



METODE PERBANYAKAN AGEN PENGENDALI HAYATI



Penulis :

**Ade Septiani Kusuma Dewi
Muliati
Siti Fatimatuz Zahra
St.Mutia Aprilia
Noviani
Nabila Salsabila
Hasliana
Muh.Rafli Said**

Editor :

**Prof. Oslan Jumadi.,M.Phil.,Ph.D
Dr.Ir.Muhammad Junda, M.Si
Dr.A. Mu'nisa, S.Si.,M.Si
Dr.Ir.Muhammad Wiharto, M.Si
Sirajuddin, SP
Ir.Nurhani, MP
Muhammad Basir, SP**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR**

METODE PERBANYAKAN AGEN PENGENDALI HAYATI

Bekerja sama dengan Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Sulawesi Selatan

Penulis : Ade Septiani Kusuma Dewi
Muliati
Siti Fatimatuz Zahra
St. Mutia Aprilla
Nabila Salsabila
Noviani
Hasliana
Muh. Rafly Said

Editor : Prof. Oslan Jumadi, M.Phil., Ph.D
Dr. Ir. Muhammad Junda, M.Si
Dr. A. Mu'nisa, S.Si., M.Si
Dr. Ir. Muhammad Wiharto, M.Si
Ir. Nurhani, MP
Sirajuddin, SP
Muhammad Basir, SP

Januari, 2024

**Program Studi Biologi
Jurusan Biologi FMIPA UNM
Kampus UNM Parangtambung
Jalan Malengkeri Raya
Makassar**

Metode Perbanyak Agan Pengendali Hayati

Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Sulawesi Selatan

Penulis : Ade Septiani Kusuma Dewi
Muliati
Siti Fatimatuz Zahra
St. Mutia Aprilla
Nabila Salsabila
Noviani
Hasliana
Muh. Rafly Said

Cetakan Pertama: Januari 2024

Editor : Prof. Oslan Jumadi, M.Phil., Ph.D
Dr. Ir. Muhammad Junda, M.Si
Dr. A. Mu'nisa, S.Si., M.Si
Dr. Ir. Muhammad Wiharto, M.Si
Ir. Nurhani, MP
Sirajuddin, SP
Muhammad Basir, SP

Cover : Canva

Hak Cipta 2024, pada Penulis

**Program Studi Biologi
Jurusan Biologi FMIPA UNM
Kampus UNM Parangtambung
Jalan Malengkeri Raya
Makassar**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan karunianya kepada kami, untuk dapat menyelesaikan Buku Kerja Praktik (KP) di UPT Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Sulawesi Selatan dengan baik. Shalawat dan salam selalu kita curahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada:

1. Kepala UPT BTPH SulSel **Ir. Muhammad Anwar, S.Hut., T. MP. IPU** beserta jajarannya,
2. Kepala Laboratorium Agensi Hayati **Ir. Nurhani, MP.**
3. Kepala Laboratorium Organisme Pengganggu Tanaman **Sirajuddin, SP.**
4. Bapak **Muhammad Basir, SP.** selaku pembimbing lapangan,
5. Bapak **Prof. Oslan jumadi, M.Phil.,Ph.D.** selaku dosen pembimbing,
6. Semua pihak balai yang telah membantu dalam penyusunan buku KP dengan judul **Metode Perbanyakan Agen Pengendali Hayati.**

Semoga segala jerih payah yang telah kami laksanakan mendapat ridho dari Allah SWT. dan semoga kegiatan-kegiatan yang telah kami laksanakan dapat bermanfaat untuk kita semua. Kami sepenuhnya menyadari bahwa penyusunan laporan kegiatan ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat konstruktif dan membangun senantiasa diharapkan dari pembaca sekalian, demi penyempurnaan pada pelaksanaan tugas selanjutnya.

Makassar, Desember 2023

Penulis

SINOPSIS

Buku tentang "**Metode Perbanyakkan Agen Pengendali Hayati**" membahas proses kompleks yang terlibat dalam menghasilkan solusi alami untuk mengendalikan hama pertanian. Mungkin dimulai dengan pemahaman mendalam tentang ekologi pertanian dan pentingnya keseimbangan organisme dalam lingkungan pertanian.

Buku ini menjelaskan proses identifikasi organisme pengendali yang efektif, termasuk studi terperinci tentang organisme hama dan penelusuran literatur ilmiah. Selain itu, kemungkinan membahas teknik-teknik pembiakan dalam skala laboratorium dan lapangan, pemilihan dan pemuliaan organisme yang tepat, serta pengujian keefektifan agen pengendali tersebut serta membahas aplikasi teknologi terkini dalam perbanyakkan agen pengendali hayati, seperti teknik bioteknologi, pemodelan matematika, atau teknologi lain yang mendukung produksi massal organisme pengendali.

Buku ini dapat dijadikan panduan yang berguna bagi para ilmuwan pertanian, peneliti, petani dan praktisi industri pertanian yang tertarik dalam mengadopsi pendekatan yang lebih ramah lingkungan dalam pengendalian hama dan mempromosikan keberlanjutan dalam pertanian.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
SINOPSIS	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II PERBANYAKAN APH GOLONGAN CENDAWAN	4
A. <i>Trichoderma</i> sp.	5
B. <i>Beauveria bassiana</i>	11
C. <i>Metarhizium</i>	16
BAB III PERBANYAKAN APH GOLONGAN BAKTERI	21
A. <i>Paenibacillus polymyxa</i>	22
B. <i>Bacillus subtilis</i>	25
C. <i>Pseudomonas</i>	26
BAB IV PERBANYAKAN PUPUK HAYATI	28
A. Pupuk Organik Cair (POC).....	28
B. <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR).....	32
C. Pestisida Nabati	35
D. <i>Trichokompos</i>	39
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Hal.
2.1	Jenis-jenis isolat koloni <i>Trichoderma</i> sp.	7
2.2	Proses perbanyak <i>Trichoderma</i> sp. menggunakan media PDA	9
2.3	Proses perbanyak <i>Trichoderma</i> sp. menggunakan media beras	10
2.4	Pengaplikasian <i>Trichoderma</i> sp.	11
2.5	Perbanyak isolat <i>Beaveria bassiana</i> menggunakan media PDA	14
2.6	Menginfeksi isolat <i>Beauveria bassiana</i> ke dalam media beras	16
2.7	Hasil inkubasi <i>Beaveria bassiana</i>	16
2.8	Penuangan media PDA dan isolasi <i>Metarhizium</i>	19
2.9	Perbanyak jamur <i>Metarhizium</i> menggunakan media PDA	19
2.10	Perbanyak <i>Metarhizium</i> menggunakan media beras	20
3.1	Perbanyak <i>Paenibacillus polimyxa</i>	25
4.1	Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC)	31
4.2	Pembuatan <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR)	34
4.3	Pembuatan Pestisida Nabati	37
4.4	Pembuatan <i>Trichokompos</i>	41

BAB I PENDAHULUAN

Awal berdirinya Pusat Perlindungan Tanaman Pangan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 530/Kpts/org/8/1978 adalah unit pelaksana teknis di bidang perlindungan tanaman pangan dalam kerangka Kementerian Pertanian, langsung di bawah Direktorat Jenderal Produksi Tanaman Pangan. Balai Perlindungan Tanaman Pangan IX (BPTP IX) berkedudukan di Maros dan wilayah operasinya meliputi Provinsi; Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Selatan. Sesuai dengan surat keputusan Menteri Pertanian nomor 469/Kpts/Organisasi/1994 tanggal 9 Juni 1994 dan keputusan Direktur Jenderal Pertanian, Tanaman Pangan dan Hortikultura Nomor 1.HK.050.84.1984. No.1.HK.050. 9542 BPTP IX tanggal 12 Juni 1995 diubah menjadi Balai Konservasi Tanaman Pangan dan Hortikultura IX (BTPH IX) yang wilayah kerjanya meliputi Sulawesi Selatan.

Manusia berperan mengubah ekosistem alamiah menjadi ekosistem pertanian sering mengakibatkan keberadaan dan aktivitas agens hayati terganggu. Keseimbangan ekosistem juga terganggu sehingga timbul berbagai masalah, terutama masalah populasi organisme pengganggu tanaman (OPT). Semakin banyak campur tangan manusia maka semakin besar pula gangguan yang terjadi pada keseimbangan ekosistem dan masalah yang ditimbulkannya. Dalam mengatasi masalah OPT, misalnya, manusia melakukan tindakan-tindakan yang justru menimbulkan banyak gangguan terhadap ekosistem sehingga masalah OPT tidak ada habisnya.

Pada tahun 2001, sebagai bagian dari pelaksanaan otonomi daerah, pemerintah pusat mengarahkan seluruh gubernur untuk membentuk BTPH di setiap provinsi. Oleh karena itu, Pemprov Sulsel menetapkan berdasarkan SK Gubernur Nomor 264 Tahun 2001. Sejak tahun 2009, tugas pokok fungsi dan tugas UPTD Balai Perlindungan Tanaman Pangan dan Hortikultura (BTPH) bertanggung jawab melaksanakan tugas teknis departemen di daerah untuk

melakukan pengamatan, prediksi pengendalian hama, dampak fenomena iklim, pupuk dan pestisida terhadap tanaman pangan dan hortikultura.

Pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) bersifat ramah lingkungan, terutama memanfaatkan agens hayati berupa jamur, bakteri, maupun aktinobakteri yang bersifat antagonis. Soesanto (2008) mengemukakan, pengendalian hayati sangat dianjurkan terutama untuk mencegah dan menekan infeksi patogen tular tanah karena agens hayati lebih mudah berkembang dan beradaptasi dalam tanah. Disamping itu, keuntungan lainnya adalah agens hayati mudah diperoleh dan diperbanyak, kompatibel dengan komponen pengendalian lain, serta mendukung keanekaragaman hayati.

Perbanyak agen pengendali hayati memegang peranan penting dalam menjaga kestabilan ekosistem pertanian. Proses ini melibatkan identifikasi, pembiakan, dan aplikasi organisme penyeimbang untuk mengendalikan hama tanaman. Dengan memahami siklus hidup hama yang ingin ditekan, peneliti mencari organisme pengendali yang tepat. Pengujian laboratorium dan lapangan memvalidasi keefektifan mereka sebelum pembiakan dalam skala besar. Seleksi berdasarkan karakteristik biologis dan kecocokan lingkungan menjadi kunci dalam mengembangkan solusi yang ramah lingkungan. Pendekatan ini mempromosikan pertanian berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia, dan melestarikan keseimbangan alam.

Pengendalian ini akan lebih efektif jika dalam aplikasinya dikombinasikan dengan teknologi budi daya yang direkomendasikan, seperti pemupukan dan sanitasi lingkungan. Dampak aplikasi agens hayati tidak langsung terlihat dalam waktu singkat, namun membutuhkan waktu panjang untuk memberikan kestabilan lingkungan dalam menekan perkembangan infeksi patogen serta menurunkan intensitas penyakit. (Lestari, dkk., 2021).

Pengendalian hayati dengan memanfaatkan agens hayati merupakan inti dari Pengendalian Hama Terpadu (PHT), berpotensi untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimiawi sintetik, sehingga sistem pertanian berkelanjutan dapat dipertahankan. Pengendalian hayati di Indonesia sebenarnya telah lama dilakukan, bahkan sebelum berkembangnya penggunaan pestisida

sintetis. Perbanyak agen pengendali hayati menjadi strategi inovatif dalam menghadapi tantangan hama tanaman. Proses identifikasi organisme yang cocok, dilanjutkan dengan pembiakan dalam kondisi yang optimal, adalah fondasi utama dalam upaya ini. Dengan mempertimbangkan keamanan lingkungan dan efektivitasnya terhadap hama, penggunaan agen pengendali hayati menjanjikan solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam praktik pertanian modern. Terus berkembangnya teknologi dan penelitian terus memperkuat peran vital agen pengendali hayati dalam menjaga produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

BAB II

PERBANYAKAN APH GOLONGAN CENDAWAN

Penyakit tanaman merupakan faktor pembatas terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Metode pengendalian yang sering dilakukan oleh para petani untuk mengatasi masalah tersebut yaitu penggunaan bahan pestisida sintetik yang melebihi dosis anjuran dan digunakan secara terus menerus sehingga mengakibatkan akumulasi pestisida di tanah. Akumulasi pestisida yang tinggi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan bahkan ke tingkat konsumen, berkurangnya mikroorganisme tanah, dan kerentanan tanaman, penggunaan pestisida sintetik dapat membahayakan keselamatan hayati termasuk manusia dan keseimbangan ekosistem. Oleh sebab itu, saat ini metode pengendalian telah diarahkan pada pengendalian hayati.

Pengendalian hayati (*biological control*) merupakan cara pengendalian penyakit yang melibatkan manipulasi musuh alami yang menguntungkan untuk memperoleh pengurangan jumlah populasi dan status hama dan penyakit di lapangan. Jamur entomopatogenik dan jamur antagonis merupakan beberapa jenis agens hayati yang bisa dimanfaatkan dalam upaya pengendalian hayati. Beberapa alasan kenapa jamur menjadi pilihan sebagai pengendali hayati karena jamur-jamur tersebut mempunyai kapasitas reproduksi yang tinggi, mempunyai siklus hidup yang pendek, dapat membentuk spora yang mampu bertahan lama di alam bahkan dalam kondisi ekstrim, disamping itu juga relatif aman digunakan, cukup mudah diproduksi, cocok dengan berbagai insektisida, dan kemungkinan menimbulkan resistensi sangat kecil (Novianti, 2018).

Agensi pengendali hayati (APH) golongan cendawan dalam perbanyakan massal dapat dilakukan pada media padat (Beras atau Jagung). Jenis agens hayati yang termasuk dalam golongan cendawan yang berfungsi sebagai agens patogen serangga adalah *Trichoderma sp.*, *Beuveria bassiana* dan *Metarizhium sp.* sedangkan agens antagonis patogen tanaman. Pada kegiatan ini dilakukan dua proses :

1. Proses perbanyak dengan menggunakan media PDA (*Potato Dextrose Agar*) (isolat)
2. Proses perbanyak dengan menggunakan media beras.

Menurut (Wulandari, dkk., 2022). Mikroorganisme yang hidup pada tempat rizosfer sangat sesuai digunakan untuk agen pengendalian hayati, sebagai pengingat bahwa rizosfer merupakan tempat yang utama dimana akar tanaman terbuka terhadap serangan patogen, ketika ada mikroorganisme antagonis pada daerah ini, maka patogen akan berhadapan dengan mikroorganisme antagonis tersebut selama menyebar dan menginfeksi akar. Keadaan ini adalah hambatan alamiah mikroba dan mikroba antagonis ini sangat potensial berkembang sebagai agen pengendali hayati. Cendawan rizosfer adalah salah satu faktor biotik yang dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit. Jenis tanah yang mengandung mineral organik dan anorganik dapat mempengaruhi jenis cendawan yang ada. Cendawan pada rizosfer dapat melindungi tanaman terhadap patogen serta meningkatkan kesuburan pertumbuhan tanaman sehingga digolongkan sebagai cendawan pemacu kesuburan tanaman (biofertilizer). Karena demikian isolat cendawan yang diisolasi dari rizosfer tanaman sehat, berpeluang besar menjadi alternatif penting bahan baku biofertilizer tanaman, contohnya adalah *Trichoderma*.

A. *Trichoderma sp*

Keunggulan jamur *Trichoderma sp.* sebagai agensia pengendali hayati dibandingkan dengan jenis fungisida kimia sintetik adalah selain mampu mengendalikan jamur patogen dalam tanah, ternyata juga dapat mendorong adanya fase revitalisasi tanaman. Revitalisasi ini terjadi karena adanya mekanisme interaksi antara tanaman dan agensi aktif dalam memacu hormon pertumbuhan tanaman. *Trichoderma sp.* adalah mikroorganisme antagonis yang banyak digunakan sebagai agen biokontrol penyakit tanaman. (Nasahi, 2010).

Menurut (Schuster & Schmoll, 2010). *Trichoderma sp.* adalah jenis jamur yang memiliki potensi sebagai agen biokontrol karena memiliki sifat antagonis terhadap jamur lain. Aktivitas antagonis tersebut mencakup persaingan, parasitisme, predasi, dan pembentukan toksin seperti antibiotik. Jamur ini, yang termasuk dalam kelas

Ascomycetes dan menghasilkan spora berwarna hijau, secara alami hidup di tanah. *Trichoderma sp.* memiliki kemampuan untuk bersimbiosis dengan tanaman inangnya, melakukan degradasi dan dekomposisi berbagai substrat heterogen di tanah, serta memproduksi enzim yang bermanfaat untuk perbaikan nutrisi bagi tanaman. *Trichoderma spp.* merupakan kolonisasi bahan selulosa yang ada dimanamana sehingga sering ditemukan di mana pun bahan tanaman yang membusuk tersedia serta di rizosfer tanaman, dimana tanaman dapat menyebabkan resistensi sistemik terhadap patogen. *Trichoderma sp.* dicirikan oleh pertumbuhan yang cepat, sebagian besar konidia berwarna hijau cerah dan struktur konidiofor bercabang berulang. *Trichoderma sp.* tidak hanya melawan penyakit pada tanaman, tetapi juga membantu tanaman tumbuh lebih kuat. *Trichoderma sp.* dapat melindungi tanaman dari bahan kimia berbahaya. Oleh karena itu, jamur ini bisa menjadi solusi untuk membersihkan tanah dan air yang tercemar, dengan menggunakan tanaman yang sesuai dengan spora jamur ini.

Kemampuan masing-masing spesies *Trichoderma sp.* dalam mengendalikan cendawan patogen berbeda-beda, hal ini dikarenakan morfologi dan fisiologinya berbeda-beda. Beberapa spesies *Trichoderma sp.* telah dilaporkan sebagai agens hayati adalah *T. harzianum*, *T. viridae*, dan *T. koningii* yang tersebar luas pada berbagai tanaman budidaya. *Trichoderma sp.* merupakan jamur yang sangat umum dijumpai dalam tanah dan merupakan jamur yang bersifat antagonistik terhadap jamur lain. *Trichoderma sp* efektif menghambat pertumbuhan *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysprum*, dan *Altenaria brassicicola* yang merupakan patogen tanaman (Heriyanto, 2019).

Penggunaan agen hayati untuk pengendalian penyakit dirasakan sangat lambat perkembangannya karena terbatasnya agen hayati yang diproduksi secara massal dan dapat digunakan secara komersial, sehingga diperlukan teknologi untuk produksi massal *Trichoderma sp* pada beberapa macam media. Terdapat permasalahan yang timbul bagaimana mendapatkan jamur *Trichoderma sp* dalam jumlah yang besar serta murah. Perbanyakan massal dapat dilakukan dengan menggunakan media buatan yang berisi nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *Trichoderma sp.* (Novianti, 2018).



Sumber : Jumadi & Caronge (2021)

Gambar 2.1 jenis- jenis isolat koloni *Trichoderma sp.*

1. Proses perbanyak *Trichoderma sp.* menggunakan media PDA

a. Alat dan bahan : alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah: cawan petri, gelas beaker, jarum ose, tabung reaksi, hot plate, laminar air flow (LAF), bunsen. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu: kentang, gula pasir, agar, antibiotik, aquades, spiritus, plastik wrap, isolat *Trichoderma sp.*

b. Prosedur Kerja

- 1) Pilih kentang yang memiliki kualitas yang baik dan segar (tidak busuk atau berjamur),
- 2) Kupas kentang lalu potong dadu,
- 3) Timbang kentang sebanyak 200 gr lalu masak dengan aquades 200 ml, tunggu hingga mendidih,
- 4) Saring air rebusan kentang, lalu masukkan ke dalam gelas beaker,
- 5) Timbang dextrose 20 gr dan agar sebanyak 15 gr.
- 6) Masukkan dextrose ke dalam gelas kimia yang telah berisi air rebusan kentang, selanjutnya genapkan volumenya sampai 1 liter, aduk hingga dextrose larut.
- 7) Masukkan agar ke dalam larutan tersebut, lalu aduk dan panaskan hingga homogen. Lakukan pengadukan secara perlahan selama pemanasan agar tidak terbentuk kerak pada dasar gelas kimia.
- 8) Masukkan antibiotik lalu aduk hingga larut
- 9) Masukkan medium ke dalam labu erlenmeyer, lalu sumbat dengan kapas dan aluminium foil.

- 10) Tuang media PDA ke dalam cawan petri hingga memenuhi dasar lalu tutup kembali, tunggu hingga mengeras
- 11) Masukkan isolat *Trichoderma* sp. ke dalam cawan petri menggunakan jarum ose, lalu tutup kembali dengan plastik wrap. Seluruh prosedur dikerjakan dalam laminar air flow.
- 12) Setelah itu, media disimpan ke dalam lemari pendingin.





Gambar 2.2 Proses perbanyakan *Trichoderma* sp. menggunakan media PDA

2. Proses perbanyakan *Trichoderma* sp. menggunakan media beras

- a. Alat dan Bahan : alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah: timbangan, kompor gas, panci, kukusan, baskom, gelas ukur, plastik, stapler, jarum ose, cawan petri, lemari pendingin. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: isolat *Trichoderma* sp, beras, aquades dan alcohol.
- b. Prosedur Kerja
 - 1) Menyiapkan beras sebanyak 10 Liter,
 - 2) Mencuci beras dengan air bersih kemudian direndam selama 15 menit, setelah itu ditiriskan sampai kering (kering angin).
 - 3) Mengukus beras di dandang selama 20-30 menit hingga setengah matang,
 - 4) Setelah beras setengah matang, diangkat dan dinginkan selama 5 menit,
 - 5) Memasukkan beras dalam kantong plastik tahan panas sebanyak 100 gr lalu dilipat-lipat,
 - 6) Mengukus kembali beras dalam kantong plastik selama 1-2 jam, kemudian simpan di lemari pendingin.
 - 7) Sebelum menambahkan isolat *Trichoderma*, media beras di remukkan terlebih dahulu.
 - 8) Menambahkan isolat *Trichoderma* pada media beras, lalu mencampurkan rata dan usahakan isolat tersebut tidak mengenai plastik.
 - 9) Setelah tercampur rata, melipat silang kantong plastik lalu di stapler.

- 10) Beri label dan letakkan kembali di lemari pendingin,
- 11) Media padat yang ditutupi miselia berwarna hijau yang berumur antara 2-3 minggu, siap digunakan untuk aplikasi.
- 12) Media padat yang belum digunakan langsung dapat disimpan dalam lemari pendingin.



Gambar 2.3 Proses perbanyakan *Trichoderma* sp. menggunakan media beras

3. Pengaplikasian *Trichoderma* sp.

pengaplikasian dengan cara menaburkan pada bedengan aplikasi *Trichoderma* yang menggunakan media beras pada bedengan bisa dilakukan bersamaan pemberian pupuk dasar (kandang) dan ditebarkan secara merata di bedengan yang setengah jadi, bukan diberikan diatas bedengan yang telah jadi.



Gambar 2.4 Pengaplikasian *Trichoderma* sp.

B. *Beauveria bassiana*

Cendawan *Beauveria* merupakan salah satu cendawan entomopatogen yang paling sering diisolasi dan memiliki penyebaran yang kosmopolitan. *Beauveria* memiliki rentang inang yang luas. Cendawan *B. bassiana* telah dimanfaatkan untuk mengendalikan berbagai spesies serangga hama. Meskipun pada awalnya dimanfaatkan untuk pengendalian serangga hama dalam tanah, tetapi patogenesisnya cukup tinggi pada serangga hama permukaan tanaman. Perkembangan pemanfaatannya semakin luas pada berbagai komoditas dan ekosistem. Demikian pula serangga hama sasaran meliputi lebih dari 100 spesies dari berbagai ordo termasuk Coleptera, Diptera, Homoptera, Hymenoptera, dan Lepidoptera (Hidayati, dkk. 2023).

Penyakit yang disebabkan oleh jamur pathogen terbawa benih biasanya dikendalikan dengan menggunakan fungisida sistemik, namun penggunaannya memberikan pengaruh yang buruk terhadap kerusakan lingkungan dan juga terhadap kesehatan manusia baik secara langsung maupun

tidak langsung (Zhang dkk., 2011) serta menimbulkan resistensi jamur patogen. Jamur endofit *Beauveria bassiana* selama ini hanya dilaporkan sebagai

pengendalian serangga hama ternyata juga memiliki kemampuan untuk mengendalikan pathogen tanaman (Gothandapani dkk., 2014).

Jamur Entomopatogenik (jamur yang memakan hama) dan jamur Antagonis (jamur yang memakan jamur) merupakan beberapa jenis agens hayati yang bisa dimanfaatkan dalam upaya pengendalian hayati. Beberapa alasan kenapa jamur tersebut bisa menjadi pilihan sebagai pengendali hayati karena jamur-jamur tersebut mempunyai kapasitas reproduksi yang tergolong tinggi, mempunyai siklus hidup yang pendek, dapat membentuk spora yang mampu bertahan lama di alam bahkan dalam kondisi ekstrim. Disamping itu juga relatif aman digunakan, cukup mudah diproduksi, cocok dengan berbagai insektisida, dan kemungkinan menimbulkan resistensi hama sangat kecil (Kansrini, 2017).

Salah satu entomopatogen yang biasa digunakan dalam pengendalian secara hayati adalah jamur *B. bassiana*. Jamur *B. bassiana*, mempunyai kapasitas reproduksi yang tinggi, mudah diproduksi dan pada kondisi yang kurang menguntungkan dapat membentuk spora yang mampu bertahan lama di alam (Widayat & Dini, 1993).

Ketika spora fungi menempel pada serangga inang yang sesuai dan keadaan lingkungan mendukung, maka spora fungi tersebut akan mulai berkecambah dan mengeluarkan hifa yang mampu menembus kulit serangga tersebut. Hifa fungi tersebut menghasilkan suatu enzim yang mampu menghancurkan kulit serangga sehingga dapat masuk lalu berkembang dalam tubuh serangga. Di dalam tubuh serangga, fungi *Beauveria bassiana* akan mengeluarkan racun yang disebut *beauvericin* yang dapat menyebabkan tubuh serangga mengalami gangguan yang disebut paralisis. Paralisis membuat serangga kehilangan koordinasi sistem gerak (Wardati dkk., 2021).

Sampai saat ini media buatan (substrat) yang umum digunakan untuk perbanyakan massal *B. bassiana*, adalah beras dan jagung. Kedua media ini mampu menghasilkan konidia yang tinggi. Dengan meningkatnya harga beras dan jagung dan dalam rangka pemanfaatan limbah organik, maka perlu dicari media (substrat)

alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan perbanyakan cendawan dengan kemampuan sporulasi yang masih tinggi (Kansrini, 2017).

Di samping faktor lingkungan, pengetahuan yang berkaitan dengan *B. bassiana* sebagai agen hayati, termasuk faktor-faktor teknis seperti mekanisme infeksi, kemampuan membunuh, durasi mematikan hama sasaran, dan teknik produksi dan aplikasi juga perlu dikaji dan diteliti. Beberapa upaya yang perlu dilakukan untuk meningkatkan pemanfaatan *B. bassiana* dalam pengendalian serangga hama antara lain mendapatkan isolat lokal yang tepat, meningkatkan kualitas dan patogenisitas jamur, meningkatkan metode perbanyakan dan aplikasi jamur entomopatogen untuk pengendalian hama, serta teknik formulasi produk agar mudah digunakan dengan kualitas yang terjaga (Nuryanti dkk., 2012).

Penurunan kualitas spora jamur entomopatogen dapat disebabkan karena berkurangnya sumber karbon, khitin, pati, dan protein pada media perbanyakan (Tanada & Kaya, 1993; Rosalind, 2000). Oleh karena itu sangat diperlukan teknik perbanyakan dan cara aplikasi yang bisa mempertahankan kualitas, dan patogenisitas jamur. Teknik perbanyakan jamur entomopatogen yang akan dicobakan yaitu dengan menggunakan dua jenis media yaitu PDA dan beras sebagai media perbanyakan.

1. Proses perbanyakan *Beauveria bassiana* menggunakan media PDA

Perbanyakan *B. bassiana* dilakukan dengan tujuan mendapatkan bahan penelitian dan mendapatkan umur jamur yang tidak terlalu tua. *Beauveria bassiana* merupakan jamur entomopatogen yang berperan sebagai agen pengendali hayati selektif terhadap serangga patogen yang tidak membahayakan lingkungan dan musuh alami. Perbanyakan isolat *B. bassiana* pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) yang telah disterilisasi menggunakan autoclave, kemudian dituangkan dalam tabung reaksi. Inokulasi dilakukan dengan pengambilan starter (inokulum) *B. bassiana* menggunakan jarum ose dan distrik pada media PDA dalam tabung. Semua proses ini dilakukan dalam laminar air flow. Setelah proses inokulasi selesai, isolat *B. bassiana* dimasukkan dalam plastik dan diinkubasi (simpan) dalam inkubator selama 3-7 hari. Hasil biakan telah siap digunakan sebagai starter atau

inokulum untuk perbanyakkan pada media cair atau padat. Jika terjadi kontaminasi, maka dilakukan pemurnian kembali dengan mengambil bagian jamur *B. bassiana*

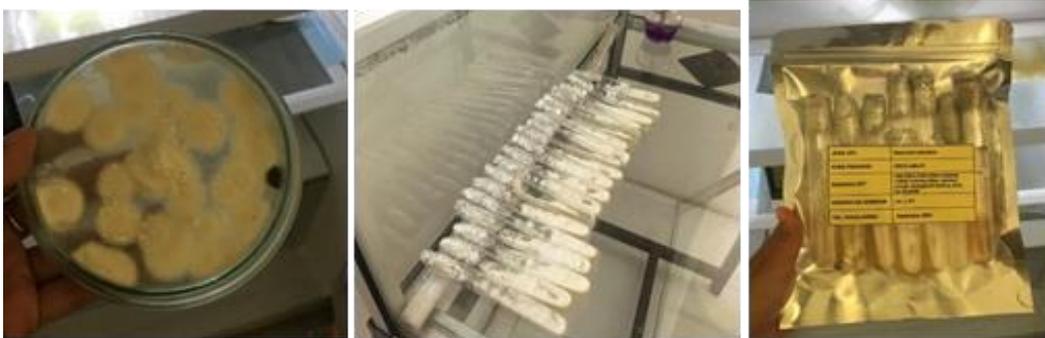
yang tidak terkontaminasi untuk ditumbuhkan pada media PDA, sampai didapatkan jamur *B. bassiana* yang tidak terkontaminasi pada media PDA.

Alat dan bahan:

Beberapa alat yang digunakan dalam perbanyakan *Beauveria bassiana* menggunakan media PDA yaitu Laminar Air Flow/enkas, tabung reaksi, bunsen, jarum ose, inkubator, tutup sumbat. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu medium PDA pada tabung reaksi dan isolat *Beauveria bassiana*.

Prosedur Kerja:

Isolat jamur *Beauveria bassiana* dibiakkan pada media PDA. PDA diberi campuran antibiotik dan dipindahkan ke dalam cawan petri secara aseptis di LAF (*Laminar air flow*). PDA yang berada di dalam cawan petri didiamkan hingga PDA menjadi padat. Isolat jamur diinokulasikan ke dalam media PDA secara aseptik dan diinkubasi selama 3-7 hari pada suhu ruang. Pertumbuhan jamur akan terlihat berupa adanya miselium jamur. Kemudian perbanyakan dilakukan dengan isolat jamur *Beauveria bassiana* ditumbuhkan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dalam tabung reaksi selama 14 hari.



Gambar 2.5 Perbanyakan isolat *Beauveria bassiana* menggunakan media PDA

2. Proses perbanyakan *Beauveria bassiana* menggunakan media beras

Alat dan Bahan:

Alat yang digunakan dalam perbanyakan *Beauveria bassiana* menggunakan media beras yaitu kompor, dandang untuk mengukus, nampan, sendok teh, kantong

plastic tahan panas 250 gr, korek api, stapler, bunsen, spatula, Laminar Air Flow/enkas. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu beras untuk media

perbanyak, indukan/isolat *Beauveria bassiana* koleksi BTPH, alcohol 70%, aquades dan kapas.

Prosedur Kerja: Penyiapan media tanam:

1. Cuci bersih beras, lalu rendam selama kurang lebih 15 menit
2. Tiriskan dan angin-anginkan semalam. Beras yang siap digunakan adalah beras yang terasa lembab namun tidak menempel di tangan.
3. Masukkan ke dalam kantong plastik kecil, kurang lebih 100 gram.
4. Pensterilan media beras dengan cara mengukusnya selama 2 jam.
5. Matikan kompor, dan diamkan hingga beras dingin selama satu malam.

Penanaman bibit jamur (Inokulasi)

1. Sebelum melakukan inokulasi, sterilkan semua peralatan yang akan digunakan agar tidak ada mikroba selain *Beauveria bassiana* yang tumbuh di media.
2. Spatula dicelupkan ke larutan alkohol selama beberapa detik, kemudian spatula difiksasi diatas api spiritus.
3. Inokulasi cendawan *Beauveria bassiana* pada media beras yang dilakukan secara steril didalam enkas.
4. Campurkan ke dalam media dengan perbandingan 5 gr starter : 100 gr media.
5. Tutup plastik dan stapler.

Pemeraman (inkubasi)

1. Penyimpanan hasil perbanyak pada suhu ruangan.
2. Dalam 10-15 hari, media akan ditumbuhi serabut/benang berwarna putih seperti kapas. Ini menandakan pembiakan *Beauveria* sp. berhasil dan siap diaplikasikan di lahan.



Gambar 2.6 Menginfeksi isolat *Beauveria bassiana* ke dalam media beras



Gambar 2.7 Hasil inkubasi *Beauveria bassiana*

C. *Metarhizium*

Di Indonesia pemanfaatan jamur *Metarhizium* telah dilakukan untuk mengendalikan hama kopi, kakao, kelapa, tebu dan lain-lain. Jamur *Metarhizium* sp. menyerang serangga berbagai ordo yaitu, Lepidoptera, Hemiptera, Diptera dan Coleoptera. *Metarhizium* sp. banyak diidentifikasi dari berbagai hama kumbang dari Ordo Coleoptera, tetapi dalam jamur entomopatogen hanya spesies jamur *Metarhizium* sp. yang dilaporkan yang paling efektif dalam menginfeksi kelompok dari Family Scarabaeidae (Coleoptera). *Metarhizium* sp. banyak digunakan dalam mengendalikan serangga-serangga hama di lapangan (Arsi, 2020)

Jamur entomopatogen yang banyak digunakan dalam pengendalian serangga hama di lapangan yaitu jamur *Metarhizium* sp. Jamur ini dapat melakukan penetrasi

ke dalam tubuh serangga inang melalui 2 cara yaitu tekanan mekanik dan bantuan toksin yang di keluarkan jamur entomopatogen tersebut (Hasyim dkk., 2016).

Menurut septiani dkk (2019), melakukan identifikasi terhadap jamur yang dapat dijadikan sebagai agens hayati yaitu *Aspergillus* sp., *Geotrichum* sp. dan *Penicillium* sp. Jamur menyerang serangga dicirikan dengan tubuh serangga menjadi kaku dan keras, membuat serangga seperti mumi serta dari tubuh serangga tersebut akan keluar hifa yang tergantung dari jamur tersebut yang menyerang serangga (Ayudya dkk., 2019).

Menurut (Hastuti dkk., 2017). Ledakan populasi hama ini selaras dengan adanya perubahan iklim, terutama periode kering yang diikuti curah hujan dan kelembaban tinggi yang disertai oleh tersedianya makanan melimpah. Ledakan populasi biasanya didahului oleh kondisi yang kurang menguntungkan bagi perkembangan parasitoid dan predator. Pengendalian hama ini telah ditempuh dengan berbagai cara, baik secara kultur teknis, mekanis maupun dengan insektisida sintetik. Usaha pengendalian dengan menggunakan insektisida sintetik lebih sering dilakukan oleh petani daripada usaha-usaha pengendalian lainnya. Penggunaan pestisida sintetik telah menimbulkan dampak ekologis yang sangat serius. Dampak ekologis yang ditimbulkan di antaranya adalah timbulnya resurgensi hama, ledakan hama sekunder, matinya musuh alami dan timbulnya resistensi hama utama. Jamur entomopatogen merupakan salah satu agen hayati yang potensial untuk mengendalikan hama pada tanaman cabai.

Beberapa jenis jamur entomopatogen yang telah dimanfaatkan untuk mengendalikan hama tanaman perkebunan dan sayuran adalah jamur *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces* sp., *Verticillium* sp., dan *Spicaria* sp. Jamur *Metarhizium anisopliae* mampu menginfeksi hama yang mempunyai tipe mulut menusuk dan mengisap, yaitu Riptortus linearis baik stadia nimfa maupun imago. Di samping itu, jamur *Metarhizium anisopliae* juga mampu menginfeksi hama yang mempunyai tipe mulut menggigit seperti *Spodoptera litura* F.

Jamur *Metarhizium anisopliae* ialah satu diantara jamur yang bersifat entomopatogen. Jamur ini dapat dijadikan sebagai salah satu agen hayati

pengendalian serangga, baik serangga yang menyerang tanaman maupun organisme antagonis yang ada di dalam tanah. Jamur ini dapat menyebabkan

penyakit bila menginfeksi serangga, sehingga dapat menurunkan populasi serangga hama dalam suatu areal pertanian (Rosmayuningsih, 2014).

1. Proses perbanyak jamur *Metarhizium* menggunakan media PDA

Perbanyak cendawan *Metarhizium* sp. dengan menggunakan isolate *Metarhizium* sp. yang diperoleh dari Laboratorium Agen Hayati UPT Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura yang kemudian diinfeksi ke dalam media tumbuh yaitu PDA. Isolat jamur *Metarhizium* ditumbuhkan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dalam tabung reaksi selama 14 hari. Setelah perbanyakan selama 14 hari pada hari setelah perbanyak dilihat dari segi mikroskopis dan makroskopis. Pada identifikasi disini terdapat spesies *Metarhizium anisopliae*.

Ciri umum dari jamur *Metarhizium anisopliae* pada awal pertumbuhan koloni jamur berwarna putih dan berubah menjadi hijau gelap dengan bertambahnya umur. Koloni dapat tumbuh dengan cepat pada beberapa media seperti Potato Dextrose Agar (PDA). Miselium bersekat dengan diameter 1,98-2,97 μ m. konidofor tersusun tegak, belapis, serta bercabang yang dipenuhi dengan konidia. Konidia bersel satu berwarna hialin, berbentuk bulat silinder dengan ukuran 9,94 x 3,96 μ m. jamur ini bersifat parasit pada beberapa jenis serangga dan bersifat saprofit di dalam tanah dengan bertahan pada sisa-sisa tanaman.

Alat dan Bahan:

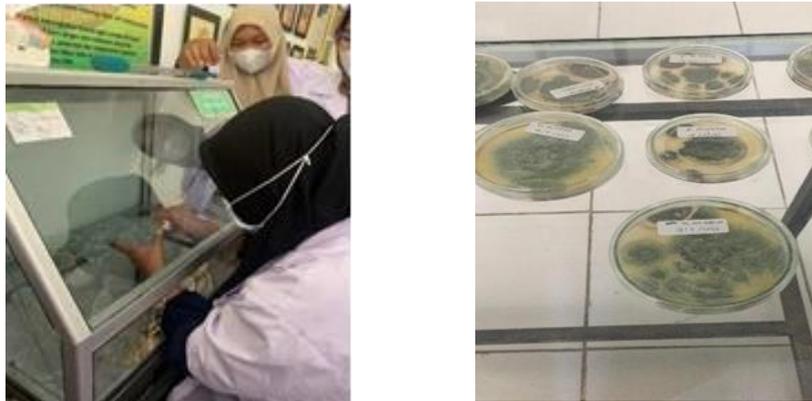
Alat yang digunakan dalam perbanyakan *Metarhizium* menggunakan media PDA yaitu Laminar Air Flow/enkas, tabung reaksi, bunsen, jarum ose, inkubator, tutup sumbat. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu medium PDA pada tabung reaksi dan isolat *Metarhizium*.

Prosedur Kerja:

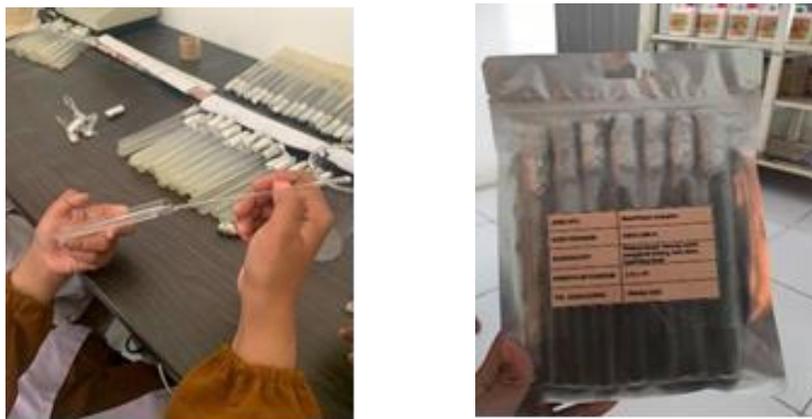
Isolat jamur dibiakkan pada media PDA. PDA diberi campuran antibiotic dan dipindahkan ke dalam cawan petri secara aseptis di LAF (*Laminar air flow*). PDA yang berada di dalam cawan petri didiamkan hingga PDA menjadi padat. Isolat jamur diinokulasikan ke dalam media PDA secara aseptik dan diinkubasi selama 3-

7 hari pada suhu ruang. Pertumbuhan jamur akan terlihat berupa adanya miselium jamur. Kemudian perbanyakan dilakukan dengan isolat jamur *Metarhizium*

ditumbuhkan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dalam tabung reaksi selama 14 hari.



Gambar 2.8 Penuangan media PDA dan Isolasi *Metarhizium*



Gambar 2.9 Perbanyak jamur *Metarhizium* menggunakan media PDA

2. Proses perbanyak jamur *Metarhizium* menggunakan media beras

Alat dan Bahan:

Alat yang digunakan dalam perbanyak *Metarhizium* menggunakan media beras yaitu kompor, dandang untuk mengukus, nampan, sendok teh, kantong plastic tahan panas 250 gr, korek api, stapler, bunsen, spatula, *Laminar Air Flow*/enkas. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu beras untuk media perbanyak, indukan/isolat *Metarhizium* koleksi BTPH, alkohol 70% dan aquades.

Prosedur Kerja:

Perbanyak massa pada media beras diawali dengan perendaman beras selama 24 jam kemudian beras dicuci kembali sampai baunya hilang, tiriskan beras dan kering anginkan sampai beras sudah tidak merekat ditangan jika dipegang. Kemudian beras ditimbang sebanyak 200 g dan dimasukkan kedalam kantong plastik, selanjutnya disterilkan beras yang sudah dibungkus, ke dalam autoclave pada suhu 121°C tekanan 1 ATM selama 20 menit. Setelah mencapai waktu yang telah ditentukan, dinginkan sampai media padat siap digunakan. Setelah itu media beras diinokulasi dengan isolat jamur *Metarhizium* sp. di dalam *Laminar Air Flow* dengan memotong bentuk dadu pada PDA yang telah ditumbuhi jamur *M. anisopliae* menggunakan spatula, kemudian potongan tersebut dimasukkan ke dalam plastik yang berisi beras lalu dilipat dan tutup mulut plastik dan dihektek. Kemudian diinkubasi selama 14 hari sampai beras dipenuhi oleh jamur. Setelah 14 hari perbanyak *Metarhizium* menggunakan media beras siap dipanen dan digunakan.



Gambar 2.10 Perbanyak *Metarhizium* menggunakan media beras

BAB III

PERBANYAKAN APH GOLONGAN BAKTERI

Keputusan pemerintah terkait pengendalian hama tanaman telah diputuskan berdasarkan UU No. 12 Tahun 1992 bahwa pelaksanaannya melalui Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Sistem PHT dinilai mampu menjaga dan mengendalikan tingkat pertumbuhan produktivitas yang tinggi, meningkatkan nilai ekonomi usaha pertanian, dan melestarikan ekosistem pertanian. Terkait dengan pencegahan hama tanaman, salah satu solusinya adalah dengan menggunakan upaya pengendalian hayati, yaitu dengan teknik Agen Pengendali Hayati (APH). Teknik ini mempunyai manfaat yaitu:

1. Mampu mencegah munculnya ledakan OPT sekunder
2. Relatif aman bagi manusia dan musuh alami
3. Keterkaitan petani terhadap pestisida kimia
4. Produk dihasilkan akan terbebas dari endapan bahan kimia
5. Dapat menghemat biaya produksi karena berkurangnya penggunaan pestisida sintetis (Effendi, 2022).

PERMENTAN No. 411 tahun 1995 tentang pengertian agen hayati, yaitu setiap organisme yang meliputi spesies, subspecies, semua jenis protozoa, varietas, serangga, nematoda, bakteri, mikoplasma, cendawan (fungi), dan organisme lain di setiap tahap pertumbuhan dapat digunakan untuk pengendalian hama dan penyakit atau OPT, pengolahan hasil pertanian, berbagai keperluan dan proses produksi (Effendi, 2022).

Dalam pengendalian OPT perlu adanya campur tangan manusia. Pengendalian hayati sebagai komponen utama Pengendalian Hama Terpadu pada dasarnya adalah untuk mengendalikan populasi organisme pengganggu tumbuhan yang merugikan dengan penggunaan dan pemanfaatan musuh alami. Pengendalian hayati dilatarbelakangi oleh berbagai pengetahuan dasar ekologi khususnya teori

tentang pengaturan populasi oleh pengendali alami serta keseimbangan ekosistem. Musuh alami yang terdiri atas predator, parasitoid, dan patogen adalah pengendali

alami utama hama yang bekerja secara “terkait kepadatan populasi” sehingga agensi hayati tersebut tidak dapat dilepaskan dari kehidupan serta perkembangbiakan hama (Sopialena, 2018).

Bakteri dari golongan APH (Agen Pengendali Hayati) dapat dikendalikan dan dimanfaatkan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Salah satu contohnya adalah bakteri *Paenibacillus polymyxa* yang bersifat antagonis dan dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa jenis penyakit.

A. *Paenibacillus polymyxa*

Bakteri *Paenibacillus polymyxa* merupakan bakteri yang berperan sebagai agen hayati yang memiliki sifat antagonis terhadap perkembangan patogen tanaman dan juga memiliki sifat menginduksi ketahanan tanaman. Peran tersebut disebabkan oleh kemampuan *Paenibacillus polymyxa* dalam menghasilkan senyawa yang bersifat toksik terhadap bakteri patogen tanaman. Strain *Paenibacillus polymyxa* yang berasosiasi dengan spesies tanaman telah digunakan secara efektif untuk mengendalikan jamur dan bakteri patogen tanaman. *Paenibacillus polymyxa* mempunyai kemampuan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mencegah serangan beberapa penyakit tanaman (Effendi, 2022).

Bakteri *Paenibacillus polymyxa* ialah mikroorganisme yang mampu menghasilkan antibiotik jenis polimiksin B yang dapat digunakan untuk mengobati *Bacillus subtilis* penghasil antibiotik untuk mengobati infeksi bakteri gram positif, infeksi bakteri gram negatif, *Streptomyces griseus* penghasil antibiotik streptomisin untuk mengobati bakteri gram negatif juga sebagai bakteri penyebab TBC serta *Streptomyces rimosus* penghasil antibiotik tersiklin untuk berbagai macam infeksi bakteri.

Antibiotik yang dihasilkan *Paenibacillus polymyxa* lebih efektif mengendalikan bakteri patogen tanaman. Bakteri *Paenibacillus polymyxa* merupakan bakteri antagonis yang secara morfologi dapat dikenal dari bentuk elevasi cembung dengan warna coklat susu keruh. Bakteri ini dapat digunakan untuk melawan berbagai jenis

penyakit baik pada tanaman pangan maupun hortikultura. *Paenibacillus polymixa* juga merupakan bakteri non patogen yang menguntungkan dibidang kesehatan dan

lingkungan. Bakteri ini dapat menghasilkan antibiotik polimiksin. Bakteri ini mempunyai kemampuan mengikat nitrogen. Biofilms bakteri ini menunjukkan kemampuan menghasilkan eksopolisakarida pada akar tanaman yang dapat melindungi terhadap patogen. Hasil uji BB Biogen menunjukkan bakteri ini juga mengandung hormon giberelin (Kantikowati, 2018).

Antibiotik yang dihasilkan *Paenibacillus polymixa* lebih efektif mengendalikan bakteri patogen tanaman. Bakteri *Paenibacillus polymixa* merupakan bakteri antagonis yang secara morfologi dapat dikenal dari bentuk elevasi cembung dengan warna coklat susu keruh. Bakteri ini dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa jenis penyakit baik pada tanaman pangan dan hortikultura. Selanjutnya menurut Widarti dan Sugeng (2014) dalam Syamsiah (2015) *Paenibacillus polymixa* merupakan bakteri non patogen yang menguntungkan di bidang kesehatan dan lingkungan. Bakteri ini dapat menghasilkan antibiotik polimiksin. Bakteri ini mampu mengikat Nitrogen.

Paenibacillus polymyxa mampu mengikat nitrogen dan dapat ditemukan di tanah dan tanaman. bakteri *Paenibacillus polymyxa* dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati untuk penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. Hawar daun bakteri (HDB) disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae*. Kemampuan bakteri *Paenibacillus polymyxa* dalam menekan perkembangan penyakit hawar daun bakteri karena bakteri ini mampu menghasilkan enzim. Menurut Manuhara (2010), enzim yang dihasilkan oleh bakteri *Paenibacillus polymyxa* akan meningkatkan aktivitas β -1,3 glukukanase pada tumbuhan. Enzim β -1,3 glukukanase bersifat antifungi yang memiliki kemampuan untuk menghidrolisis struktur β -glukan yang ada pada dinding sel jamur, terutama pada bagian ujung hifa. Akibat adanya hidrolisis struktur β -glukan maka dinding sel jamur menjadi lemah kemudian sel lisis dan mati.

Interaksi antara patogen, tanaman dan faktor lingkungan sangat mempengaruhi tingkat serangan penyakit hawar bakteri. Penyakit ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman sehingga menyebabkan berkurangnya vigor, terbentuknya

benih tidak sempurna dan serangan terus menerus menyebabkan kematian jaringan pada bagian tanaman. Hal ini diduga dari penggunaan agens hayati *Paenibacillus*

polymyxa dengan kepadatan koloni, bakteri mempunyai kemampuan menghambat massa bakteri *Xanthomonas campestris pv. oryzae. paenibacillus polymixa* mampu menghambat penyebaran penyakit kresek secara umum dan menghambat munculnya gejala awal, serta mencegah penyebaran intensitas serangan (Kadir, 2009).

Paenibacillus polymyxa dapat menunjang pertumbuhan tanaman karena menghasilkan *plant growth promoting hormone* (IAA), auksin dan sitokinin, serta dapat memfiksasi nitrogen. Adapun cara perbanyak *Paenibacillus polimyxa* yaitu:

Alat dan bahan: Panci, gelas ukur, pisau, kompor, fermentor sederhana. Adapun bahannya starter bakteri, gula pasir 15 gram, dan air 1 liter.

Cara kerja:

1. Pilih kentang yang bermutu baik dan sehat
2. Kupas kentang , kemudian cuci bersih dan iris tipis –tipis
3. Irisan kentang masukan kedalam panci yang telah diberikan air
4. Rebus irisan kentang dan ambil ekstraknya , masukkan ekstrak kentang kedalam panci, tambahkan gula pasir kemudian masak dengan api kecil sampai gula larut
5. Diginkan ekstrak kentang gula tersebut wadah perbanyak
6. Masukkan stater / isolat / biang bakteri
7. Nyalakan fermontor sederhana tersebut yang telah dirangka
8. Inkubasikan selama 5-7 hari.





Gambar 3.1 Perbanyakkan *Paenibacillus polimyxa*

B. *Bacillus subtilis*

Bacillus merupakan bakteri gram positif, berbentuk rod (basil pendek), dan termasuk dalam filum Firmicutes dengan jumlah spesies sekitar 266. *Bacillus* dapat hidup pada kondisi aerob obligat atau anaerob fakultatif. Pada kondisi kekurangan nutrisi atau terjadi cekaman kekeringan, bakteri ini akan membentuk endospora. Spesies dalam genus *Bacillus* dapat bersifat termofilik, psikrofilik, acidofilik, alkalifilik, halotoleran, atau halofilik, serta mampu tumbuh pada rentang pH, temperatur, dan salinitas dimana banyak mikroorganisme lain tidak dapat bertahan hidup (Setiaji dkk, 2023).

Di dalam tanah, *Bacillus subtilis* memanfaatkan eksudat akar dan bahan tanaman mati sebagai sumber nutrisi. Apabila kondisi lingkungan tidak sesuai bagi pertumbuhannya, misalnya karena suhu tinggi, tekanan fisik dan kimia, atau kahat nutrisi, bakteri akan membentuk endospora. Endospora akan berkembang jika kondisi lingkungan sesuai. Untuk mempertahankan viabilitasnya, endospora

memerlukan bahan pembawa. Bahan pembawa endospora perlu diformulasi secara tepat agar bakteri tetap hidup dan efektif mengendalikan patogen.

Bacillus subtilis dikategorikan sebagai bakteri PGPR, yakni bakteri yang aktif mengkoloni akar tanaman dan memiliki tiga peran utama bagi tanaman, yaitu sebagai biofertilizer, biostimulan, dan bioprotektan. PGPR dapat mempengaruhi tanaman secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung yaitu dengan memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat, serta memproduksi siderofor dan hormon pertumbuhan. Secara tidak langsung *B. subtilis* dapat memperbaiki kondisi pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme. Selain itu, bakteri ini menghasilkan zat antimikroba berupa bakteriosin. Bakteriosin adalah zat antimikroba polipeptida atau protein yang diproduksi oleh mikroorganisme yang bersifat bakterisida. Bakteriosin membunuh sel target dengan menyisip pada membran target sehingga fungsi membran sel menjadi tidak stabil dan sel mengalami lisis (Muis, 2016).

C. *Pseudomonas*

Pseudomonas kelompok *fluorescens* merupakan bakteri antagonis yang banyak dimanfaatkan sebagai agensia hayati, baik untuk cendawan maupun bakteri patogen tanaman. *Pseudomonas fluorescens* P60 merupakan salah satu strain bakteri antagonis yang telah menunjukkan kemampuannya dalam mengendalikan beberapa patogen tanaman, khususnya patogen tular-tanah, baik secara *in vitro*, *in planta*, maupun *in vivo*. *Pseudomonas fluorescens* P60 mempunyai sifat "Plant Growth Promoting Rhizobacteria" (PGPR) menghasilkan antibiotik 2,4-diasetilfloroglusinol (Phl atau dan siderofor, mampu mengkoloni akar tanaman, serta mengimbas ketahanan tanaman.

P. fluorescens telah dikenal secara luas memiliki potensi sebagai agens hayati untuk menghambat beberapa patogen tanaman. *Pseudomonas* spp. adalah kelompok bakteri perakaran yang efektif menekan berbagai penyakit tanaman diantaranya rebah semai, busuk lunak, layu bakteri, dan lain - lain pada banyak varietas tanaman. Zat antibiotik yang diproduksi oleh *Pseudomonas*

spp. (2,4-diacetyphloroglucinol/2,4-DAPG) mampu meningkatkan tanah terhadap patogen (Istiqomah & Kusumawati, 2018).

Bakteri jenis *Pseudomonas* mempunyai kemampuan mempertahankan hidup dengan monoterpena. *Pseudomonas* mengubah bentuk monoterpena menjadi gas asam-arang dan air. Hasil metabolisme oleh *Pseudomonas* menandakan perpecahan cincin yang terjadi antara atom karbon 2 dan 3 α -pinena. Perubahan produk dari α -pinena menjadi verbenol dan verbenone oleh suatu enzim murni monooksigenase P-450 dengan menanam sel dan menggunakan jasad renik telah diteliti. α -Pinena telah diubah oleh *Picea abies* menjadi trans-verbenol dan verbebone .

P. fluorescens adalah bakteri gram negatif, aerobik, yang terdapat di tanah pertanian dan beradaptasi baik untuk tumbuh di rizosfir. Rizobakteri ini memiliki banyak kegunaan sebagai agen biokontrol dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Mekanismenya dengan menggunakan eksudat akar, berkoloni dan berkembang biak di lingkungan rizosfir. Menurut Aryantha dkk (2004) PGPR dapat menghasilkan hormon pertumbuhan dan meningkatkan ketersediaan hara melalui fiksasi nitrogen serta melarutkan unsur hara tanah. Jenis bakteri yang diidentifikasi sebagai PGPR yaitu *Pseudomonas fluorescens*. *P. fluorescens* mampu menghasilkan Indole Acetic Acid (IAA) dan dapat merangsang pertumbuhan akar tanaman yang ditumbuhkan pada kondisi hidroponik.

BAB IV PERBANYAKAN PUPUK HAYATI

Pupuk hayati merupakan pupuk yang ramah lingkungan dengan menyediakan nutrisi bagi tanaman secara terus-menerus serta dapat berperan ganda dengan memproduksi fitohormon yang bermanfaat bagi tanaman. Penambahan pupuk hayati diharapkan dapat mensubstitusi pupuk anorganik sehingga penggunaan pupuk anorganik dapat dikurangi. Pupuk hayati mengandung inokulan mikroba di dalamnya seperti *Azotobacter*, *Azospirillum*, bakteri pelarut fosfat, dan bakteri endofit (Husnaeni & Setiawati, 2018).

Pupuk hayati (*biofertilizer*) didefinisikan sebagai substans yang mengandung mikroorganisme hidup yang mengkolonisasi rizosfer atau bagian dalam tanaman dan memacu pertumbuhan tanaman dengan jalan meningkatkan pasokan ketersediaan hara primer dan atau stimulus pertumbuhan tanaman target, bila dipakai pada benih, permukaan tanaman, atau tanah. Teknologi yang dapat digunakan adalah penerapan pupuk mikroba. Dalam hal ini suplai sebagian unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dilakukan oleh bakteri rhizosfer yang mempunyai kemampuan menambat N dari udara dan mikroba pelarut fosfat yang dapat menambang P di dalam tanah menjadi P-tersedia bagi pertumbuhan tanaman, sehingga dapat menghemat penggunaan pupuk kimia (Moelyohadi, dkk, 2012).

Pupuk hayati digunakan sebagai kolektif untuk semua kelompok fungsional mikroba tanah. Kelompok fungsional mikroba tanah terdiri dari bakteri, fungi, hingga alga yang berfungsi sebagai penyedia hara dalam tanah sehingga dapat tersedia bagi tanaman. Penggunaan pupuk organik dan pupuk hayati tertentu mampu mensubstitusi penggunaan pupuk buatan > 50% pada usahatani tanaman pangan/hortikultura dan efektif meningkatkan produktivitas tanaman (Ataribaba, dkk, 2021).

A. Pupuk Organik Cair (POC)

Pupuk organik cair (POC) adalah pupuk hasil dari pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari sisa tanaman maupun kotoran hewan yang kandungan

unsur haranya lebih dari satu unsur, yang diformulasikan dalam bentuk cair (larutan). POC berperan dalam meningkatkan aktivitas biologi, kimia, dan fisik tanah sehingga tanah menjadi subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman. POC memiliki beberapa manfaat seperti merangsang pertumbuhan tunas baru, menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, meningkatkan produksi dan menjaga kestabilan produksi, memperbaiki klorofil pada daun, merangsang pertumbuhan bunga dan buah serta memperbaiki daya tahan pada tanaman dari serangan hama penyakit dan meningkatkan kandungan bahan organik di dalam tanah.

Salah satu pupuk organik cair yang digunakan yaitu pupuk organik cair dari limbah bonggol pisang. Dalam bonggol pisang juga berpotensi digunakan sebagai sumber mikroorganisme lokal karena kandungan gizi dalam bonggol pisang dapat digunakan sebagai sumber makanan sehingga mikroba berkembang dengan baik. Pupuk organik cair (POC) bonggol pisang memiliki peranan dalam masa pertumbuhan vegetatif tanaman dan tanaman toleran terhadap penyakit, kadar asam fenolat yang tinggi membantu pengikatan ion-ion Al, Fe dan Ca sehingga membantu ketersediaan Fosfor (P) tanah yang berguna pada proses pembungaan dan pembentukan buah. POC bonggol pisang memiliki kandungan unsur P berkisar antara 0,2 – 0,5% yang bermanfaat menambah nutrisi untuk pertumbuhan dan produksi tanaman (Harahap, dkk, 2020).

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan POC memiliki manfaat dan peranan masing-masing seperti Air cucian beras mengandung beberapa nutrisi yang dibutuhkan tanaman dan dapat membuat tanaman menjadi lebih subur. Selain, nutrisi, air cucian beras atau juga mengandung beberapa jenis bakteri yang bermanfaat untuk tanaman; Air kelapa muda berperan sebagai sumber mineral, vitamin dan hormone dan berfungsi sebagai perangsang akar, bunga dan daun Urin sebagai sumber hara makro dan mikro lengkap dengan kadar rendah dan siap serap, dan Gula berperan sebagai sumber karbohidrat tambahan sebagai

makanan mikroorganisme untuk mempercepat dekomposisi (penguraian). Berikut tata cara pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) :

1. Menyiapkan alat dan bahan berupa daun hijauan yang mengandung unsur Nitrogen (Kelor, Lamtoro, Gamal, Singkong dll) Buah-buahan yang mengandung unsur Fosfor (Pisang, Nanas, Pepaya, Semangka dll), Kulit buah yang mengandung unsur Kalium (Coklat, kemiri, kopi, sabuk kelapa dll). Bahan pendukung diantaranya air beras, air kelapa muda, dan molase Adapun alat yang digunakan terdiri atas Ember cat, botol kecil, selang, sambungan L, pisau/parang,
2. Semua bahan di cincang sekecil mungkin,
3. Bahan dimasukkan ke dalam ember,
4. Lalu isi dengan air cucian beras dan air kelapa muda sampai 3/4 ember,
5. Masukkan molase secukupnya ke dalam ember, lalu ditutup,
6. Bila sudah tercium bau tape dan banyak putih-putih yang terapung maka pertanda kalau pupuk cair sudah jadi,
7. Masukkan ke dalam botol, tutup rapat.





Gambar 4.1 Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC)

Tahapan teknik aplikasi Pupuk Organik Cair (POC) antara lain :

1. Semprotkan pada tanaman tiap 7 hari sekali, Penyemprotan Pupuk Organik Cair kita anjurkan pada pagi hari dan selesai semprot 2 jam setelah matahari terbit. Disini Pupuk Organik Cair mengandung banyak sekali unsur mikro yang dimana kita mengejar inframerah pada pagi hari yang membantu mempercepat penyerapan nutrisi dari daun ke seluruh tubuh tanaman.
2. Tidak disarankan mencampur pupuk daun dengan bahan aktif atau pupuk kimia kecuali dengan Asam Amino Hayati.

Adapun fungsi POC yaitu:

1. Meningkatkan kesuburan tanah
2. Mempercepat fotosintesis
3. Menyiapkan hara didalam tanah
4. Recofry tanaman

Kekurangan POC :

1. Tidak praktis
2. Aplikasinya terus berulang
3. Tidak tahan dengan sinar uv/sinar matahari

Dosis Aplikasi :

1. Vegetatif 20 ml / 1 liter air
2. Generatif 20 ml / 1 liter air

3. Tanaman sakit 40-50 ml / 1 liter air

Bahan POC mengandung: N = Hijauan

P = Buah-buahan

K = Sabuk kelapa / bonggol pisang.

B. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

PGPR adalah sejenis bakteri yang hidup di sekitar perakaran tanaman. Bakteri tersebut hidupnya secara berkoloni menyelimuti akar tanaman. Bagi tanaman keberadaan mikroorganisme ini akan sangat baik. Bakteri ini memberi keuntungan dalam proses fisiologi tanaman dan pertumbuhannya. Sejumlah bakteri penyedia hara yang hidup pada rhizosfer akar (rhizobakteri) disebut sebagai rhizobakteri pemacu tumbuh tanaman (*plant growth promoting rhizobacteria* = PGPR). Kelompok ini mempunyai peranan ganda di samping (1) menambat N₂, juga; (2) menghasilkan hormon tumbuh (seperti IAA, giberelin, sitokinin, etilen, dan lain-lain); (3) menekan penyakit tanaman asal tanah dengan glukonase, kitinase, sianida memproduksi siderofor; dan (4) melarutkan P dan hara lainnya (Alfajri & Firmansyah, 2022).

Berbagai jenis bakteri telah diidentifikasi sebagai PGPR. Sebagian besar berasal dari kelompok gram-negatif dengan jumlah strain paling banyak dari genus *Pseudomonas* dan beberapa dari genus *Serratia*. Selain kedua genus tersebut, dilaporkan antara lain genus *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Flavobacterium* dan *Bacillus*. Meskipun sebagian besar *Bacillus* (gram-positif) tidak tergolong mengkoloni akar, beberapa strain tertentu dari genus ini ada yang mampu melakukannya sehingga bisa digolongkan PGPR (Rahni, 2012).

Berikut proses pembuatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang dilakukan di UPT BTPH Sulawesi Selatan:

1 Mempersiapkan bahan dan alat

Bahan dan alat yang dipersiapkan antara lain adalah panci, kompor, timbangan, corong, penyaring, pengaduk kayu, pisau, dan fermentor sederhana. Sedangkan bahan yang digunakan adalah 1 kg Akar bambu, 20 liter air, 200 gr gula pasir, 20 gr terasi, 2 kg dedak/bekatul dan kapur sirih sebanyak 200 gr.

2 Pembuatan biang PGPR dengan merendam akar bambu dalam air

Pembuatan biang PGPR yaitu dengan membersihkan akar bambu dari tanah yang melekat, selanjutnya rendam akar bambu sebanyak 1 kg kedalam 5 liter air masak yang telah didinginkan, kemudian simpan dalam wadah tertutup selama 3 malam. Setelah 3 malam, hasil rendaman diambil airnya yang merupakan biang PGPR.

3 Memasak bahan-bahan

Memasak air sebanyak 15 liter dalam panci yang telah disediakan, lalu tambahkan semua bahan kecuali biang PGPR diantaranya 200 gr gula pasir, 20 gr terasi, 2 kg dedak/bekatul, dan 2 sdm kapur sirih sebanyak 200 gr, Selama penambahan semua bahan , sebaiknya diaduk terus menerus secara perlahan sampai mendidih agar semua bahan mudah larut dan tercampur dengan baik. Bahan-bahan yang telah di masak inilah yang akan dijadikan sebagai media perkembangan bakteri yang ada pada biang PGPR.

4 Proses fermentasi

Semua bahan yang telah dimasak didinginkan, lalu selanjutnya mencampurkan bahan-bahan tersebut dengan biang PGPR kedalam alat fermentor kemudian di fermentasi selama kurang lebih 14 hari di dalam ruangan agar tidak terpapar sinar matahari langsung. Buka lalu tutup kembali setiap hari untuk membuang gas yang tersisa dalam fermentor.

5 Pengemasan

Setelah proses fermentasi maka selanjutnya adalah proses pengemasan dengan menyaring PGPR yang telah jadi, kemudian hasil saringan dimasukkan kedalam botol atau jerigen yang kedap udara agar PGPR tidak mudah terkontaminasi dan dapat bertahan dalam waktu yang lama.





Gambar 4.2 Pembuatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR).

Penggunaan PGPR banyak memberi kontribusi pada pertumbuhan dan perlindungan tanaman dengan mekanisme kerja sebagai berikut:

1. Menekan penyakit tanaman (bioprotektan) Genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Bulkholderia* dan *Agrobacterium* mampu menekan pertumbuhan penyakit melalui mekanisme :
 - a. Induksi resistensi sistemik dari tanaman.

- b. Produksi siderofor yang mengkhelat besi sehingga besi tidak tersedia untuk pathogen.

c. Sintesis metabolit yang bersifat anti jamur seperti antibiotik, enzim yang mendegradasi dinding sel jamur, atau hidrogen sianida yang menekan pertumbuhan jamur patogen.

d. Mampu berkompetisi dengan patogen untuk nutrisi atau tempat di akar.

2. Memperbaiki ketersediaan nutrisi (biofertilizer)

a. Azotobacter: pemfiksasi nitrogen. b. Azospirillum: pemfiksasi nitrogen. c.

Pseudomonas: melarutkan fosfat

d. Thiobacillus: meningkatkan serapan Sulfur

3. Memproduksi fitohormon (Biostimulan)

Bakteri Azotobacter, Azospirillum, Pseudomonas, dan Bacillus menghasilkan fitohormon (faktor tumbuh) yang menyebabkan tanaman menghasilkan akar rambut dalam jumlah yang lebih besar sehingga meningkatkan permukaan absorptif akar untuk menyerap unsur hara.

4. Fungsi kerja PGPR pada tanaman sebagai upaya perbaikan kualitas tumbuh

a. Menghambat produksi etylen (zat yang menyebabkan tanaman cepat tua dan mati)

b. Meningkatkan penyerapan dan pemanfaatan unsur N oleh tanaman c.

Meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur Fe

d. Meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur S

e. Meningkatkan ketersediaan unsur P Meningkatkan ketersediaan unsur Mn

C. Pestisida Nabati

Menggunakan pestisida kimia seperti pisau bermata dua, bila ditinggalkan akan menyebabkan kelaparan dan bila digunakan juga akan menyebabkan kerusakan lingkungan serta menimbulkan penyakit pada manusia. Residu pestisida dapat menyebabkan kerusakan lingkungan karena rusaknya sumber daya alam, timbulnya pencemaran air, tanah, udara dan tanaman. Terdapat banyak keragaman sumber daya alam tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pestisida nabati, penggunaan pestisida nabati memiliki beberapa manfaat seperti ramah lingkungan, tidak menimbulkan resistensi hama, mengandung unsur hara yang dibutuhkan oleh

tanaman serta kompatibel digabung dengan pengendalian lain dan menghasilkan produk pertanian yang bebas residu pestisida (Irfan, 2016).

Pestisida nabati atau juga disebut dengan pestisida alami yaitu pestisida yang berasal dari tumbuhan merupakan salah satu pestisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangan hama dan penyakit tanaman. Jenis pestisida nabati memiliki ini residu yang mudah terurai (*biodegradable*) di alam dan mudah hilang serta dapat dibuat dengan biaya yang murah sehingga tidak mencemari lingkungan serta relatif aman bagi manusia dan hewan ternak (Kardinan, 2008).

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan pestisida nabati merupakan bahan aktif dari alam yang berasal dari tanaman dengan mengandung metabolit sekunder serta senyawa bioaktif seperti alkaloid, terpenoid, fenolik, dll. Bahan tersebut tentu memiliki manfaat dan perannya masing-masing, seperti daun mimba (*Azadirachta indica* A.) berperan dalam mempengaruhi tingkah laku serangga sehingga serangga akan stress dan kelaparan, daun mindi (*Melia azedarach*) berperan dalam menghambat hama untuk bertelur dan mengusir hama, daun pepaya (*Carica papaya*) memiliki bahan aktif yang dapat mempengaruhi sistem saraf otot, keseimbangan hormon, reproduksi dan sistem pernafasan hama, daun sirsak (*Annona muricata*) berjenis racun dengan menolak dan menghambat nafsu makan hama khususnya serangga, kunyit (*Curcuma domestica*) mengandung senyawa metabolit sekunder yang dapat membasmi jamur patogen penyebab penyakit pada tanaman.

Alat dan Bahan:

Adapun beberapa alat yang digunakan dalam pembuatan Pestisida Nabati yaitu, timbangan, wadah, ulekan untuk menghaluskan bahan, kompor, pengaduk, saringan, jergen. Adapun beberapa bahan yang digunakan dalam pembuatan Pestisida Nabati yaitu plastik, daun mimba, daun mindi, daun pepaya, daun sirsak, kunyit, air, label.

Prosedur Kerja:

1. Menyiapkan bahan yang akan digunakan seperti daun mimba, daun mindi, daun pepaya, daun sirsak, dan kunyit lalu ditimbang.

2. Bahan yaitu daun mimba, daun mindi, daun pepaya, daun sirsak dan kunyit ditumbuk hingga halus.
3. Setelah semua bahan halus, bahan disatukan ke dalam wadah atau panci dan ditambahkan air sebanyak 6 liter.
4. Lalu larutan dimasak hingga mendidih sambil diaduk.
5. Setelah larutan mendidih, larutan didinginkan. Kemudian, larutan disaring lalu dimasukkan ke dalam jerigen.
6. Larutan Pestisida Nabati siap digunakan.





Gambar 4.3 Pembuatan Pestisida Nabati

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam aplikasi pestisida nabati adalah:

- 1 Pestisida nabati mempunyai kemampuan yang lebih rendah daripada pestisida anorganik, sehingga hasilnya tidak bisa dilihat dengan cepat seperti aplikasi pestisida anorganik. Aplikasinya harus dilakukan secara berkala dengan intensitas yang lebih sering daripada pestisida anorganik (misal: seminggu 2 kali) untuk memberikan hasil yang optimal.
- 2 Bahan racun yang terkandung dalam pestisida nabati mudah rusak oleh faktor lingkungan, terutama suhu. Oleh karena itu, aplikasi sebaiknya dilakukan pada waktu sore hari.
- 3 Dengan hanya menggunakan pestisida nabati tidak bisa menjamin permasalahan hama dan penyakit tumbuhan pasti dapat diatasi 100%, oleh karena itu penggunaan metode pengendalian yang lain seperti penggunaan varietas tahan, pemupukan berimbang, sanitasi, rotasi, penggunaan agensia hayati atau bahkan penggunaan pestisida anorganik (kalau memang sangat sangat diperlukan) perlu dilakukan.
- 4 Pemantauan terhadap serangan hama dan penyakit tumbuhan merupakan hal yang paling penting untuk dilakukan.
- 5 Mencegah lebih baik daripada mengobati.

Pestisida nabati dapat diaplikasikan dengan menggunakan alat semprot (sprayer) gendong seperti pestisida kimia pada umumnya. Namun, apabila tidak dijumpai alat semprot, aplikasi pestisida nabati dapat dilakukan dengan bantuan kuas penyapu (pengecat) dinding atau merang yang diikat. Caranya, alat tersebut dicelupkan kedalam ember yang berisi larutan pestisida nabati, kemudian dikibas kibaskan pada tanaman.

Kelebihan pestisida nabati antara lain :

- a. Cepat terurai / terdegradasi oleh sinar matahari,
- b. Memiliki pengaruh yang cepat, yaitu menghentikan nafsu makan serangga walaupun jarang menyebabkan kematian,

- c. Daya racun/Toksisitasnya umumnya rendah terhadap hewan dan relatif lebih aman pada manusia dan lingkungan,

- d. Memiliki spectrum pengendalian yang luas (racun lambung dan syaraf) dan bersifat selektif,
- e. Dapat diandalkan untuk mengatasi OPT yang telah kebal pada pestisida kimia,
- f. Phitotoksitas rendah, yaitu tidak meracuni dan merusak tanaman, serta g. Murah dan mudah dibuat oleh petani.

Adapun kelemahan dari pestisida nabati yaitu :

- a. Daya kerjanya relatif lambat.
- b. Tidak membunuh jasad sasaran secara langsung. c. Tidak tahan terhadap sinar matahari.
- d. Kurang praktis.
- e. Tidak tahan disimpan.
- f. Kadang-kadang harus diaplikasikan / disemprotkan berulang-ulang.

D. *Trichokompos*

Trichokompos merupakan pupuk organik kompos yang terbuat dari bahan-bahan organik dan mengandung cendawan antagonis *Trichoderma* sp. Cendawan ini merupakan salah satu jenis mikroorganisme penghuni tanah yang dapat diisolasi dari perakaran tanaman lapang. *Trichoderma* sp yang terkandung dalam kompos ini berfungsi sebagai dekomposer bahan organik dan sekaligus pengendali Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) penyakit tular tanah. Trichokompos yang diberikan ke dalam tanah dapat memberikan keuntungan antara lain mengandung unsur hara makro dan mikro, memperbaiki struktur tanah, memudahkan pertumbuhan akar tanaman dan menahan air dan meningkatkan aktivitas biologis mikroorganisme tanah yang menguntungkan (Ainiya dkk, 2019).

Trichoderma sp merupakan bioaktivator yang mendekomposisi bahan organik menjadi Trichokompos. Penambahan Trichokompos sebagai bahan organik dapat menambah unsur hara yang dibutuhkan tanaman serta dapat memperbaiki kondisi lahan pertanian, sehingga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, serta dapat

mengurangi biaya pemupukan kimia yang mahal serta tetap menjaga kualitas lingkungan. Keunggulan yang dimiliki Jamur *Trichoderma* sp. diantaranya mudah

untuk diaplikasikan, harganya murah, tidak menghasilkan racun (toksin), ramah lingkungan, tidak mengganggu organisme lain terutama yang berada di dalam tanah, serta dapat meningkatkan residu di tanaman maupun di tanah. Selain kandungan unsur hara yang ada pada kotoran sapi, kemampuan *Trichoderma* sp. sebagai dekomposer juga memiliki kemampuan peran antagonis terhadap penyakit tular tanah, sehingga diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, serta dapat membantu meningkatkan efektivitas biologi tanah yang pada akhirnya dapat meningkatkan kesuburan tanah (Astuti dkk, 2022).

Trichoderma sp merupakan bioaktivator yang mendekomposisi bahan organik menjadi Trichokompos. Penambahan Trichokompos sebagai bahan organik dapat menambah unsur hara yang dibutuhkan tanaman serta dapat memperbaiki kondisi lahan pertanian, sehingga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, serta dapat mengurangi biaya pemupukan kimia yang mahal serta tetap menjaga kualitas lingkungan. *Trichoderma* sp merupakan bioaktivator yang mendekomposisi bahan organik menjadi Trichokompos. Penambahan Trichokompos sebagai bahan organik dapat menambah unsur hara yang dibutuhkan tanaman serta dapat memperbaiki kondisi lahan pertanian, sehingga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, serta dapat mengurangi biaya pemupukan kimia yang mahal serta tetap menjaga kualitas lingkungan (Hartati dkk, 2016).

Alat dan Bahan:

Adapun beberapa alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan Trichokompos yaitu, ember, gembor, 3 liter air, 50 ml molase bisa berupa gula merah atau gula pasir, 100 gram trichoderma yang telah diperbanyak, 30-40 kg kompos yang telah jadi dan diayak hingga halus.

Prosedur Kerja

1. Menyiapkan kompos, jika tekstur kompos kasar kompos dihaluskan terlebih dahulu dengan cara mengayak kompos. Kompos diayak dengan dihamparkan di atas alas karung atau sejenisnya.

2. Saat menambahkan *Trichoderma* pada kompos, tidak dengan ditabur begitu saja namun, perlu ditambahkan bahan-bahan lain. Cara membuatnya yaitu

menyiapkan 3 liter air bersih dalam ember, kemudian tambahkan 100 gram *Trichoderma* lalu diaduk hingga merata agar spora *Trichoderma* dapat larut dalam air. Selanjutnya, ditambahkan 50 ml molase dan diaduk hingga tercampur merata.

3. Larutan yang telah siap dimasukkan ke dalam gembor agar memudahkan saat pengaplikasian. Larutan sedikit demi sedikit disiram ke pupuk kompos sambil terus diaduk hingga merata. Penyiraman ini dilakukan hingga kompos lembab saja dan tidak terlalu basah.
4. Selanjutnya, masukkan kompos yang telah diaplikasikan trichoderma ke dalam karung, ditempatkan pada tempat yang teduh dan terhindar dari sinar matahari maupun hujan. Diamkan selama 5-7 hari sebelum digunakan karena jamur *Trichoderma* secara masif terjadi pada hari ke 5-7 setelah pembuatan.



Gambar 4.4 Pembuatan *Trichokompos*

Manfaat trichokompos adalah menambah jenis dan jumlah hara yang diperlukan tanaman dapat menekan serangan penyakit yang disebabkan oleh jamur atau fungi seperti patogen tular tanah. Pupuk trichokompos yang telah diberikan telah mampu menguraikan beberapa unsur hara yang diperlukan tanaman dan mampu menekan serangan jamur patogen tular tanah yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. pemberian *Trichoderma* dalam kompos (trichokompos) dapat mempercepat penguraian bahan organik dalam kompos, untuk menjadi hara yang tersedia bagi tanaman, serta dapat menumbuhkan zat anti oksidan (Baehaki dkk, 2019).

Pemberian trichokompos selain dapat meningkatkan kesuburan tanah, juga dapat meningkatkan ketahanan biotik tanaman. *Trichoderma* memiliki potensi untuk secara konsisten meningkatkan pertumbuhan tanaman, menekan patogen tular tanah, nematode akar, dan layu bakteri. Pemberian bahan organik ke dalam tanah dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, sebagai penyangga perubahan pH tanah, dan sebagai sumber nutrisi dan pasokan energi untuk biomassa mikroba tanah. Pemberian bahan organik yang telah dikomposkan dengan bantuan mikroorganisme *Trichoderma* akan semakin meningkatkan kemampuannya memperbaiki kesuburan tanah, karena selain mengandung jumlah C yang cukup tinggi, juga mampu menyediakan hara yang lebih lengkap. Pemberian trichokompos ke dalam tanah akan sangat bermanfaat untuk pemenuhan kebutuhan N tanaman (Ichwan dkk, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Ainiya, M., Fadil, M., & Despita, R. (2019). Peningkatan pertumbuhan dan hasil jagung manis dengan pemanfaatan trichokompos dan POC daun lamtoro. *Agrotechnology Research Journal*, 3(2), 69-74.
- Alfajri, F., & Firmansyah, A. P. (2022, December). Pembuatan *Plants Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dari Akar Bambu (*Bambusa* sp.). In *Prosiding Seminar Nasional Kuliah Kerja Nyata Muhammadiyah'asiyah* (Vol. 1, pp. 202-205).
- Arsi, A., Pujiastuti, Y., Kusuma, S. S. H., & Gunawan, B. (2020). Eksplorasi, isolasi dan identifikasi Jamur entomopatogen yang menginfeksi serangga hama. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*, 1(2), 70-76.
- Astuti, A. A. R., Nuraini, Y., & Baswarsati, B. (2022). Pemanfaatan trichokompos dan pupuk kandang sapi untuk perbaikan sifat kimia tanah, pertumbuhan, dan produksi tanaman bawang putih (*Allium Sativum* L.). *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 243-253.
- Ataribaba, Y., Peten, P. S., & Mual, C. D. (2021). Pengaruh Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Di Kampung Sidomulyo, Distrik Oransbari, Kabupaten Manokawari Selatan, Provinsi Papua Barat. *Jurnal Triton*, 12(2), 66-78.
- Ayudya DWIR, herlindas, Suwandi S. 2019. Insecticidal activity of culture filtrates from liquid medium of *Beauveria bassiana* isolates from South Sumatra (Indonesia) wetland soil against larvae of Spodoptera litura. *Jurnal Biodiversitas*. 20(8):2101–2109.
- Baehaki, A., Muchtar, R., & Nurjasmii, R. (2019). Respon tanaman bawang merah terhadap dosis Trichokompos. *Jurnal Ilmiah Respati*, 10(1), 28-34.
- Chrisnawati, c., sudjijo, s., marlen, l., & nasrun, n. 2017. Evaluation of *pseudomonas fluorescens* antagonist to control fusarium wilt disease on tomato. In *prosiding seminar nasional masyarakat biodiversitas indonesia* (vol. 3, no. 2, pp. 273-277).
- Effendi E., Et al. 2022. Perbanyak Bakteri *Paenibacillus polymyxa* Untuk Pengendalian Kresek Pada Tanaman Padi (*Oriza satyva*). *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol 2 (1).
- Gothandapani, S., Boopalakrishnan, G., Prabhakaran, N., Chethana B.S., Ara vindhan, M., Saravanakumar, M., and Ganeshan, G. 2014. Evaluation of Entomopora thogenic Fungus Against Alternaria porri (Ellis) Causing Purple Blotch Disease of Onion. *Phytopathology and Plant Protection* 48(2): 135-144.
- Harahap, R., Gusmeizal, G., & Pane, E. (2020). Efektifitas Kombinasi Pupuk Kompos Kubis-Kubisan (*Brassicaceae*) dan Pupuk Organik Cair Bonggol Pisang terhadap Produksi Kacang Panjang (*Vigna Sinensis* L.). *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, 2(2), 135-143.
- Hartati, R., Yetti, H., & Puspita, F. (2016). Pemberian Trichokompos Beberapa Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata* Sturt) (Doctoral dissertation, Riau University).

- Hastuti, D., Rusbana, T. B., & Hidayatullah, D. N. (2017). Pengaruh Lama Penyimpanan Jamur *Metarhizium anisopliae* Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (Spodoptera litura F.) Di Laboratorium. *Jurnal Agroekoteknologi*, 9(1).
- Hasyim A, Setiawati W, Hudayya A, luthfyn. 2016. Sinergisme jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dengan insektisida kimia untuk meningkatkan mortalitas ulat bawang Spodoptera exigua. *Jurnal Hortikultura*. 26(2):257-266.
- Heriyanto, H. Kajian Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium* dengan *Trichoderma* pada Tanaman Tomat. 2019. *Jurnal Triton*, 10(1), 45-58.
- Hidayati, L., & Zufanedi, Y. (2023). Jamur Entomopathogen *Beauveria bassiana* Sebagai Pengendali Hayati Nyamuk. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(6), 2517-2524.
- Husnaeni, F., & Setiawati, M. R. (2018). Pengaruh pupuk hayati dan anorganik terhadap populasi azotobacter, kandungan N, dan hasil pakcoy pada sistem nutrient film technique. *Jurnal Biodjati*, 3(1), 90-98.
- Ichwan, B., Irianto, I., Eliyanti, E., Zulkarnain, Z., Nizoridan, A., & Pangestu, Y. R. (2022). Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah Pada Berbagai Dosis Trichokompos Kotoran Sapi. *Jurnal Media Pertanian*, 7(1), 31-37.
- Irfan, M. (2016). Uji Pestisida Nabati Terhadap Hama dan Penyakit Tanaman. *Jurnal Agroteknologi*, 6(2), 39-45.
- Istiqomah, I., & Kusumawati, D. E. (2018). Pemanfaatan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam pengendalian hayati *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada tomat. *Jurnal Agro*, 5(1).
- Jumadi, O., & Caronge, W. (2021). *Trichoderma dan pemanfaatan*. Penerbit Jurusan Biologi Fmipa Unm Kampus Unm Parang tambung Jalan Malengkeri Raya. Makasar.
- Kadir, T., S. I. Hanarida. Utami,W. Koerniati, S. Ambarwati, A.D. Apriana, A. Sisharmini. 2009. Evaluasi ketahanan populasi haploid ganda silangan IR64 dan *Oryza rufipogon* terhadap hawar daun bakteri pada stadia bibit. *Bul. Plasma Nutfah*. 15:13-19.
- Kansrini, Y. (2017). Uji berbagai jenis media perbanyakan terhadap perkembangan jamur *Beauveria bassiana* di Laboratorium. *Jurnal Agrica Ekstensia*, 9(1), 34-39.
- Kantikowati, E., Haris, R., & Anwar, S. (2018). Aplikasi agen hayati (*Paenibacillus polymixa*) terhadap penekanan penyakit hawar daun bakteri serta hasil dan pertumbuhan padi hitam (*Oryza sativa*) var. Lokal. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 6(2), 134-142.
- Kantikowati E., Ridwan, H., Karya., Saiful, A. 2018. Aplikasi Agen Hayati (*Paenibacillus polymixa*) terhadap Penekanan Penyakit Hawar Daun Bakteri Serta Hasil dan Pertumbuhan Padi Hitam (*Oryza sativa*)Var. Lokal. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. Vol 6 (2).
- Lestari, S. A., Kulsum, U. & Ramdan, E. P. (2021). Efikasi beberapa agens hayati terhadap penekanan pertumbuhan *Pyricularia grisea* secara in vitro. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*, 23(1), 31-36.

- Manuhara, S. W. 2010. Isolasi dan Karakterisasi Enzim B-1,3-glukanase dari Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* cv. *Capitate* L.). *Jurnal Penelitian Berkala Hayati*, 15:99-105.
- Muis, A. (2016). Prospek *Bacillus subtilis* sebagai agen pengendali hayati patogen tular tanah pada tanaman jagung.
- Moelyohadi, Y., Harun, M. U., Hayati, R., & Gofar, N. (2012). Pemanfaatan berbagai jenis pupuk hayati pada budidaya tanaman jagung (*Zea mays*. L) efisien hara di lahan kering marginal. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 1(1).
- Nasahix C. Ir.MS, (2010). *Peran Mikroba Dalam Pertanian Organik*. Universitas Pajajaran. Bandung.
- Novianti, D. (2018). Perbanyakkan Jamur *Trichoderma* sp pada Beberapa Media. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 15(1), 35-41.
- Nuryanti, N. S. P., Wibowo, L., & Azis, A. (2012). Penambahan beberapa jenis bahan nutrisi pada media perbanyakkan untuk meningkatkan virulensi *Beauveria bassiana* terhadap hama walang sangit. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 12(1), 64-70.
- Rahni, N. M. (2012). Efek fitohormon PGPR terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays*). *CEFARS: Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*, 3(2), 27-35.
- Rosmayuningsih, A. (2014). *Patogenisitas Jamur Metarhizium anisopliae Terhadap Kepinding Tanah (Stibaropus molginus)(Hemiptera: Cydnidae) dari Beberapa Formulasi* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Rosmayuningsih, A., Rahardjo, B. T., & Rachmawati, R. (2014). Patogenisitas jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap hama kepinding tanah (*Stibaropus molginus*)(Hemiptera: Cydnidae) dari beberapa formulasi. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 2(2), 28-37.
- Rosalind, R. 2000. The Effect of Certain Nutrients on Conidial Germination of *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces jamosoroseus*. USDA: Agricultural Research Service, Tektran.
- Schuster, A., & Schmoll, M. (2010). Biology and biotechnology of *Trichoderma*. *Microbiol Biotechnol*, 87(1), 787-799. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-2632-1>
- Septiana N, rosae, Ekowati CN. 2019. Isolasi dan identifikasi jamur entomopatogen sebagai kandidat bioinsektisida lalat rumah (*Musca domestica*). *BIOSFER: Jurnal Tadris Biologi* 10(1):87-94
- Setiaji, A., Annisa, R. R. R., & Rahmandhias, D. T. (2023). Bakteri *Bacillus* Sebagai Agen Kontrol Hayati dan Biostimulan Tanaman. *Rekayasa*, 16(1), 96-106.
- Sopialena. 2018. *Pengendalian Hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba*. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Tanada, Y dan Kaya, H.K. 1993. *Insect Pathology*. New York: San Diego Academic Press, INC. Harcourt BraceJovanovich, Publisher.
- Wardati, I., Erawati, D. N., Suharto, S., Aji, J. M. M., Ida, N. C., & Suprpti, Y. (2021). Jalur Infeksi *Beauveria Bassiana* Dan *Metarhizium Anisopliae* Sebagai Pengendali Hayati Coleoptera: *Oryctes rhinoceros* L. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 21(3), 220-226.

- Wulandari, R., Lesmina, F., Putri, R. S., & Advinda, L. (2022). Isolasi Jamur Trichoderma spp. Pengendali Penyakit Tanaman dari Rizosfer Padi (*Oryza sativa*). In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 2, No. 2, pp. 616-622).
- Zhang WJ, Jiang FB, Ou JF. 2011. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings IAEES*. 1(2):125–144.

