antagonis merupakan salah satu pengendalian yang dapat digunakan karena bersifat aman dan ramah lingkungan. Mikroorganisme bersifat antagonis yang digunakan sebagai agensi hayati dapat berpotensi baik dalam meminimalisir serangan patogen dan dapat beradaptasi dengan sistem perakaran tanaman. Pengendalian dengan agensi hayati secara preventif perlu untuk dilakukan guna untuk mengurangi resiko terjangkitnya penyakit dan penyerangan hama pada tanaman kedelai yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan hingga penurunan hasil produksi kedelai. Dengan penggunaan agensi hayati tidak menimbulkan residu dan mampu meningkatkan resistensitas tanaman dari serangan penyakit (Lestari *et al.* 2021).

Salah satu jenis agensi hayati berupa bakteri yang dapat digunakan adalah bakteri *Paenibacillus polymixa*. Jenis bakteri ini dapat bermanfaat bagi pertumbuhan tumbuhan termasuk kedelai dalam memfiksasi nitrogen, pelarut fosfor tanah, promotor pertumbuhan tanaman dengan memproduksi hormon, enzim hidrolitik, dan antibiotik, serta dapat berperan sebagai agen kompetitor bagi patogen tanaman terhadap unsur haranya. Menurut Reza *et al.* (2008) bahwa hasil

antibiotik yang dihasilkan dari bakteri *Paenibacillus polymixa* memiliki peranan yang lebih efektif sebagai pengendali patogen tanaman (Kantikoati *et al.* 2018).

Selain dari golongan bakteri, agensi hayati dapat pula berupa jamur. Salah satu contoh agensi hayati dari jamur yakni jamur *Trichoderma* sp. Jamur *Trichoderma* sp. adalah genus dari cendawan yang dapat digunakan sebagai agensi hayati yang mampu mengendalikan patogen karena memiliki sifat antagonis bagi organisme yang bersifat patogen penyebab penyakit pada tanaman. *Trichoderma* sp. sebagai antagonis memiliki mekanisme untuk menghambat pertumbuhan patogen dengan melakukan kompetisi, bersifat parasit dan antibiosis, serta mampu melakukan pelisisan. Mekanisme tersebut dapat terjadi karena jamur ini mampu mengeluarkan toksin yang mampu untuk menghambat pertumbuhan hingga membunuh patogen tersebut. Walaupun dengan toksin yang dihasilkannya, jenis jamur ini dapat digunakan sebagai alternatif pengendali patogen karena bersifat aman dan ramah lingkungan (Dwiastuti *et al.* 2015).

Dengan demikian, maka dilakukan penelitian ini untuk dapat mengetahui bagaimana pengaruh agensi hayati berupa bakteri *Paenibacillus polymixa* dan jamur *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman kedelai.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bakteri *Paenibacillus polymixa* dan jamur *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman kedelai *Glycine max* (L.) Merr.

## **I.3 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah dapat menjadi sumber informasi ilmiah mengenai penggunaan agensi hayati bakteri *Paenibacillus*

*polymixa* dan jamur *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman kedelai *Glycine max* (L.) Merr.

#### **I.4 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan November 2021 sampai dengan bulan Februari 2022 yang dilakukan di Laboratorium Agensi Hayati, Unit Pelaksana Teknis Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura (UPT BPTPH) Maros dan di *Green House* Kantor Unit Pelaksana Teknis Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (UPT BPSBTPH) Maros, Sulawesi Selatan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Botani Tanaman Kedelai**

Kedelai *Glycine max* (L.) Merr merupakan salah satu tanaman yang diyakini asal usul budidayanya berasal dari Cina. Manusia telah membudidayakan tanaman kedelai sejak tahun 2.500 SM. Seiring dengan berkembangnya zaman dan majunya sistem perdagangan yang meluas hingga antar negara, mengakibatkan perdagangan kedelai juga ikut meluas di beberapa negara yang terjadi sekitar awal abad ke-19. Dari Cina, tanaman ini mulai diperkenalkan ke wilayah lain seperti Asia termasuk di Jepang, Indonesia, Filipina, Vietnam, Thailand, Malaysia, Myanmar, Nepal, dan India Utara (Singh, 2010). Adapun pembudidayaan dan penyebaran kedelai mulai masuk dan dikenal di Negara Indonesia pada abad ke-16. Kedelai (Gambar 1) awalnya mulai dibudidayakan di Pulau Jawa lalu berkembang luas ke seluruh wilayah Negara Indonesia termasuk Pulau Sulawesi. Tanaman kedelai merupakan tumbuhan musiman yang memiliki ciri umum pertumbuhan yakni tumbuh tegak dan membentuk semak dengan komponen utama dalam morfologinya yaitu akar, batang, daun, biji dan polong.



**Gambar 1. Tanaman Kedelai dan Biji Kedelai**  
(Nnattalli, 2019)

Menurut Rukmana dan Yudirachman (2014) tanaman kedelai memiliki pengklasifikasian yakni:

Regnum : Plantae

Subregnum : Tracheobionta

Super Divisio : Spermatophyta

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Dicotyledonae

Ordo : Fabales

Familia : Fabaceae

Genus : *Glycine*

Species : *Glycine max* (L.) Merrill atau *Glycine soya* Benth.

### **II.1.1 Akar (Radix)**

Akar tanaman kedelai terdiri dari atas sistem perakaran tunggang dan sistem perakaran sekunder (serabut) yang tumbuh dan berasal dari akar tunggang. Akar tanaman kedelai berasal dari belahan kulit biji yang mulai muncul di sekitar misofil. Kemudian calon akar tersebut akan tumbuh secara cepat di bagian bawah tanah, adapun kotiledonnya yang tersusun atas dua keping yang akan terangkat ke atas permukaan tanah yang diakibatkan karena terjadinya pertumbuhan secara intensif dari hipokotil (Wawan *et al.*, 2006). Selain dari itu, tanaman kedelai juga biasanya sering membentuk akar adventif yang asal pertumbuhannya dari bagian bawah hipokotil. Pemicu terbentuknya akar adventif diakibatkan oleh adanya cekaman tertentu contohnya yaitu kadar air tanah yang terlalu tinggi (Rukmana dan Yudirachman, 2014).

Perkembangan akar dari tanaman kedelai dapat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia tanah seperti jenis tanah yang digunakan, cara pengolahan tanah, kandungan unsur hara dan ketersediaan air dalam tanah. Pembentukan akar serabut yang berasal dari ujung akar tunggang akan terjadi sekitar 3-4 hari setelah terjadinya perkecambahan dan akan semakin bertambah seiring dengan pementukan akar-akar muda lainnya (Rukmana dan Yudirachman, 2014).

Pada perakaran kedelai juga didapatkan simbiosis oleh akar dengan bakteri nodul akar *Rhizobium japonicum* membentuk suatu bintil akar. Bintil akar terbentuk oleh *Rhizobium* ketika tanaman kedelai masih muda, yakni setelah rambut akar terbentuk pada akar utama atau percabangan akar atau sekitar 15-20 hari setelah tanam. Bintil akar terbentuk karena adanya ragsangan pada permukaan akar, sehingga menyebabkan bakteri akan masuk ke akar dan mengalami pertumbuhan yang cepat. Pembentukan bintil akar dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ketersediaan nitrogen dalam tanah, keberadaan bakteri *Rhizobium*, pH, kelembaban, dan salinitas tanah. Bintil akar dapat berperan dalam meningkatkan pertumbuhan dan kesuburan tanaman kedelai karena memiliki kemampuan untuk mengikat nitrogen bebas di udara untuk dapat digunakan tanaman (Kumalasari *et al.* 2013).

### **II.1.2 Batang (Caulis)**

Hipokotil yang berasal dari proses perkecambahan adalah bagian yang akan membentuk batang. Batang tanaman kedelai tidak berkayu, memiliki batang perdu atau semak, bercabang, berbentuk bulat tegak dan biasanya bewarna hijau tua dengan panjang bervariasi sekitar 30-100 cm (Rianto, 2016). Percabangan batang kedelai berjumlah 3-6 percabangan tergantung dari jenis varietasnya.

Pertumbuhan batang tanaman kedelai terbagi menjadi beberapa tipe yakni tipe *determinate* dan *indeterminate* yang didasarkan atas adanya keberadaan bunga pada pucuk batang. Untuk tipe *determinate* pertumbuhan batangnya sudah tidak mengalami pertumbuhan ketika tanaman sudah mulai berbunga atau ditumbuhi polong. Sedangkan untuk tipe *interminate*, pucuk batang tanaman masih dapat mengalami pertumbuhan daun walaupun tanaman sudah berbunga. Adapun didapatkan beberapa hasil persilangan varietas yang memiliki tipe pertumbuhan batang yang mirip dengan kedua tipe tersebut sehingga dapat digolongkan menjadi tipe semi *determinate* atau semi *indeterminate* (Irwan, 2006).

### **II.1.3 Daun (Folium)**

Daun merupakan organ vegetatif tumbuhan yang memiliki fungsi penting dalam fotosintesis kedelai sehingga dianggap sebagai faktor penentu produksi kedelai. Fungsi daun adalah menunjang proses asimilasi, respirasi dan transpirasi. Tanaman kedelai memiliki tipe daun yaitu daun majemuk dengan tiga helai anak daun (*trifoliate*) yang pada umumnya bewarna hijau atau hijau kekuning-kuningan. Daunnya ada yang berbentuk lancip, bulat dan berbentuk lonjong serta terdapat perpaduan bentuk daun misalnya antara lonjong dan lancip. Perbedaan bentuk daun ini dapat dipengaruhi oleh faktor genetik dan jenis varietas. Daun tanaman kedelai berbulu pendek dengan warna yang cerah dan jumlahnya bervariasi tergantung varietasnya. Adapun lebar dan tipisnya bulu pada daun tanaman kedelai tergantung dari tingkat toleransi tiap varietas tanaman kedelai terhadap serangan jenis hama tertentu. Daun kedelai dibagi atas empat tipe, yaitu kotiledon atau daun biji, dua helai daun primer sederhana, daun bertiga, dan profila (Adie dan Krisnawati, 2013).

#### **II.1.4 Bunga (Flos)**

Tanaman jenis kacang-kacangan terutama tanaman kedelai memiliki dua stadia tumbuh yakni stadia vegetatif dan stadia reproduktif. Stadia vegetatif berlangsung saat tanaman berkecambah hingga mulai berbunga, adapun untuk stadia reproduktif terjadi saat pembentukan bunga hingga pemasakan biji. Tanaman kedelai sebagian besar mulai berbunga pada umur antara 5-7 minggu (Adisarwanto, 2008). Kedelai adalah jenis tanaman yang melakukan penyerbukan sendiri atau bersifat kleistogami. Adapun penyerbukannya terjadi ketika mahkota bunga masih dalam keadaan tertutup sehingga mengakibatkan kemungkinan kecil untuk terjadinya kawin silang. Polen dari anter akan jatuh langsung pada stigma bunga yang sama. Proses pembentukan bunga pada tanaman kedelai dapat dipengaruhi oleh suhu yang tinggi, kelembaban rendah, dan intensitas cahaya yang akan merangsang pementukan bunga (Adisarwanto, 2006). Tanaman kedelai mempunyai bunga sempurna yang dalam artian setiap satu bunga terdapat alat kelamin berjenis jantan (benanga sari) dan berjenis kelamin betina (putik). Ciri khas bunganya yakni bewarna ungu atau putih dengan bentuk yang menyerupai kupu-kupu, berada dalam tandan atau ruas-ruas batang, berukuran sekitar 6-7 mm (Septiatin, 2012). Tangkai bunga tumbuh dari ketiak daun (rasim) dengan jumlah bunga tiap ketiak tangkai daun berkisar antara 2-25 kuntum tergantung kondisi lingkungan tumbuh dan jenis varietas. Setiap ketiak tangkai daun yang memiliki kuncup bunga dapat berkembang menjadi polong disebut buku subur (Rukmana dan Yudirachman, 2014).

### **II.1.5 Polong**

Hasil dari buah kedelai berbentuk polong, yang dimana proses pematangan buah tersebut berasal dari polong yang awalnya bewarna hijau akan berubah menjadi agak kecoklatan setelah matang. Polong pertama dapat terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Banyaknya polong yang dapat terbentuk dalam satu pembungaan berkisar antara 2-20 buah polong (Adie dan Krisnawati, 2013). Pembentukan dan pembesaran polong akan terjadi sejalan dengan bertambahnya jumlah bunga yang terbentuk dan lama umur tanaman. Satu tanaman kedelai dapat untuk menghasilkan polong sekitar 50-100 dengan perpolong akan berisi sekitar 1-5 biji kedelai tergantung dari jenis varietas yang ditanaman dan faktor lingkungan saat tumbuh. Polong pada tanaman kedelai berbentuk berlekuk lurus atau ramping dengan panjang sekitar 2-7 cm dan terdapat bulu halus di sekitar permukannya. Polong tersusun bersegem-segmen yang berisikan biji. Biji kedelai umumnya berbetuk bulat atau bulat pipih hingga bulat lonjong, berkeping dua, dengan ukuran berkisar antara 6-30 g/100 biji. Warna kulit biji dapat bervariasi mulai dari kuning, hijau, hitam, coklat hingga kombinasi percampuran warna tersebut. Bagian utama biji kedelai yaitu kulit biji sebagai pemungkus (lesta) dan janin (embrio) (Irwan, 2006).

### **II.2 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai**

Agar dapat mencapai pertumbuhan yang optimal, pertumbuhan tanaman kedelai dapat dipengaruhi oleh faktor kondisi lingkungan tumbuh yang optimal. Dalam melangsungkan pertumbuhan pada tanaman kedelai begitu peka terhadap perubahan faktor lingkungan tumbuh, terlebih khusus pada faktor iklim dan tanah.

### **II.2.1 Iklim**

Tanaman kedelai dapat tumbuh sampai dengan ketinggian 1.500 m dpl, tetapi ketinggian yang paling baik sampai dengan 650 m dpl. Hal tersebut terjadi karena pertumbuhan tanaman kedelai ditentukan oleh ketinggian tempat yang nantinya akan berpengaruh terhadap umur tanaman. Diperlukan kondisi yang seimbang antara suhu udara dengan kelembaban yang dipengaruhi terhadap curah hujan. Apabila suhu udara rendah dan curah hujan berlebihan, dapat menyebabkan terjadinya penurunan hasil dari kualitas kedelai. Secara umum, kondisi iklim yang cocok untuk melangsungkan pertumbuhan tanaman kedelai yaitu dengan suhu yang dapat ditolerir selama masa pertumbuhan antara 21-34°C dan memiliki suhu optimum untuk pertumbuhan antara 23-27°C. Untuk kelembaban udara dengan rata-rata 60% dengan penyinaran matahari antara 12 jam per hari atau minimal 10 jam per hari, dan curah hujan yang paling optimum antara 100-400 mm per bulan (Ridwan, 2017). Karena kedelai merupakan tanaman berhari pendek sehingga sangat memiliki kepekaan terhadap lama penyinaran sinar matahari. Apabila kondisi penyinaran terlalu lama atau melebihi 12 jam, maka tanaman kedelai tidak dapat untuk menghasilkan bunga. Selain itu, kekurangan cahaya matahari juga dapat memberikan pertumbuhan yang kurang baik pada tanaman kedelai. Adapun untuk faktor ketersediaan air juga penting untuk diperhatikan saat penanaman kedelai. Pasalnya, kondisi kekeringan akibat kekurangan air selama masa pembungaan dapat mengakibatkan penurunan jumlah bunga yang nantinya dapat pula berpengaruh terhadap jumlah polong yang terbentuk (Tobing, 2013).

## II.2.2 Tanah

Tanaman kedelai memiliki daya adaptasi yang luas terhadap berbagai jenis tanah sehingga dapat tumbuh pada tanah apa saja asalkan aerasi dan drainase tanah cukup baik. Menurut kesesuaian jenis tanah untuk lahan pertanian, maka tanaman kedelai dapat ditanam pada berbagai jenis tanah seperti andosol, latosol, grumosol, regosol, dan alluvial (Jayasumarta, 2012). Namun agar dapat tumbuh dan bereproduksi secara optimal, tanaman kedelai membutuhkan jenis tanah yang subur, gembur dan kaya akan kandungan bahan organik atau humus. Dibutuhkannya bahan organik yang cukup dalam tanah sebagai sumber makanan bagi jasad renik yang memberikan unsur hara makro dan mikro dalam pertumbuhan tanaman. Idealnya nilai pH yang dibutuhkan untuk dapat melangsungkan pertumbuhan tanaman kedelai dan bakteri *Rhizobium* yakni 6,0-6,8. Bilamana kandungan pH melebihi diatas 7 maka pertumbuhan tanaman kedelai akan mengalami klorosis yang menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan daunnya menguning. Sedangkan, apabila kandungan pH kurang dari 5,5 maka akan menghambat pertumbuhan tanaman kedelai akibat keracunan aluminium dan dapat pula menghambat pertumbuhan bakteri bintil akar dan proses nitrifikasi (Waisimon *et al.* 2012).

## II.3 Manfaat Kedelai

Kedelai adalah salah satu komoditas pangan yang mengandung protein nabati tinggi dan banyak digunakan sebagai bahan baku produk untuk pengolahan pangan seperti tempe, tahu, susu kedelai, kecap, dan berbagai jenis makanan lainnya. Pemanfaatan pentingnya kedelai sebagai sumber pangan fungsional dapat ditinjau berdasarkan kandungan pada biji kedelai. Berdasarkan

perhitungan bobot kering kedelai dapat mengandung sekitar 35% karbohidrat larut (sukrosa, rafinosa dan stachyose) dan karbohidrat tidak larut (serat makanan), 40% protein, 20% lemak dua kali lebih banyak dari kebanyakan kacang-kacangan lainnya, dan 5% abu (Liu, 2004; Krisnawati, 2017). Kedelai juga termasuk sebagai sumber vitamin B yang baik jika dibandingkan dari komoditas golongan biji-bijian lainnya. Kandungan lemak dalam kedelai mengandung antioksidan alami tokoferol seperti  $\alpha$ -tocopherol,  $\beta$ -tocopherol,  $\gamma$ -tocopherol, dan  $\delta$ -tocopherol yang dapat terdeteksi dalam jumlah mg/kg. Selain itu, kedelai juga mengandung mineral yang kaya akan kandungan K, P, Ca, Mg, dan Fe, serta komponen nutrisi lainnya yang dapat bermanfaat, seperti isoflavon yang berfungsi untuk mengatasi berbagai penyakit (Liu 1997; Krisnawati, 2017). Beberapa manfaat kedelai untuk kesehatan yakni untuk mengatasi kolestrol tinggi, mengatasi tekanan darah tinggi, mencegah penyakit jantung, mengatasi penyakit asma, diabetes, kanker, hingga mencegah osteoporosis, menghambat perkembangan penyakit ginjal dan masih banyak lagi (Bolla, 2015).

Kedelai dapat diolah menjadi berbagai macam makan dengan menggunakan beragam proses seperti fermentasi, nonfermentasi dan fortifikasi. Pemanfaatan kedelai untuk fermentasi dapat berupa tahu, tempe, kecap, tauco, miso, dan susu kedelai. Untuk nonfermenasi dapat berupa daging sintetik, kedelai segar, burger, es krim, bakon sintetik, dan campuran kue dan roti. Sedangkan untuk bahan fortifikasi berupa produk tepung kedelai yang kaya akan gizi (Bursens et al. 2011; Krisnawati, 2017). Selain bermanfaat untuk pangan manusia, kedelai juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak. Kedelai dari limbah industri seperti ampas tempe, ampas tahu, dan ampas kecap dapat dimanfaatkan sebagai bahan

suplementasi untuk ramsum domba. Limah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak karena mengandung nutrisi, khususnya protein kasar dan kandungan energi yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan ternak (Handayanta, 2003).

#### **II.4 Agensi Hayati**

Hingga saat ini masih banyak petani yang menggunakan peptisida sintesis untuk melakukan pengendalian terhadap tanaman yang dibudidayakan. Hal tersebut dapat menimbulkan dampak negatif seperti mematikan organisme bukan sasaran yang berdampak pada berkurangnya keanekaragaman hayati dan mengakibatkan lingkungan menjadi tercemar, sehingga mengganggu ekosistem (Lestari *et al.* 2021). Untuk itu perlu dilakukan pengendalian tanaman yang bersifat ramah lingkungan seperti penggunaan mikroba antagonis.

Mikroba antagonis atau biasa juga disebut dengan agensi pengendali hayati (APH) penyakit tanaman merupakan jasad renik yang didapatkan dari alam berupa bakteri, jamur, actinomycetes ataupun virus yang mampu untuk menekan, menghambat, hingga memusnahkan organisme-organisme pengganggu tanaman (OPT) (Tombe, 2002; Hanudin dan Maranto, 2012). Agensi pengendali hayati yang termasuk didalamnya yaitu mikroba tanah, memiliki peranan penting terhadap pertumbuhan tanaman. Diantara mikroba agensi hayati memiliki potensi untuk melindungi tanaman selama siklus hidupnya, hingga mampu untuk menghasilkan hormon pertumbuhan bagi tumbuhan, memfiksasi nitrogen, melarutkan pospor, sehingga dapat memberikan banyak sekali manfaat untuk tanaman. Selain meningkatkan pertumbuhan yang berperan sebagai biofertilizer, beberapa jenis mikroba tertentu diketahui mampu untuk mengendalikan dan mereduksi aktivitas beberapa jenis patogen yang sering menyerang tanaman,

sehingga dapat dilaporkan sebagai agen biopestisida (Windia *et al.* 2018). Mekanisme kerja mikroba dapat berupa penekanan perkembangan penyakit berupa antibiosis, kolonisasi, hingga mengaktifkan gen ketahanan (Hanudin dan Maranto, 2012). Dari sekian banyak mikroba yang berperan sebagai agen pengendali hayati dapat dikenal beberapa jenis seperti bakteri *Paenibacillus polymixa* dan jamur *Trichoderma* sp.

#### **II.4.1 *Paenibacillus polymixa***

*Paenibacillus polymixa* termasuk golongan bakteri antagonis yang secara morfologi memiliki ciri-ciri dengan bentuk elevasi cembung berwarna coklat susu keruh. Jenis bakteri ini bisa digunakan sebagai agen pengendali beberapa jenis penyakit pada tanaman pangan dan hortikultural. Bakteri *Paenibacillus polymixa* bisa ditemukan pada tanah dan tanaman. Bakteri ini dapat secara langsung diperoleh secara alami di lapangan dengan cara mengisolasi daun padi yang sehat diantara daun padi yang telah terserang penyakit hawar daun bakteri (BLB) (Retnowati *et al.* 2007; Kantikowati *et al.* 2018).

Bakteri *Paenibacillus polymixa* mempunyai beragam manfaat bagi tanaman, termasuk diantaranya yakni fiksasi nitrogen, memacu pertumbuhan tanaman dengan hormon yang dihasilkan, pelarut fosfor tanah, dan produksi eksopolysakarida, enzim hidrolitik, serta antibiotik (Lal dan Tabacchioni, 2009; Kantikowati *et al.* 2018). Dalam bidang pertanian, bakteri ini juga disebut sebagai bakteri non patogen yang memberikan keuntungan di bidang kesehatan dan lingkungan karena mampu menghasilkan antibiotik polimiksin yang memiliki daya hambat terhadap aktivitas mikroorganisme lain. Untuk produksi eksopolysakarida terjadi pada akar tanaman dari bakteri ini yang ditunjukkan dari

biofilmnya yang mampu memberikan perlindungan dari serangan patogen. Dari hasil pengujian BB Biogen dari bakteri ini, dinyatakan terkandung hormon pemacu pertumbuhan tanaman seperti asam indol asetat, sitoknin dan auksin (Widarti dan Sugeng, 2014; Syamsiah, 2015).

Kemampuan bakteri *P. polymyxa* untuk mengurangi serangan penyakit pada tanaman diduga berkaitan dengan kemampuannya untuk menghasilkan beberapa enzim seperti kitinase dan  $\beta$ -1,3 glukonase (Haggag, 2007; Nursoid *et al.* 2018). Enzim  $\beta$ -1,3 glukonase tersebut memiliki sifat antifungi sehingga mampu untuk menghidrolisis struktur  $\beta$ -glukan pada dinding sel jamur, terutama di bagian ujung hifa yang mengandung glukan paling banyak. Sehingga, akibat hidrolisis tersebut membuat dinding sel jamur menjadi lemah, kemudian sel lisis dan mati (Sutama *et al.* 2015)

Berdasarkan penelitian Syamsiah, 2015 menunjukkan bahwa bakteri *Paenibacillus polymyxa* mampu untuk menurunkan intensitas penyakit yang ditimbulkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris* yang menyebabkan penyakit hawar pada tanaman padi sehingga pemberian agensi hayati berupa bakteri *P. polymyxa* ini memberikan pengaruh yang baik terhadap produksi tanaman padi. Selain itu, Killian *et al.* 2004 dalam Siregar *et al.* 2007 juga menyatakan bahwa bakteri ini mampu untuk meningkatkan bobot basah akar dan meningkatkan hasil tanaman kentang sebesar 8%, juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat sebesar 96%.

#### **II.4.2 *Trichoderma* sp.**

Jamur *Trichoderma* sp. adalah salah satu genus cendawan yang bisa dijadikan sebagai agensi pengendali patogen secara hayati dan ramah lingkungan.

Jenis jamur ini juga dikenal sebagai jamur saprofit yang berasosiasi dengan akar tanaman. *Trichoderma* sp. memiliki daya antagonis yang cukup tinggi dan mampu untuk mengeluarkan racun sehingga dapat menghambat hingga mematikan pertumbuhan jamur lain (Webster dan Dennis, 1971; Widyastuti *et al.* 2001). Mekanisme kerja antagonis jamur ini yakni bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan patogen dengan jalan kompetisi, parasitisme, antibiosis dan lisis. *Trichoderma* sp. mampu untuk mengeluarkan senyawa toksin berupa enzim  $\beta$ -1,3 glukukanase, kitinase, dan selulase yang bisa menghambat pertumbuhan hingga mematikan patogen. Enzim-enzim yang dihasilkan pada jamur ini mampu untuk menghancurkan sel-sel hifa jamur patogen. Sehingga dapat mengakibatkan pertumbuhan spora dan hifa patogen menjadi terhambat, jadi proses penginfeksi jaringan dari jamur patogen terhadap tanaman menjadi menurun (Saputri *et al.*, 2015).

Jamur ini juga merupakan salah satu jenis mikroba yang mempunyai kemampuan untuk menghambat pertumbuhan patogen dengan cara menghasilkan senyawa aktif biologis secara *in vitro*. Adapun senyawa bioaktif yang dihasilkan yakni alkaloid, paxillin, lolitrems, dan tetranone steroid (Sudhanta dan Abdul, 2011; Dwiastuti *et al.* 2015). Penggunaan agensi hayati dengan jamur ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena mampu merangsang tanaman agar memproduksi beberapa hormon penting seperti hormon asam giberelin, asam indol asetat, dan benzylaminopurin dalam jumlah yang banyak, sehingga membuat pertumbuhan tanaman menjadi optimum, sehat, subur, kokok dan memberikan pertahan untuk tanaman. Menurut Mukarlina *et al.* (2010) menjelaskan bahwa *Trichoderma* sp. juga dapat bekerja sebagai biodekomposer

dikarenakan mampu untuk memanfaatkan bahan organik di alam seperti selulosa sebagai sumber karbon dan kebutuhan energi untuk kebutuhan hidup sehingga memberikan banyak keuntungan bagi tumbuhan (Saputri *et al.* 2015).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* sp. dapat berperan untuk menekan penyakit bulai pada jagung dengan cara memicu peningkatan jumlah enzim peroksidase tanaman. Enzim ini berperan dalam menguatkan dinding sel tanaman sehingga dengan itu dapat menghambat infeksi patogen. Selain itu, jamur ini juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap tanaman cabai dengan cara mengaktifkan gen-gen ketahanan pada tanaman cabai. Sehingga dapat menghasilkan enzim-enzim yang dapat berperan untuk ketahanan tanaman (Kieu Oanh *et al.* 2006; Sutama, 2015). Penggunaan *Trichoderma* sp. diketahui juga dapat memicu pertumbuhan benih tomat dan tembakau dengan kemampuannya untuk menghasilkan metabolit sekunder, walaupun jenis metabolit sekunder tersebut belum diketahui golongannya secara spesifik (Nurbailis *et al.* 2010; Sutama, 2015).