

**DISERTASI**

**POTENSI BAKTERI RIZOSFER DAN ENDOFIT SEBAGAI  
PENGENDALI HAYATI PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI  
(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* L.) PADA TANAMAN PADI**

*THE POTENTIAL OF RHIZOSPHERE AND ENDOPHYTE  
BACTERIA AS BIOLOGICAL CONTROL DISEASE OF  
BACTERIAL LEAF BLIGHT (*Xanthomonas oryzae*  
pv. *oryzae* L.) IN RICE PLANTS*

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI HERWATI**

**P0100316412**



**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

## LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

### POTENSI BAKTERI RIZOSFER DAN ENDOFIT SEBAGAI PENGENDALI HAYATI PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* L.) PADA TANAMAN PADI

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI HERWATI**  
**P0100316412**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Doktor Program Studi Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada tanggal 01 Pebruari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Promotor,



Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl. Ing  
NIP. 19601224 198601 1 001

Co Promotor,



Dr. Ir. Muh. Jayadi, MP  
NIP. 19590926 198601 1 001

Co Promotor,



Dr. Andi Masniawati, S.Si., M.S  
NIP. 19700213 199603 2 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Darmawan Salman, M.S  
NIP. 19630606 198803 1 004

Dekan Sekolah Pascasarjana,



Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc  
NIP. 19670308 19903 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Andi Herwati  
NIM : P0100316412  
Program Studi : Ilmu Pertanian  
Jenjang : S3

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**POTENSI BAKTERI RIZOSFER DAN ENDOFIT SEBAGAI  
PENGENDALI HAYATI PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI  
(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* L.) PADA TANAMAN PADI**

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

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Pebruari 2021

Yang menyatakan



**ANDI HERWATI**

## PROMOTOR, KOPROMOTOR DAN PENGUJI

- i. PROMOTOR : Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl.Ing
- ii. KOPROMOTOR : Dr. Ir. Muh. Jayadi, MP
- iii. KOPROMOTOR : Dr. Ir. Andi Masniawati, S.Si., M.Si
- iv. PENGUJI EKSTERNAL : Dr. Ir. Abdul Munif, MSc, Agr
- v. PENGUJI : Prof Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc,
- vi. PENGUJI : Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl., Ing. Agr
- vii. PENGUJI : Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana. M.Sc
- viii. PENGUJI : Prof. Dr. Ir. A. Nasruddin. M.Sc

## PRAKATA

***Bismillahir Rahmanir Rahim***, Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini, sebagai salah satu syarat dalam rangka penyelesaian Pendidikan Doktor pada Program Studi Ilmu Pertanian Universitas Hasanuddin.

Dalam penelitian ini tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat limpahan rahmat dan hidayah Allah SWT, serta dorongan dan dukungan dari berbagai pihak yang dengan tulus ikhlas, sehingga kesulitan dan hambatan tersebut dapat penulis lalui. Oleh karena itu penulis tak lupa menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl. Ing, yang dengan segala kesibukan beliau telah meluangkan waktu dalam konsultasi, memberi bimbingan, arahan dan motivasi dalam menyelesaikan disertasi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Muh. Jayadi, MP dan Ibu Dr. Andi Masniawati, S.Si., M.Si selaku kopromotor yang dengan ikhlas meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan saran-saran berharga selama penyelesaian disertasi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc, Bapak Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl. Ing. Agr, Bapak Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, M.Sc dan Bapak Prof. Dr. Ir. A. Nasruddin. M.Sc selaku tim penguji internal dan Bapak Dr. Ir. Abdul Munif, MSc, Agr selaku penguji eksternal, yang telah meluangkan

waktunya untuk memberi saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian disertasi ini.

4. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang bekerjasama dengan kementerian RistekDikti yang telah memberikan bantuan Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia\_Dalam Negeri (BUDI-DN).
5. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Sekolah Pascasarjana, Wakil Dekan, Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian beserta seluruh staf Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
6. Rektor Universitas Muslim Maros beserta Wakil Rektor, yang memberi kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan, Dekan beserta Wakil Dekan, rekan sejawat dan staf Dosen Fakultas Pertanian, Peternakan dan Kehutanan Universitas Muslim Maros.
7. Teman-teman seangkatan Program Doktor Ilmu Pertanian 2016 yang luar biasa. Rekan-rekan peneliti dan staf Laboratorium Puslitbang PKP, Laboratorium Penyakit Departemen Hama dan Penyakit Tanaman Universitas Hasanuddin.
8. Ayahanda (Alm) Andi Marwan, A. Md serta Ibunda Andi Bungaria yang dengan tulus ikhlas menemani, mendampingi, memberi dorongan, memotivasi dan tidak henti-hentinya mendoakan penulis hingga dapat menyelesaikan jenjang pendidikan S3. Dan bapak mertua (Alm) H. Andi Akal Mallu serta ibu mertua (Alm) Hj. Andi Sitti Rukiah.
9. Suami tercinta (Alm) Dr. Andi Muhammad Nasrum, SE., MM yang selama hidupnya telah memberi motivasi kepada penulis untuk

melanjutkan pendidikan, serta anak-anaku tercinta Andi Tenri Sapada, Andi Mappincara dan Andi Batara Lipu yang dengan sabar dan tulus ikhlas mendampingi penulis dalam menyelesaikan pendidikan.

10. Adinda tercinta Andi Sukmawati Marwan, S.Pdi dan Abdul Wahab, Andi Muhammad Nursyam Marwan, A.Md dan Mardiana, Am.Kg yang banyak memberi dukungan, motivasi dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan.
11. Kakak ipar Andi Haris Akmal, SP, Dra. Hj. Andi Hartini Akmal, Andi Mappillawa Akmal, SE, Dr. Hj. Andi Tenri Uleng Akmal, SE., MM dan Andi Faisal Akmal, S.Si yang banyak memberi bantuan dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan.
12. Civitas dan seluruh mahasiswa Fapertahut UMMA khususnya mahasiswa yang terlibat dalam penelitian penulis.

Semoga bantuan dan keikhlasan yang diberikan kepada penulis, dapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin.

Penulis sangat berharap semoga penelitian ini dapat memberikan tambahan informasi kepada masyarakat khususnya petani, dan bermanfaat untuk pengembangan ilmu ke depan. Demikian pula kepada penulis sendiri, banyak mendapat pengetahuan dan pengalaman berharga dari penelitian ini.

*Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Makassar, Januari 2021

**ANDI HERWATI**

## ABSTRAK

**ANDI HERWATI.** *Potensi Bakteri Rizosfer dan Endofit sebagai Pengendali Hayati Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* L.) pada Tanaman Padi* (dibimbing oleh **Baharuddin, Muh. Jayadi** dan **Andi Masniawati**).

Penelitian ini bertujuan menganalisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap bakteri *Xoo*, mengidentifikasi sifat karakteristik morfologi dan fisiologi, memproduksi hormon tumbuh, memacu pertumbuhan tanaman padi dan sebagai agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

Penelitian ini terdiri dari lima tahapan, yaitu (1) Menganalisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap *Xoo* secara *in vitro*, (2) Mengidentifikasi karakteristik morfologi dan fisiologi isolat bakteri rizosfer dan endofit, (3) Menganalisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit memproduksi hormon tumbuh, (4) Menganalisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit memacu pertumbuhan tanaman padi dan (5) Menganalisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua puluh delapan isolat bakteri yang mampu menghambat pertumbuhan *Xoo* secara *in vitro*, sebelas isolat bakteri rizosfer dan tujuh belas isolat bakteri endofit. Dan teridentifikasi sebagai genus *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus*, *Erwinia*, *Clostridium* dan *Xanthomonas*. Isolat bakteri rizosfer yang mempunyai sifat unggul adalah AHR8GS memproduksi IAA dan AHR1GS melarutkan fosfat dan memproduksi katekol. Isolat bakteri endofit yang mempunyai sifat unggul adalah AHE19LS mampu menghambat *Xoo* secara *in vitro* dan memproduksi salisilat dan AHF10MS memproduksi giberelin. Semua isolat bakteri mampu memproduksi HCN dan memacu pertumbuhan tanaman padi. Isolat bakteri AHR1GS, AHR3MS dan AHR10GS merupakan bakteri rizosfer mampu menghambat pertumbuhan *Xoo* dengan menimbulkan keparahan penyakit terendah 4,13%, 4,53% dan 4,55%, dengan penghambatan relatif terhadap *Xoo* sebesar 65,91%, 62,63% dan 62,52%. dan berpotensi sebagai agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

Kata kunci: *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* L. rizosfer, endofit



## ABSTRACT

**ANDI HERWATI.** *The Potential of Rhizosphere Bacteria and Endophyte as Biological Control Disease of Bacterial Leaf Blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* L.) in Rice Plants* (supervised by **Baharuddin, Muh. Jayadi,** and **Andi Masniawati**).

The study aims to analyze the potential isolation of the rhizospheric bacteria and endofit as antagonistic bacteria againts xoo, identifying the charactetistics of morphology and physiology, producing growth hormones, stimulate the growth of rice plants and as an agent of biological control diseases of rice plants.

The study consisted of five stages (1) analyzing the abilities of the rhizosphere bacterial isolates and endophyte as antagonistic bacteria of xoo in vitro, (2) identifying the characteristics of morphology and the isolates physiology of the rhizosphere bacteria and endophyte, (3) analyzing the capability of isolates rhizosphere bacteria and endophyte produce growth hormones, (4) analyzing isolates capabilities of the rhizosphere bacteria and endophyte promoting the growth of rice plants and, (5) analyzing the isolates capabilities of rhizosphere bacteria and endophyte as agents of biological control of the bacterial leaf blight disease of the rice plants.

The results of the research indicate that there are twenty-eight bacterial isolates rhizosphere and endophyte that were able to inhibit the growth of *Xoo* in vitro. Eleven isolates of rhizosphere bacteria and seventeen endophyte bacteria. And identified as the genus *Pseudomonas flouresen*, *Bacillus*, *Erwinia*, *Clostridium* dan *Xanthomonas*. The rhizosphere isolates bacteria that has it the superior nature is that AHR8GS able to produce IAA and AHR1GS able to dissolve phosphate and produce katekol. Endophyte bacteria that have superior nature is that AHE19LS able to inhibit xoo in vitro and produce salicylates and AHF10MS produce gibberellins. All bacterial isolates able to produce HCN and stimulate the growth of rice. Isolates bacteria AHR1GS , AHR3MS and AHR10GS are bacteria the rhizosphere was able to impede *Xoo* growth by giving rise lowest percentage disease 4,13%, 4,53% and 4,55%. With relative barriers to the *Xoo* at 65,91%, 62,63% and 62,52%. And potential as an agent of biological control bacterial leaf blight disease of rice plants.

Kata kunci: *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* L. rhizosphere, endophyte

## DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	11
C. Tujuan Penelitian	12
D. Kegunaan Penelitian	13
E. Kebaruan Penelitian	13
F. Ruang Lingkup Penelitian	14
II TINJAUAN PUSTAKA	16
A. Tanaman Padi	16
1. Sejarah singkat tanaman padi	16
2. Deskripsi tanaman padi	17
3. Syarat tumbuh tanaman padi	18
4. Klasifikasi tanaman padi	20

B. Penyakit Hawar Daun Bakteri ( <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> L.)	21
1. Sejarah dan penyebaran penyakit hawar daun bakteri	21
2. Daur hidup penyakit hawar daun bakteri	24
3. Biologi dan ekologi penyakit hawar daun bakteri	26
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit	31
5. Patotipe hawar daun bakteri	34
6. Pengendalian penyakit hawar daun bakteri	36
7. Mekanisme ketahanan tanaman padi terhadap penyakit hawar daun bakteri	39
C. Mikroba Rizosfer	40
D. Mikroba Endofit	44
E. Pengendalian Hayati	51
F. Hipotesis	54
G. Kerangka Pikir Penelitian	55
H. Tahapan Pelaksanaan Penelitian	56
III METODE PENELITIAN	57
A. Tempat dan Waktu Penelitian	57
B. Tahapan Pelaksanaan Penelitian	57
C. Pelaksanaan penelitian	58
1. Penelitian tahap I: Analisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap <i>Xoo</i> secara <i>in-vitro</i>	58
a. Isolasi dan perbanyakan bakteri rizosfer tanaman padi	59
b. Isolasi dan perbanyakan bakteri endofit tanaman padi	60

c. Analisis isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap <i>Xoo</i> secara <i>in-vitro</i>	62
2. Penelitian tahap II: Karakterisasi morfologi dan fisiologi isolat bakteri rizosfer dan endofit	64
a. Uji keamanan hayati isolat bakteri rizosfer dan endofit	65
b. Karakterisasi morfologi	67
c. Karakteristik fisiologi	68
3. Penelitian tahap III: Analisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit memproduksi hormon tumbuh: biostimulan (IAA dan giberelin), biofertilizer (pelarut fosfat dan fiksasi nitrogen) dan bioprotektan (siderofor tipe salisilat dan katekol, dan produksi HCN)	72
a. Analisis isolat bakteri rizosfer dan endofit berpotensi sebagai biostimulan	73
b. Analisis isolat bakteri rizosfer dan endofit berpotensi sebagai biofertilizer	77
c. Analisis isolat bakteri rizosfer dan endofit berpotensi sebagai bioprotektan	82
4. Penelitian tahap IV: Analisis pemacu pertumbuhan tanaman padi pada botol kultur	85
a. Persiapan inokulan isolat bakteri dan media tumbuh pada cawan petri	87
b. Persiapan inokulan isolat bakteri dan media tumbuh pada botol kultur	88
c. Parameter pengamatan	88
5. Penelitian tahap V. Analisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri ( <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> L.) pada tanaman padi	90
a. Perendaman benih	92
b. Persiapan media tanam	93
c. Penanaman	94
d. Inokulasi isolat bakteri rizosfer dan endofit ke tanaman padi	94
e. Inokulasi bakteri <i>Xanthomonas oryzae</i> pv <i>oryzae</i> . L ke tanaman padi	95
f. Pengamatan gejala penyakit dan pengukuran penyakit	95

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	96
A. Hasil	96
1. Penelitian tahap I: Analisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap <i>Xoo</i> secara <i>in-vitro</i>	96
a. Isolasi mikroba rizosfer dan endofit	96
b. Analisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap <i>Xoo</i> secara <i>in vitro</i>	96
2. Penelitian tahap II: Karakterisasi morfologi dan fisiologi isolat bakteri rizosfer dan endofit	102
a. Uji keamanan hayati isolat bakteri rizosfer dan endofit	102
b. Karakterisasi morfologi isolat bakteri rizosfer dan endofit	103
c. Karakterisasi fisiologi isolat bakteri rizosfer dan endofit	104
3. Penelitian tahap III. Analisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit memproduksi hormon tumbuh: biostimulan (IAA dan giberelin), biofertilizer (pelarut fosfat dan fiksasi nitrogen) dan bioprotektan (siderofor tipe salisilat dan katekol, dan produksi HCN)	112
a. Analisis isolat bakteri rizosfer dan endofit berpotensi sebagai biostimulan	112
b. Analisis isolat bakteri rizosfer dan endofit berpotensi sebagai bioertilizer	116
c. Analisis isolat bakteri rizosfer dan endofit berpotensi sebagai bioprotektan	120
4. Penelitian tahap IV. Analisis pemacu pertumbuhan tanaman padi pada botol kultur	124
5. Penelitian tahap V: Analisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri ( <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> L.) pada tanaman padi	131

B. Pembahasan	135
1. Analisis bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap <i>Xoo</i> secara <i>in-vitro</i>	138
2. Karakterisasi morfologi dan fisiologi isolat bakteri rizosfer dan endofit	141
3. Analisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit memproduksi hormon tumbuh	154
4. Analisis pemacu pertumbuhan tanaman padi pada botol kultur	167
5. Analisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri ( <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> L) pada tanaman padi	171
V. KESIMPULAN DAN SARAN	176
A. Kesimpulan	176
B. Saran	177
DAFTAR PUSTAKA	178
LAMPIRAN	215

**DAFTAR TABEL**

nomor		halaman
1	Hasil analisis isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap <i>Xoo</i> secara <i>in vitro</i>	98
2	Hasil karakterisasi morfologi dan fisiologi isolat bakteri rizosfer dan endofit	110
3	Rata-rata tinggi tanaman, panjang akar, bobot segar dan bobot kering pada perkecambahan tanaman padi dengan perlakuan perendaman isolat bakteri rizosfer dan endofit	125
4	Rekapitulasi isolat unggul bakteri rizosfer dan endofit padi	130
5	Hasil analisis keparahan penyakit hawar daun bakteri dan penghambatan relatif isolat bakteri rizosfer dan endofit pada tanaman padi	132

## DAFTAR GAMBAR

nomor		halaman
1	Daur hidup bakteri hawar daun (BLB). (Sumber: IRRI Knowledgebank)	25
2	Bakteri <i>Xoo</i> , koloni bakteri pada media NA, daun padi yang terinfeksi <i>Xoo</i> (Tasliah, 2012)	31
3	Kerangka pikir penelitian	55
4	Tahapan pelaksanaan penelitian	56
5	Seri pengenceran isolat bakteri (Varghese and Joy 2014)	60
6	Perbedaan dinding sel bakteri gram positif dengan gram negatif (sumber: Buku Pedoman OPTK, 2008)	69
7	Persamaan garis kurva standar IAA	75
8	Persamaan garis kurva standar GA3	76
9	Persamaan garis kurva standar PO4 (Titrisol)	80
10	Persamaan garis kurva standar natrium salisilat	83
11	Persamaan garis kurva standar 2,3 DHBA	84
12	Uji isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap patogen <i>Xoo</i> : (a) indeks penghambatan lemah (b) indeks penghambatan sedang, (c) indeks penghambatan kuat dan (d) indeks penghambatan sangat kuat	101
13	Uji keamanan hayati (a) reaksi hipersensitif pada tanaman tembakau, (b) reaksi aktivitas hemolisis pada medium BAP	103
14	Uji reaksi gram: (a) bakteri Gram positif dan (b) bakteri Gram negatif	105



15	Uji oksidatif fermentatif: (a) oksidatif negatif, (b) oksidatif fositif, (c) fermentatif negatif, d. fermentatif positif	106
16	Uji pigmen flouresen: (a) reaksi positif, (b) reaksi negatif	107
17	Analisis katalase: (a) kontrol, (b) katalase positif, (c) katalase negatif	108
18	Analisis produksi IAA secara kualitatif: (a) tingkat perubahan warna, (b) reaksi positif isolat bakteri	113
19	Analisis kuantitatif tingkat konsentrasi IAA isolat bakteri rizosfer dan endofit	114
20	Analisis produksi giberelin secara kualitatif dengan perubahan warna menjadi kecoklatan	115
21	Analisis kuantitatif tingkat konsentrasi giberelin isolat bakteri rizosfer dan endofit	116
22	Analisis produksi fosfat secara kualitatif dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri	117
23	Analisis produksi fosfat secara kualitatif pada media pikovskaya cair dengan perubahan warna supernatan menjadi biru pekat	118
24	Analisis kuantitatif tingkat konsentrasi fosfat isolat bakteri rizosfer dan endofit	119
25	Analisis kualitatif isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai penambat nitrogen pada medium Burk-N bebas. (a) daun, (b) akar dan (c) rizosfer	119
26	Analisis kandungan nitrogen total isolat bakteri rizosfer dan endofit dengan metode Kjehdal	120
27	Analisis produksi siderofor isolat bakteri rizosfer dan endofit secara kualitatif dengan perubahan warna supernatan menjadi biru tua setelah ditambahkan reagen <i>Hathway</i>	121

28	Analisis kuantitatif konsentrasi siderofor isolat bakteri rizosfer dan endofit	122
29	Analisis produksi HCN dengan perubahan warna kertas saring menjadi coklat yang mengandung larutan <i>cyanide detection solution</i>	123
30	Perlakuan isolat bakteri AHR3MS menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi	127
31	Perlakuan isolat bakteri AHF1MS, AHF9LS dan isolat AHR2KS menghasilkan rata-rata bobot kering tertinggi	127
32	Hasil pengamatan gejala penyakit pada daun padi yang diinokulasi <i>Xoo</i> dengan perlakuan isolat bakteri rizosfer dan endofit.	133

**DAFTAR LAMPIRAN**

nomor		halaman
1	Hasil analisis isolat bakteri rizosfer dan endofit berpotensi sebagai biostimulan, biofertilizer dan bioprotektan	215
2a	Rata-rata tinggi tanaman padi (cm) umur 14 HST	216
2b	Sidik ragam rata-rata tinggi tanaman padi 14 HST	217
3a	Rata-rata panjang akar (cm) umur 14 HST	218
3b	Sidik ragam rata-rata panjang akar (cm) 14 HST	219
4a	Rata-rata bobot segar tanaman (g) umur 14 HST	220
4b	Sidik ragam bobot segar tanaman (g) 14 HST	221
5a	Rata-rata bobot kering tanaman (g) umur 14 HST	222
5b	Sidik ragam bobot kering tanaman (g) 14 HST	223
6	Deskripsi Tanaman Padi Varietas Inpari 38	224
7	Deskripsi Tanaman Padi Varietas Inpari 39	225
8	Deskripsi Tanaman Padi Varietas Inpari 42	226

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang vital di dunia dan termasuk ketahanan pangan pada beberapa negara (Remans *et al*, 2014). Sektor pertanian memiliki kontribusi yang sangat signifikan terhadap pencapaian tujuan program Sustainable Development Goals (SDG's) yang kedua yaitu tidak ada kelaparan, mencapai ketahanan pangan, perbaikan nutrisi, serta mendorong budidaya pertanian yang berkelanjutan (BPS, 2016). Di Indonesia, peranan sektor pertanian juga tidak kalah pentingnya karena sektor ini merupakan penyumbang terbesar kedua terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) yang berperan sebagai pendorong pertumbuhan ekonomi nasional. Saat ini, pemerintah Indonesia juga sedang gencar melancarkan program-program yang berhubungan dengan peningkatan kapasitas produksi komoditas pertanian dalam upaya mendukung terwujudnya swasembada pangan di Indonesia (BPS, 2018).

Padi (*Oryza sativa*) menjadi salah satu komoditas andalan penyumbang devisa negara dari sektor nonmigas. Merupakan salah satu tanaman budidaya strategis di Indonesia. Hal ini terkait dengan kenyataan bahwa makanan pokok sebagian besar penduduk Indonesia adalah nasi,

yaitu makanan yang berasal dari tanaman padi. Konsumsi beras pada tahun 2020 diproyeksikan sebesar 35,97 juta ton dengan jumlah penduduk 263 juta jiwa (Suyadi, 2020).

Meskipun padi dapat digantikan oleh makanan lainnya, namun padi memiliki nilai tersendiri bagi orang yang biasa makan nasi dan tidak dapat dengan mudah digantikan oleh bahan makanan yang lain. Padi adalah salah satu bahan makanan yang mengandung gizi dan penguat yang cukup bagi tubuh manusia, sebab didalamnya terkandung bahan yang mudah diubah menjadi energi. Oleh karena itu padi disebut juga makanan energi (Damanik dkk, 2013).

Sebesar 98% penduduk Indonesia mengkonsumsi beras sebagai bahan makanan pokok (Siswanto dkk, 2018). Beras mampu mencukupi energi sebesar 63% dan 37% protein (Norsalis, 2011; Sitohang dkk, 2014). Sedangkan beras mengandung protein berkisar 6,9%-8,7% dan kandungan gula sebesar 0,14% - 0,09% (Hernawan dan Meylani, 2016; Sunanto dan Rauf, 2018). Beras merupakan sumber utama gizi dan energi bagi penduduk Indonesia sehingga kebutuhan akan beras selalu meningkat. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan penduduk Indonesia tahun 2018 diproyeksikan mencapai 265 juta jiwa atau meningkat 12,8 juta jiwa dibanding jumlah penduduk tahun 2014 yang berjumlah 252,2 juta jiwa (Kementan, 2018). Disamping menjadi sumber ketahanan pangan, usaha tani padi juga merupakan sumber ekonomi petani di Indonesia. Salah satu upaya untuk meningkatkan ketahanan pangan

nasional dengan jalan meningkatkan produktivitas padi. Kebijakan ketahanan pangan menjadi fokus utama dalam pembangunan pertanian. Setiap faktor yang mempengaruhi tingkat produksinya sangat penting diperhatikan, salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tingkat produksi padi ialah patogen penyebab penyakit tumbuhan. Kehilangan hasil pertanian di Indonesia yang diakibatkan oleh gangguan hama dan penyakit masih sangat tinggi dan cenderung meningkat (Munif dkk, 2012).

Penyakit padi yang disebabkan oleh mikroorganisme merupakan hambatan dalam produksi padi. Lebih dari 60 jenis penyakit diketahui berasosiasi dengan padi, dengan jenis patogen yang beragam seperti virus, bakteri, cendawan, nematoda dan lainnya (Ou, 1985). Akibat aktivitas patogen-patogen tersebut menyerang tanaman, menyebabkan terjadinya penurunan produksi padi baik kuantitas maupun kualitas (Masniawati dkk, 2013). Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan tanaman padi adalah setiap tahun kehilangan hasil sebesar 40% disebabkan serangga, hama, gulma, tekanan biotik dan patogen (Hossain and Fischer, 1995). Hawar daun bakteri (HDB) atau disebut penyakit kresak merupakan penyakit penting pada tanaman padi yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) (Sudir dkk, 2012), dianggap sebagai penyakit padi tertua di Asia (Naqvi *et al*, 2014; Vinodhini *et al*, 2017), menimbulkan kerugian besar pada penanaman padi di belahan dunia yang berbeda (Xu *et al*, 2010) dan dapat menyebabkan kehilangan hasil sampai 50% ( Verdier *et al*, 2011) dan dapat mencapai

60% (Yuriyah dan Utami, 2015) bahkan sampai 80% (Fatimah dan Prasetyono, 2020). Penyakit ini dalam keadaan tertentu dapat menurunkan produktivitas tanaman padi di Indonesia hingga mencapai 18-28% pada musim kemarau dan 21-36% pada musim hujan (Wahyudi dkk, 2011). Penyakit HDB juga dapat menurunkan mutu beras yang diperoleh. Penyakit tersebut dapat muncul pada semua stadia pertumbuhan tanaman, mulai dari persemaian sampai menjelang panen. Stadia anakan maksimum, pembungaan, pengisian malai, dan pemasakan buah merupakan fase yang paling kritis terhadap penyakit tersebut. Serangan penyakit HDB pada fase tersebut dapat mempengaruhi kuantitas dan kualitas produksi padi yang dihasilkan (Herlina dan Silitonga, 2011).

Penggunaan varietas tahan adalah ketahanan terhadap suatu patotipe *Xoo* mudah dipatahkan jika ditanam dalam pola tanam monokultur yang luas dan dalam waktu yang lama (Kurniawati dkk, 2015). Begitu juga dengan penggunaan bakterisida sintetik yang memiliki keefektifan yang tinggi dalam mengendalikan bakteri patogen yang cenderung diaplikasikan secara terus menerus selain keefektifannya makin berkurang juga kurang bersifat berkelanjutan (*sustainable*) dan berdampak kurang baik pada lingkungan (Giyanto, 2012), karena dapat berpotensi mengganggu ekosistem dan jaring-jaring makanan (Fukuoka, 2012; Prabawati dkk, 2019).

Pengendalian hayati yang difokuskan pada pemanfaatan komponen biologi, seperti mikroba antagonis merupakan salah satu pilihan teknologi pengendalian yang tepat dan perlu dikembangkan, karena akibat negatif terhadap lingkungan relatif kecil dan lebih berkelanjutan (Munif dkk, 2012). Perkembangan teknik pengendalian dengan menggunakan mikroba antagonis untuk pengendalian hayati terhadap patogen tanaman kini semakin berkembang seiring dengan makin meningkatnya kebutuhan dan tantangan dalam menyediakan pangan yang sehat dan berkualitas. Prinsip pengendalian ini banyak dikembangkan oleh berbagai kalangan guna untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal terhadap produksi pertanian khususnya dalam jangka waktu yang lama. Pengendalian biologi dilakukan dengan pendekatan penggunaan agens biokontrol yang dianggap lebih ramah lingkungan. Memanfaatkan mikroba berguna seperti mikroba rizosfer dan endofit merupakan salah satu cara pengendalian yang kian berkembang pesat dan terus dikembangkan. Penerapan dan aplikasi mikroba rizosfer dan endofit yang non-patogenik merupakan salah satu bentuk teknik pengendalian hayati yang saat ini mulai diterapkan.

Kelompok bakteri yang hidup di daerah perakaran tanaman dan bermanfaat bagi perkembangan tanaman didefinisikan sebagai bakteri rizosfer pemacu pertumbuhan tanaman (Nelson, 2004). Kelompok bakteri rizosfer tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena memiliki kemampuan untuk memfiksasi  $N_2$  dari atmosfer,



menghasilkan hormon tumbuh, melarutkan fosfat dan menekan penyakit tanaman asal tanah (Bashan and De-Bashan, 2005). Dengan demikian, populasi mikroba rhizosfer ini penting untuk memelihara kesehatan akar, serapan hara dan daya tahan tanaman terhadap tekanan lingkungan (Mulyana dan Sudrajat, 2012). Jika di daerah perakaran suatu tanaman kekurangan mikroorganisme menguntungkan maka akan menyebabkan tanaman menjadi terserang berbagai macam penyakit akar seperti layu dan busuk akar. Selain itu tanaman juga akan mengalami hambatan dalam pertumbuhannya (kurang subur).

PGPR merupakan bakteri yang hidup dan berkoloni di sekitar perakaran. Terdapat beberapa mekanisme PGPR dalam meningkatkan dan memicu kesehatan tanaman, diantaranya adalah mekanisme induksi resistensi sistemik, mekanisme pembentukan *siderophores* atau antibiotik dan mekanisme penyerapan nutrisi yang berperan sebagai pupuk hayati. PGPR juga dapat berperan sebagai biostimulus dengan membentuk *phytohormone* dan sebagai bioprotektan yang mampu menekan penyakit pada tanaman (Taufik dkk, 2010).

Mikrobia yang berada pada zona rizosfer mempunyai kemampuan untuk membentuk mantel di daerah perakaran, berperanan juga sebagai hara tanaman misalnya penyedia N, P dan K tersedia bagi tanaman, meningkatkan kemampuan tanaman memanfaatkan hara, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan penyakit, dan masih banyak lagi peran lainnya yang menguntungkan bagi tanaman. Dengan perannya

tersebut mikrobial rizosfer dianggap sebagai pemacu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth Promoting Rhizospheric Microorganism* (PGPRM). PGPRM dapat menyebabkan peningkatan kemampuan tanaman dalam memanfaatkan air, peningkatan ketersediaan hara, peningkatan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen (Hanudin, dkk, 2018). Kemampuan untuk memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat, memproduksi senyawa siderofor dan hidrogen sianida (HCN), enzim kitinase, protease, dan selulase merupakan karakteristik rizobakteri yang diinginkan (Zhang, 2004). PGPR, merupakan salah satu agens hayati yang telah banyak digunakan dan teruji untuk mengendalikan berbagai patogen tanaman (Kloepper *et al*, 2004; Salamiah dan Wahdah, 2015).

Mikroorganisme dalam PGPR dapat bermanfaat bagi kesehatan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung melalui berbagai fungsi. Sebagai kumpulan bakteri tanah, PGPR mempengaruhi tanaman secara langsung melalui kemampuannya menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah serta mensintesis dan mengubah konsentrasi *fitohormon* pemacu tumbuh tanaman sehingga memiliki ketahanan terhadap serangan penyebab penyakit. Sedangkan secara tidak langsung berkaitan dengan kemampuannya menekan aktivitas patogen dengan menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit seperti antibiotik bagi penyebab penyakit terutama patogen tular tanah (Kesaulya *et al*, 2015; Wulandari dkk, 2019).

Bakteri endofit merupakan mikroorganisme simbiotik yang hidup di dalam jaringan tanaman dan tidak menimbulkan efek negatif pada tanaman inangnya (Mano and Morisaki, 2008; Afzal *et al*, 2019). Beberapa kelebihan bakteri endofit diantaranya mikroorganisme ini banyak terdapat di tanah atau jaringan tanaman sehat, produksi massal lebih mudah dan lebih cepat daripada mikroorganisme lain, seperti bakteri (Sihombing dkk, 2019). Bakteri endofit diketahui dapat meningkatkan produktivitas tanaman dengan cara memproduksi hormon pertumbuhan seperti auksin, berperan terhadap kesehatan tanaman, dan sebagai agen biokontrol. Salah satu mekanisme bakteri endofit dalam pengendalian patogen tanaman dapat melalui *induced systemic resistance* (ISR). Beberapa penelitian tentang pemanfaatan bakteri endofit yaitu kemampuan ISR bakteri endofit *Bacillus pumilus* INR7 menginduksi ketahanan lada terhadap penyakit bintik bakteri pada lada yang ditanam di lapangan (Yi *et al*, 2013). Bakteri endofit yang diisolasi dari jaringan tanaman mentimun yang sehat (misalnya akar, batang dan daun) dapat meningkatkan ketahanan tanaman ketimun terhadap *Pseudomonas syringae* *pv.* *lachrymans* penyebab penyakit bercak daun sudut pada ketimun (Akbaba and Ozaktan, 2018). *Bacillus subtilis* *var.* *Amyloliqefaciens* yang diisolasi dari endofit tanaman yang berbeda dapat meningkatkan ketahanan tanaman padi terhadap penyakit hawar daun bakteri (Nagendran *et al*, 2013). Bakteri endofit dapat ditemukan pada tanaman pertanian, seperti padi. Tanaman padi dapat berumur lama sehingga kemungkinan terdapat

bakteri endofit yang masuk ke dalam jaringan tanaman padi lalu menetap dan menghasilkan senyawa tertentu atau metabolit sekunder yang sama dengan yang dihasilkan oleh tanaman inangnya. Bakteri endofit pada padi dapat bermigrasi dari permukaan tanaman ke bagian dalam tanaman atau sebaliknya (Widiantini *et al*, 2017; Khare *et al*, 2018).

Joshi *et al* (2019), menyebutkan bahwa keunggulan bakteri endofit sebagai agens pengendali hayati, beberapa diantaranya juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman yang dikenal dengan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), karena mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi, menghasilkan hormon pertumbuhan serta dapat menginduksi ketahanan tanaman yang dikenal dengan *induced systemic resistance* (ISR). Bakteri endofit diduga mampu meningkatkan sistem pertahanan tanaman terhadap gangguan penyakit tanaman karena kemampuannya untuk memproduksi senyawa antimikroba, enzim, asam salisilat, etilena dan senyawa sekunder lainnya yang berperan menginduksi ketahanan tanaman (Sihombing dkk, 2019). Bakteri endofit diduga mampu memproduksi antibiotik dan senyawa antimikroba lainnya yang sangat berperan dalam menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit dan hama (Munif dkk, 2012).

Penelitian-penelitian tentang pengembangan agensia hayati terhadap penyakit kresek pada padi telah banyak dilaporkan. Velusamy *et al* (2006), berhasil mengisolasi *Pseudomonas fluorescens* yang menghasilkan senyawa anti mikroba yang dikenal sebagai *2,4-diacetyl*

*phloroglucinol* (DAPG). Selanjutnya, Hoa *et al*, (2012), melakukan skrining agensia antagonis dan memperoleh beberapa strain *Actinomycetes* termasuk *Streptomyces virginiae* yang mampu menghambat 10 patotipe Xoo. (Hastuti *et al*, 2012) melaporkan bahwa *Streptomyces* spp. dapat menurunkan keparahan penyakit kresek dalam percobaan di rumah kaca maupun di lapangan yang setara dengan perlakuan bakterisida. Demikian pula penggunaan bakteri agensia hayati *Pseudomonas diminuta*, *P. aeruginosa* dan *Bacillus subtilis* dapat mengendalikan bakteri penyebab penyakit kresek ini dan meningkatkan pertumbuhan tanaman padi (Agustiansyah dkk, 2013). *Pseudomonas aeruginosa* yang berasal dari rizobakteri sekitar perakaran dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap HDB (Yasmin *et al*, 2017).

Upaya pengendalian HDB di dunia terkendala oleh kemampuan patogen untuk membentuk strain baru yang lebih virulen. Sementara itu, penggunaan bahan kimia antibakteri dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia dan lingkungan karena meninggalkan residu. Melihat kondisi tersebut maka diperlukan alternatif lain untuk mengendalikan penyakit, yang murah dan aman tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian tentang Potensi Bakteri Rizosfer dan Endofit sebagai Pengendali Hayati Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* L.) pada Tanaman Padi.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Apakah terdapat isolat bakteri rizosfer dan endofit yang berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae* L. secara *in-vitro*?
2. Apakah terdapat perbedaan karakter morfologi dan fisiologi isolat bakteri rizosfer dan endofit tanaman padi?
3. Apakah isolat bakteri rizosfer dan endofit yang didapatkan memiliki kemampuan dalam memproduksi hormon tumbuh?
4. Apakah isolat bakteri rizosfer dan endofit memiliki kemampuan dalam memacu pertumbuhan tanaman padi?
5. Apakah terdapat isolat bakteri rizosfer dan endofit yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi?

### C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Menganalisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai bakteri antagonis terhadap bakteri *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae* L. secara *in vitro*
2. Mengidentifikasi sifat karakteristik morfologi dan fisiologi isolat bakteri rizosfer dan endofit tanaman padi.
3. Menguji kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit dalam memproduksi hormon tumbuh.
4. Menguji kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit dalam memacu pertumbuhan tanaman padi.
5. Menguji kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit sebagai agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

#### **D. Kegunaan Penelitian**

Secara praktis hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat untuk mendapatkan bakteri rizosfer dan endofit yang memiliki kemampuan memacu pertumbuhan tanaman padi dan memiliki potensi sebagai agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri, sehingga dapat meningkatkan produksi padi nasional.

Secara teoritis diharapkan melalui hasil penelitian ini akan memberikan informasi dan kontribusi sebagai bahan kajian lanjut dalam pemanfaatan isolat bakteri rizosfer dan endofit dalam mengendalikan penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

#### **E. Kebaruan Penelitian**

Kebaruan dari penelitian ini yaitu diperoleh beberapa isolat bakteri rizosfer dan endofit yang diisolasi dari empat varietas padi di kabupaten Soppeng yang bersifat antagonis terhadap *Xoo*, memiliki kemampuan memproduksi hormon tumbuh, berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman padi dan berpotensi sebagai pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.



## F. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada permasalahan pengendalian hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. Adapun ruang lingkup dari penelitian ini yaitu:

1. Tahap pertama: menganalisis kemampuan isolat bakteri antagonis terhadap bakteri *Xoo* secara *in vitro* dengan tujuan mendapatkan isolat bakteri yang bersifat antagonis terhadap bakteri *Xoo*.
2. Tahap kedua: mengidentifikasi sifat karakteristik morfologi dan fisiologi isolat bakteri untuk mendapatkan isolat-isolat bakteri yang memiliki karakter morfologi dan fisiologi sebagai bakteri rizosfer dan endofit.
3. Tahap ketiga: menganalisis kemampuan isolat bakteri rizosfer dan endofit dalam memproduksi hormon tumbuh IAA, produksi giberelin, pelarut fosfat, memfiksasi nitrogen, produksi siderofor dan produksi HCN. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mendapatkan isolat bakteri yang berfungsi sebagai bakteri penghasil hormon tumbuh.
4. Tahap keempat: menganalisis kemampuan isolat bakteri dalam memacu pertumbuhan tanaman padi dengan tujuan untuk mengetahui dan mengkaji isolat bakteri rizosfer dan endofit yang mampu memacu pertumbuhan tanaman padi.
5. Tahap kelima: menganalisis isolat bakteri rizosfer dan endofit yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengkaji isolat bakteri rizosfer dan endofit yang berpotensi sebagai

agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tanaman Padi

##### 1. Sejarah singkat tanaman padi

Padi termasuk tanaman pangan berbentuk rumput berumpun. Benua Asia dan Afrika Barat tropis dan subtropis merupakan asal dari tanaman pertanian kuno. Bukti sejarah menunjukkan bahwa penanaman padi di Zhejiang (Cina) mulai sejak 3.000 tahun SM. Sekitar 100-800 SM fosil butir padi dan gabah ditemukan di Hastinapur Uttar Pradesh India. Selain Cina dan India, beberapa wilayah asal padi adalah Bangladesh Utara, Thailand, Burma, Vietnam dan Laos (Siregar dan Nasution, 2019).

Saat ini tanaman padi tersebar luas di seluruh dunia dan tumbuh hampir semua bagian dunia yang memiliki suhu udara cukup hangat dan air yang cukup. Di Indonesia termasuk beriklim tropis, padi ditanam diseluruh daerah daratan rendah sampai daratan tinggi. Tanaman padi yang dapat tumbuh dengan baik di daerah subtropis ialah *Japonica* sedangkan *Indica* banyak diusahakan di daerah tropika (Lee *et al*, 2018; Kim *et al.*, 2018; Cordero-Lara, 2020). Padi *Japonica* berumur panjang, postur tinggi namun mudah rebah, bijinya cenderung membulat lemmanya memiliki ekor atau bulu dan nasinya lengket. Sebaliknya padi *Indica* umumnya berumur pendek, postur lebih kecil, bulir cenderung oval sampai

lonjong dan lemmanya tidak berbulu atau hanya pendek saja (Chandler, 1979).

## **2. Deskripsi tanaman padi**

Padi termasuk tanaman semusim (*annual*) berumur kurang dari 1 tahun atau berumur pendek. Helai daun bangun garis, dengan tepi kasar dan panjangnya 15-80 cm. berbatang bulat dan berongga yang disebut jerami. tinggi batang beragam (0,5-2 m). Akarnya serabut mencapai kedalaman 20-30 cm, Bunga padi terdiri dari tangkai bunga, kelopak bunga *palea* (gabah padi yang kecil), *lemma* (gabah padi yang besar), tangkai sari, kepala sari, putik, kepala putik, dan bulu (*awu*) pada ujung *lemma* (Makarim dan Suhartatik, 2009)

Pertumbuhan tanaman padi terbagi menjadi 9 fase yaitu perkecambahan, bibit, anakan, pemanjangan batang, bunting, pembungaan, pematangan susu, pengisian dan pematangan. Dan secara garis besar pertumbuhan tanaman padi terbagi 3 yaitu awal pertumbuhan sampai pembentukan malai (vegetatif), pembentukan malai sampai pembungaan (reproduktif) dan pembungaan sampai gabah matang (pematangan) (Dunand and Saichuk, 2005).

Keseluruhan organ tanaman padi meliputi dua bagian yaitu : organ vegetatif dan generatif (reproduktif). Bagian vegetatif terdiri dari daun, batang dan akar yang merupakan organ-organ tanaman yang berfungsi mendukung atau menyelenggarakan proses pertumbuhan, sedangkan bagian generatif meliputi bunga, gabah dan malai. Tanaman padi mulai

berkecambah sampai panen, memerlukan waktu 3-6 bulan, yang seluruhnya meliputi dua fase pertumbuhan, yaitu vegetatif dan generatif. Fase reproduktif ditandai dengan ruas teratas pada batang memanjang, yang sebelumnya tertumpuk rapat dekat permukaan tanah. Selain itu, fase reproduktif juga ditandai dengan jumlah anakan berkurang, daun bendera muncul, bunting dan pembungaan (heading). Inisiasi primordia malai biasanya dimulai 30 hari sebelum heading. Stadia inisiasi ini hampir bersamaan dengan ruas-ruas yang memanjang sampai stadia berbunga, sehingga stadia reproduktif disebut sebagai stadia pemanjangan ruas-ruas (Dunand and Saichuk, 2005).

Fase reproduktif meliputi pra-berbunga dan pasca-berbunga, periode-pasca berbunga disebut juga sebagai periode pemasakan (Supriyanti, 2015).

### **3. Syarat tumbuh tanaman padi**

Tanaman padi dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis dan subtropis pada 45°LU sampai 45°LS, cuaca panas dan kelembaban tinggi dengan musim hujan 4 bulan. Curah hujan yang baik, rata-rata 200 mm per bulan atau 1.500-2.000 mm/tahun, dengan distribusi selama 4 bulan. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman padi adalah 23 °C atau lebih. Suhu sangat berpengaruh terhadap pembentukan gabah dimana suhu yang tidak cocok dapat mengakibatkan gabah hampa (Rozen dan Kasim, 2018).

Ketinggian tempat yang cocok untuk tanaman padi berkisar antara 0–650 m dpl dengan suhu antara 22,5 sampai 26,5<sup>0</sup>C. Daerah antara 650 sampai 1500 m dpl dengan suhu antara 22,5 sampai 18,7<sup>0</sup>C masih cocok untuk tanaman padi. Tanaman padi dapat ditanam dan tumbuh pada dataran rendah sampai dataran tinggi (Rozen dan Kasim, 2018).

Sinar matahari sangat diperlukan untuk proses fotosintesis apalagi untuk pertumbuhan tanaman padi, terutama pada fase berbunga hingga fase pemasakan buah. Fase pembungaan dan pemasakan buah sangat berkaitan dengan intensitas penyinaran, keadaan awan dan angin yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi. Terpaan angin yang kencang dapat membuat tanaman padi yang tinggi rebah. Tetapi angin sangat bermanfaat pada fase penyerbukan tanaman padi, karena tanaman padi merupakan tanaman menyerbuk sendiri (Widyastuti dkk, 2012; Rozen dan Kasim, 2018)

Tanaman padi memerlukan tanah yang subur, namun dapat tumbuh pada tanah masam (pH 4-7) dengan ketebalan lapisan atas 18-22 cm. Umumnya lapisan tanah atas untuk lahan pertanian pada ketebalannya 30 cm dan tanah gembur dengan warna coklat kehitaman. Pori-pori tanah berisi air dan udara dengan kandungan 25% (Rozen dan Kasim, 2018).

Dari segi fisiologis yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas padi adalah jarak tanam. Hasil penelitian Ikhwan dkk (2013) dan Hikmah dan Pratiwi (2019) menyimpulkan bahwa jarak tanam lebar

memberi peluang varietas tanaman meningkatkan potensi pertumbuhannya. Semakin rapat populasi tanaman atau populasi tinggi maka jumlah anakan panjang malai per rumpunnya semakin sedikit. Pada jarak tanam lebar atau populasi rendah, pertumbuhan padi lebih baik, namun hasil dan komponen hasilnya lebih rendah dibandingkan jarak tanam yang lebih rapat. Jarak tanam yang lebar akan meningkatkan intensitas cahaya matahari oleh tajuk tanaman, sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman yang meliputi jumlah anakan produktif, bobot gabah per rumpun, bobot kering tanaman, volume dan panjang akar total, tetapi tidak berpengaruh pada hasil per satuan luas (Hatta, 2012).

Secara umum faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi yaitu faktor internal berupa faktor hormonal dan genetik. Faktor hormon pertumbuhan antara lain : auksin, giberelin, sitokinin dan asam absisat. Sedangkan faktor eksternal mempengaruhi pertumbuhan tanaman yaitu faktor lingkungan yang meliputi iklim. Iklim sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman meliputi sinar matahari, curah hujan, suhu, angin, ketinggian tempat dan musim. Tanaman padi sangat cocok tumbuh pada iklim tropis dan banyak mengandung uap air (Ran *et al*, 2018; Dewi and Whitbread, 2017).

#### **4. Klasifikasi tanaman padi**

Tanaman padi termasuk ke dalam divisi *Spermatophyta* karena merupakan tanaman yang menghasilkan biji. *Spermatophyta* berasal dari bahasa Yunani, *sperma* berarti biji dan *phyta* berarti tumbuhan. Umumnya

memiliki kotiledon tunggal/berkeping satu sehingga termasuk ke dalam kelas Monocotyledoneae dan merupakan tanaman herba semusim, batang berbuku–buku dan daun dengan pertulangan daun sejajar serta merupakan daun berupih yang terdiri atas upih dan helaian daun sehingga termasuk ke dalam bangsa *Poales* dan suku *Gramineae*. Pada daun juga terdapat alat tambahan yaitu lidah daun (*ligula*). Fungsi lidah daun adalah mencegah masuknya air hujan di antara batang dan pelepah daun serta mencegah infeksi penyakit, sebab media air memudahkan penyebaran penyakit. Tanaman padi termasuk ke dalam marga *Oryza*, dengan nama jenis *Oryza sativa* L. (Makarim dan Suhartatik, 2009).

## **B. Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* L.)**

### **1. Sejarah dan penyebaran penyakit hawar daun bakteri**

Penyakit hawar daun bakteri yang biasa disebut juga penyakit kresek dan dikenal sebagai *Xoo* merupakan penyakit penting pada tanaman padi di beberapa negara produsen beras termasuk Indonesia bahkan Asia Tropis (Saha *et al*, 2015; Jiang *et al*, 2020; Suryadi *et al*, 2016). Penyakit kresek yang disebabkan bakteri *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae* (*Xoo*) pertama kali ditemukan di Jepang pada tahun 1884. Penyakit tersebar luas di berbagai negara penghasil padi, seperti Cina, Taiwan, Korea, Thailand, Vietnam, Filipina, Sri Lanka, India, Afrika, Australia dan Amerika Selatan. Pada awal abad XX penyakit ini telah diketahui tersebar luas hampir di seluruh Jepang kecuali di pulau



Hokkaido. Di Indonesia, penyakit ini mula-mula ditemukan oleh Reitsma dan Schure pada tanaman muda di daerah Bogor dengan gejala layu. Penyakit ini dinamai kresek dan patogennya dinamai *Zanthomonas Kresek Schure*. Terbukti bahwa penyakit ini sama dengan penyakit hawar daun bakteri yang terdapat di Jepang (Wahyudi *et al*, 2011;Tasliah, 2012).

Tanaman padi yang diinfeksi oleh bakteri *Xoo* menyebabkan penyakit HDB. Penyakit HDB menurunkan produksi padi (Tridesianti dkk, 2016; Fatimah dan Prasetyono, 2020). Menurut Shanti *et al* (2010) dan Fatimah dan Prasetyono (2020), HDB dapat menurunkan produksi sampai 80%. Di Jepang penyakit ini dapat menurunkan hasil mencapai 20–50%. Kerugian pertanaman padi lebih besar di daerah tropis seperti Indonesia dibanding negara subtropis. sebelum diterapkannya penggunaan varietas tahan dan karantina yang ketat, kerusakan karena HDB mencapai 20-30% (Tasliah, 2012; Khaeruni dkk, 2014; Yuliani dkk, 2015). Menurut Ou, (1985) di Indonesia dan Filipina dapat mencapai 60-75%. Selain menurunkan hasil, HDB juga menurunkan kualitas gabah karena terganggunya pemasakan. Sedangkan menurut Nurkartika dkk, (2017) dan Pinem dan Syarif (2018), penyakit HDB termasuk penyakit terbawa benih (*seedborne diseases*). Penyakit ini tersebar hampir diseluruh daerah pertanaman padi di Indonesia baik di dataran tinggi maupun dataran rendah dan selalu muncul baik pada musim hujan maupun pada musim kemarau. Perkembangan penyakit ini lebih baik pada musim hujan. Intensitas penularan 20-30% dua minggu sebelum

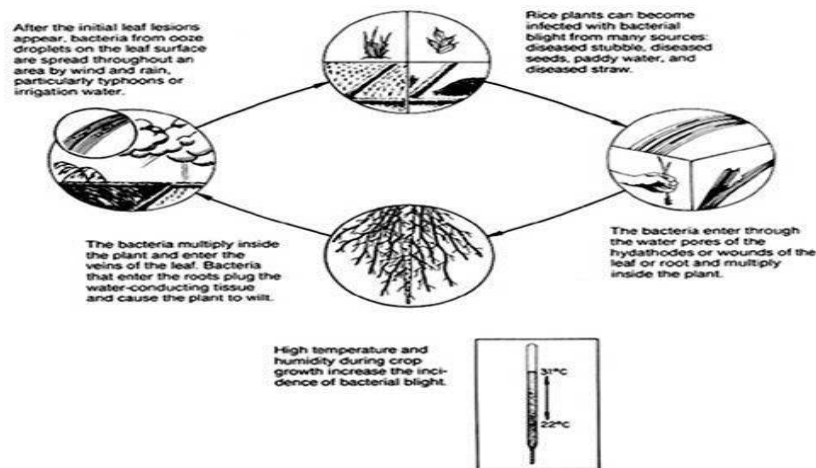
panen termasuk ambang kerusakan tanaman padi oleh penyakit HDB pada varietas rentan hingga resisten. Setiap kenaikan 10% intensitas penyakit dari kondisi ambang kerusakan 20% dapat mengakibatkan kehilangan hasil meningkat 4–6% (Sudir dkk, 2012; Wartono dkk, 2015). Kerusakan terberat terjadi apabila penyakit menyerang tanaman muda yang peka sehingga menimbulkan gejala kressek, dapat menyebabkan tanaman mati.

Di Indonesia, pertama kali diketahui HDB merusak tanaman padi varietas Bengawan, Peta, Cina dan Mas di kebun Percobaan Muara, Bogor pada tahun 1949, yang disebut dengan nama *Xanthomonas kressek* (Reitsma dan Schure, 1950). Namun hasil penelitian Goto (1964) dalam Utami dkk (2011) menunjukkan bahwa patogen penyebab HDB di Indonesia sama seperti yang menyerang tanaman padi di Jepang, sehingga namanya diganti menjadi *Xanthomonas oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson. Pada tahun 1976, nama pathogen ini menjadi *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* dan sejak tahun 1992 oleh Swings et al (1990) dinamakan *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Selama periode 1986-1990, HDB merupakan penyakit terpenting pada padi di Indonesia. Luas kumulatif serangannya mencapai 76.740 ha, dan puncak kerusakan terjadi pada tahun 1989 dengan luas serangan 26.340 ha, lebih besar dibandingkan dengan penyakit blas, hawar daun jingga, tungro, bercak bergaris, atau hawar pelepah daun.

Bakteri *Xoo* merupakan bakteri patogen yang dapat membentuk strain baru dengan cepat di lapangan. Telah ditemukan 12 strain *Xoo* yang memiliki perbedaan kemampuan dalam menginfeksi tanaman padi. Serangan *Xoo* di Indonesia saat ini di dominasi oleh strain IV dan VIII (Wahyudi *et al*, 2011).

## **2. Daur hidup penyakit hawar daun bakteri**

Penyakit HDB disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae pv. oryzae*. Bakteri ini termasuk ke dalam Divisi Gracilicutes, Kelas Proteobacteria, Ordo Pseudomonadales, Family Pseudomonadaceae, Genus *Xanthomonas*, Species *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* (Swings *et al*, 1990; Sullivan *et al*, 2011). Koloni bakteri bulat, cembung, berwarna kuning keputihan sampai kuning, jerami dengan bagian permukaan dan tepi koloni halus dan kadang-kadang gelap, kadang-kadang terang. Bakteri mengeluarkan pigmen berwarna kuning yang tidak dapat dilarutkan ke dalam air (*insoluble*). Diameter koloni pada media agar adalah 1-2 mm (Sullivan *et al*, 2011; Shankara *et al*, 2017; Shaheen *et al*, 2019).



Gambar 1. Daur hidup bakteri hawar daun (BLB). (Sumber: IRRI Knowledgebank)

Bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* bersifat gram negatif, berbentuk batang pendek dengan ukuran  $0,45 - 0,75 \times 0,65-2,1 \mu$ , dengan satu flagella polar di salah satu ujungnya dengan ukuran  $0,03-8,75 \mu$  dan berfungsi sebagai alat untuk bergerak. Bakteri ini tidak membentuk spora dan membutuhkan oksigen bebas sehingga bersifat aerob. Koloni bakteri berbentuk bulat cembung, mempunyai permukaan yang licin dan berwarna kekuningan (Sudir dkk, 2012; Sullivan *et al*, 2011; Shaheen *et al*, 2019). Patogen ini mempunyai tingkat virulensi yang beragam bergantung pada kemampuannya menginfeksi varietas padi yang mempunyai gen dengan ketahanan yang berbeda dan interaksi antara gen tahan tanaman dan gen virulen patogen (Sudir dkk, 2012; Jiang *et al*, 2020; Suryadi dkk, 2016). Tingkat virulensi patogen sangat gampang berubah, sesuai dengan kondisi lingkungannya. Di rumah kaca, strain yang diinokulasikan reaksinya lebih spesifik, sedangkan pada suatu lokasi di lapangan didapatkan strain *Xoo* lebih dari dan populasinya bervariasi

(Djedatin *et al*, 2016). Penelitian di Jepang menunjukkan bahwa beberapa kelompok gen *Xoo* telah ditemukan dan diurutkan yang memberikan harapan dapat memberi keterangan tentang mekanisme sifat virulensi patogen (Kumar *et al*, 2020; Vikal dan Bhatia, 2017; Quibod *et al*, 2020;).

Bakteri ini terutama berada pada berkas-berkas pembuluh. Jika daun yang sakit dipotong dan ditempatkan pada ruangan yang lembab maka dari berkas pembuluh akan mengalir cairan yang berlendir kekuningan yang mengandung jutaan bakteri (ooze) (Wahyudi dkk, 2011; Premi *et al*, 2019). Pengamatan di laboratorium, gejala ini dapat diketahui dengan adanya eksudat bakteri yang keluar dari jaringan tanaman sakit bila diamati di bawah mikroskop. Di lapangan, dapat diamati dengan metode memasukan daun yang terinfeksi ke dalam gelas berisi air jernih, biarkan sekitar 5 – 10 menit, maka perubahan air jernih dalam gelas menjadi keruh disebabkan adanya massa bakteri yang keluar dari dalam jaringan tanaman yang terinfeksi.

### **3. Biologi dan ekologi penyakit hawar daun bakteri**

Penyakit HDB dapat menginfeksi mulai bibit atau fase vegetatif sampai fase generatif atau tanaman tua. Penyakit ini menimbulkan dua macam gejala yang khas, yaitu kresak dan hawar (blight). Bila penyakit yang terjadi pada tanaman muda yang berumur kurang dari 30 hari setelah tanam maka disebut kresak sedangkan gejala hawar terjadi pada tanaman tua atau tanaman mencapai stadia anakan sampai pemasakan buah (Khaeruni dkk, 2014; Hadianto dkk, 2015; Sudir dkk, 2012). Gejala

hawar jelas nampak saat tanaman memasuki fase berbunga, namun dapat juga terlihat pada fase sebelumnya (Yuliani dkk, 2017).

Gejala kresek biasanya terjadi apabila patogen menginfeksi tanaman padi melalui akar atau pangkal batang. Gejala ini sangat mirip dengan gejala sundep yang timbul akibat serangan hama penggerek batang pada tanaman. Gejala ini terjadi di pesemaian atau yang baru pindah yaitu fase vegetatif umur 1-4 minggu setelah tanam biasanya dicirikan pada tepi daun berwarna kuning yang tidak mudah diamati. Patogen menginfeksi masuk sistem vaskular tanaman padi pada saat tanam pindah atau sewaktu dicabut dari tempat pembibitan dan akarnya terpotong atau rusak, atau terjadi kerusakan pada daun. Pada pesemaian, daun yang terinfeksi warna menjadi hijau keabuan, menggulung, dan akhirnya mati. Kresek termasuk gejala yang sangat merugikan dari penyakit HDB (Jiang *et al*, 2020; Shaheen *et al*, 2019).

Gejala yang paling sering ditemukan adalah gejala hawar. Gejala hawar (*blight/water soaked*) terjadi pada tanaman dewasa umur lebih dari 30 hari setelah tanam yaitu pada fase pertumbuhan anakan sampai fase pemasakan (Sudir dkk, 2012; Khaeruni dkk, 2014). Gejala hawar berupa garis kekuningan pada daun bendera. Gejala ini mulai pada ujung daun selanjutnya melebar sampai pinggir daun bergelombang. Awalnya pada kedua tepi atau bagian daun yang terinfeksi muncul garis bercak kebasahan, kemudian semakin meluas, berwarna hijau keabu-abuan, seluruh daun keriput, dan akhirnya layu seperti tersiram air panas (lodoh).

Gejala yang khas adalah helaian daun menggulung dan warna daun berubah menjadi hijau pucat atau ke abu-abuan (Nagendran *et al*, 2013; Naqvi, 2019). Pada varietas yang rentan, bercak ini terus berkembang dan dapat mencapai pangkal daun terus ke pelepah daun akhirnya keseluruhan daun menjadi kering. Apabila penularan terjadi pada fase pembungaan maka dapat mengakibatkan gabah kurang sempurna atau hampa (Sudir dkk, 2012; Kim *et al*, 2016).

Selain itu ditemukan juga eksudat bakteri berwarna kuning keemasan (ozee) atau berupa tetes embun pada daun muda di pagi hari. Pada fase perkembangan gejala penyakit lebih lanjut, bagian yang terinfeksi berubah warna menjadi kuning memutih. Selanjutnya pada daun yang luka parah, warna daun berubah menjadi keabuan diiringi dengan muncul jamur saprofit (Vinodhini *et al*, 2017; Nurkartika dkk, 2017; Premi *et al*, 2019).

Bakteri *Xoo* menginfeksi tanaman dengan cara masuk ke dalam jaringan tanaman melalui stomata, luka, melalui perantara air irigasi atau benih yang terkontaminasi. Bakteri yang masuk melalui hidatoda, akan memperbanyak diri di dalam epitheme dan menginfeksi jaringan pembuluh sampai menimbulkan gejala penyakit. Pada tanaman muda bakteri sering menyerang dan masuk melalui stomata dan berkembang biak di dalam ruang intraselular dari parenkim tanpa adanya gejala. Infeksi dapat terjadi saat tanam atau beberapa hari sesudah penanaman. Penyakit ini tidak

terbawa oleh biji karena penyakit ini tidak mampu bertahan lama pada biji (Yuliani dkk, 2017; Djedatin *et al*, 2016).

Patogen menginfeksi daun tanaman padi pada bagian daun melalui luka atau lubang alami yaitu stomata dan merusak klorofil daun. Keadaan ini mengakibatkan menurunnya kemampuan tanaman untuk berfotosintesis yang jika terjadi pada fase vegetatif mengakibatkan tanaman mati dan pada tanaman fase generatif menyebabkan pengisian malai menjadi kurang sempurna (ICRR 2015). Sumber inokulum dapat bertahan hidup di luar tanaman inang dengan cara terbawa dari jerami yang terinfeksi, singgang dari tanaman yang terinfeksi, tunggul jerami dan gulma inang (Sudir *et al*, 2012).

Perkembangan penyakit sangat tergantung pada cuaca dan ketahanan tanaman. Bakteri *Xoo* menginfeksi tanaman melalui luka. Setelah masuk dalam jaringan tanaman bakteri memperbanyak diri, kemudian tersebar ke jaringan lainnya dan menimbulkan gejala. Penyakit dapat terjadi pada semua stadia tanaman. Namun yang paling umum ialah terjadi pada saat tanaman mulai mencapai anakan maksimum sampai fase berbunga. Penyebaran penyakit dibantu oleh gesekan antar daun, angin dan percikan air hujan, hujan akan meningkatkan kelembaban dan membantu pemencaran bakteri. Intensitas penyakit yang tertinggi terjadi pada akhir musim hujan, menjelang musim kemarau (Wahyudi dkk, 2011).

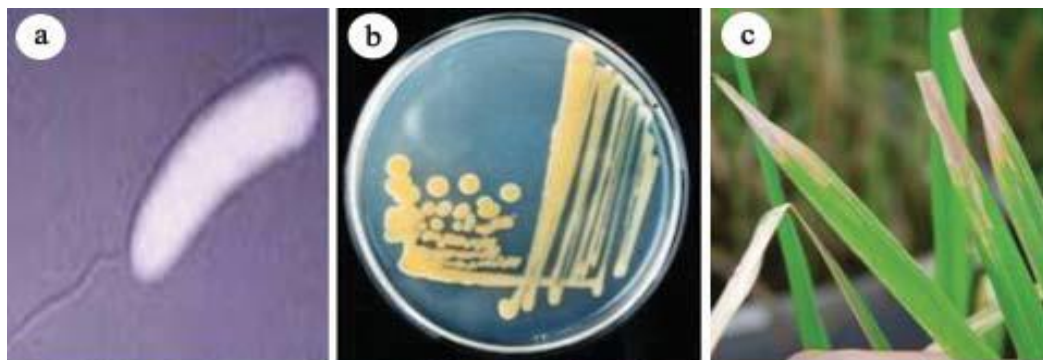


Di luar musim tanam, bakteri dapat hidup dalam tanah selama 1-3 bulan tergantung pada kelembaban dan keasaman tanah. Bakteri juga dapat bertahan dalam jerami tanaman terinfeksi, pada singgang, dan pada tanaman inang selain padi. Sehingga dengan demikian penularan penyakit dapat terjadi dari musim ke musim. Bakteri memperbanyak diri dalam epithemi yang berhubungan dengan pembuluh pengangkut, kemudian menyebar ke jaringan lainnya. Penyakit HDB juga dipengaruhi oleh umur tanaman, penyakit lebih banyak terdapat pada padi yang dipindah pada umur yang lebih muda (Sudir dkk, 2012).

Bakteri menginfeksi dan masuk melalui hidatoda, kemudian bakteri berkembang biak di dalam epitheme dan menginfeksi jaringan pembuluh hingga menyebabkan penyakit. Pada tanaman muda patogen biasanya masuk ke dalam daun melalui stomata dan berkembang di dalam ruang intraselular dari parenkim tanpa menimbulkan gejala. Cara menginfeksi yang lain yaitu dengan luka mekanis yang sering terjadi pada akar dan daun (Ou, 1985).

Pemicu serangan HDB dapat disebabkan oleh faktor iklim. Seperti musim pancaroba atau peralihan musim kemarau ke musim penghujan atau sebaliknya. Pada pancaroba terjadi kelembaban pada struktur tanah yang memudahkan bakteri untuk berkembang. Pemakaian pupuk N yang berlebihan juga dapat menyebabkan munculnya serangan HDB karena kelebihan N dapat mematahkan sistem ketahanan pada tanaman (Ismail dkk, 2011). Bakteri dapat mengadakan infeksi melalui luka-luka pada

daun, karena biasanya bibit padi dipotong ujungnya sebelum ditanam. Bakteri juga mampu menginfeksi melalui luka pada akar akibat dari pencabutan yang tidak benar, infeksi dapat terjadi pada saat penanaman atau beberapa hari setelah penanaman. Luka pada akar dapat mengakibatkan terinfeksi bakteri. Selain itu bakteri juga dapat mengakibatkan infeksi melalui pori air yang terdapat pada daun, baik pada luka-luka yang diakibatkan daun yang bergesekan karena angin, maupun melalui luka-luka karena gigitan serangga (Hadianto dkk, 2015; (Nurfitriani dkk, 2016). Perkembangan bakteri di pertanaman dapat menyebar luas karena hujan yang berangin sehingga penyebarannya cepat (Tasliyah, 2012).



Gambar 2. (a) bakteri *Xoo*, (b) koloni bakteri pada media NA, (c) daun padi yang terinfeksi *Xoo* (Tasliyah, 2012)

#### 4. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit

Suhu udara termasuk salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh karena penting bagi pertumbuhan tanaman padi dan sangat dibutuhkan pada hampir pada semua fase pertumbuhan tanaman. Suhu udara dibutuhkan dalam menentukan waktu dan lokasi penanaman yang

sesuai, bahkan suhu udara dapat menjadi faktor penentu dari dalam proses produksi tanaman, misalnya padi di daerah bersuhu tinggi sebaliknya wortel di daerah bersuhu rendah. Dipandang dari sisi klimatologi pertanian, suhu udara di Indonesia dapat dijadikan sebagai kendali pada kegiatan pengembangan tanaman padi di daerah-daerah yang memiliki dataran tinggi. Padi unggul pada umumnya dapat berproduksi dengan baik sampai pada ketinggian 700 dpl (Winarno dkk, 2019; Estiningtyas dan Syakir, 2017). Perubahan suhu udara mempengaruhi penyakit terutama berpengaruh pada tingkat seluler, genom, patogen dan proses fisiologi tanaman (Estiningtyas dan Syakir, 2017). Patogen *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit pada tanaman padi mempunyai suhu yang optimum pada 30°C (Hadianto dkk, 2015).

Perubahan fisik yang terjadi bagi lingkungan tumbuh tanaman akibat curah hujan adalah meningkatnya kandungan air dalam tanah dan meningkatnya kelembaban udara. Kedua faktor tersebut menyebabkan percepatan perkembangan mikroba patogen baik jamur maupun bakteri, keseimbangan nutrisi tanaman di dalam tanah berubah serta terdapat kerusakan fisik lain berupa pecah buah, pecah batang dan robohnya tanaman. Kebanyakan air dalam tanah mengakibatkan rendahnya kemampuan tanah mendukung tanaman tetap tegak.

Pembuatan saluran drainase merupakan teknik budidaya yang paling baik digunakan untuk mengurangi kelebihan air. Pembuatan saluran drainase terdiri dari dua cara yaitu saluran drainase di bawah

permukaan tanah dan saluran drainase di atas permukaan tanah. Saluran drainase di atas permukaan tanah bertujuan untuk mencegah kejenuhan air yang berkepanjangan, mengurangi genangan dan mempercepat aliran air ke arah pembuangan tanpa terjadinya erosi tanah. Drainase ini merupakan parit-parit pembuangan dan pemasukan pada petak pertanaman termasuk di dalamnya parit yang ada diantara bedengan pertanaman. Saluran drainase di bawah permukaan bertujuan untuk mengalokasikan kelebihan air di dalam tanah. Drainase ini dapat menurunkan tingginya kandungan air baik karena curah hujan, limpasan dari dataran yang lebih tinggi, air resapan dan air irigasi permukaan. Bentuknya bermacam-macam ada drainase kotak, drainase batu, drainase bamboo dan drainase gorong-gorong.

Kelembaban yang tinggi dapat mengakibatkan perkembangan tumbuhnya mikroba jamur maupun bakteri. Musim hujan pada bulan Oktober hingga Maret selain memberikan persediaan air yang cukup bagi tanaman, namun dapat juga memberikan dampak negatif yaitu keadaan lingkungan udara yang lembab. Selain jamur dan bakteri yang menguntungkan yang hidup secara pesat dalam kondisi lembab, melainkan juga pertumbuhan jamur atau bakteri yang merugikan termasuk diantaranya mikroba patogen penyakit tanaman. Dampaknya tentu saja resiko serangan penyakit lebih tinggi di musim hujan dibandingkan pada musim kemarau.

Bakteri *Xoo* mampu bertahan hidup di dalam tanah, sisa-sisa tanaman (singgang=turiang), jerami tanaman terinfeksi, gulma merupakan inang alternatif patogen penyakit ini tinggal dan bertahan selama bukan musim tanam. Bakteri ini mampu bertahan selama 1-3 bulan di dalam tanah. Bakteri juga terdapat dan bertahan dalam air irigasi. Bakteri inilah yang menjadi sumber inokulum penyakit pada musim pertanaman padi berikutnya. Suhu panas antara 25<sup>0</sup>C sampai 30<sup>0</sup>C dengan kelembapan tinggi 90 %, pemupukan nitrogen yang berlebih tanpa diimbangi dengan pupuk yang lain, angin kencang dan hujan angin sangat mendukung perkembangan penyakit ini, pengairan yang menggenang tanpa dilakukan secara *intermitten*. Pertanaman yang diairi secara terus menerus sehingga dapat meningkatkan kelembaban dan menularkan penyakit. Kegiatan selama pemeliharaan, seperti pemupukan dan penyiangan terutama yang dapat menimbulkan luka pada daun, juga sangat mendukung penyebaran penyakit. Begitu pula dengan pertanaman yang terlalu rapat dapat meningkatkan perkembangan penyakit (Sudir and Sutaryo, 2011; Tasliah, 2012).

##### **5. Patotipe hawar daun bakteri**

Patotipe adalah sinonim dari pathovar, ras (race), strain, variant dan form, yaitu populasi patogen pada setiap individunya memiliki kemampuan yang sama sebagai parasit. Patotipe atau strain ditentukan berdasarkan virulensinya dan reaksinya terhadap jenis varietas diferensial yang digunakan. Selama ini patotipe HDB tidak dapat dikelompokkan

berdasarkan gejala yang ditimbulkan maupun morfologi patogen tersebut (Sudir dkk, 2012).

Hingga kini di Indonesia telah didapatkan 12 strain bakteri *Xoo* dengan tingkat virulensi yang bervariasi, hal ini disebabkan oleh mutasi, karakter heterogenitas populasi mikroorganisme alami dan ketahanan tanaman (Wahyudi dkk, 2011).

Berdasarkan virulensi patotipe *Xoo* terhadap seperangkat varietas diferensial yaitu Kogyoku (gen tahan *Xa1* dan *Xa12*), Kinmase, Java 14 (gen tahan *Xa-1*, *Xa-2* dan *Xa-12*) Tetep (gen tahan *Xa-3* dan *Xa-2*) dan Wase Aikoku (gen tahan *Xa-3* dan *Xa-12*) didapatkan tiga kelompok patotipe *Xoo* yang dominan yaitu patotipe III, IV dan VIII dengan dominasi dan komposisi yang bervariasi. Patotipe III merupakan kelompok bakteri *Xoo* yang mempunyai virulensi tinggi terhadap varietas diferensial kogyoku dan tetep, tetapi pada varietas wase aikoku dan java 14 virulensinya rendah. Patotipe IV merupakan kelompok yang terdiri atas bakteri *Xoo* yang mempunyai virulensi tinggi terhadap semua varietas diferensial, dan patotipe VIII merupakan bakteri *Xoo* yang mempunyai virulensi tinggi terhadap varietas diferensial kogyoku, tetep dan wase aikoku tetapi virulensinya rendah terhadap java 14 (Sudir dkk, 2012; Sudir dkk, 2015).

## 6. Pengendalian penyakit hawar daun bakteri

HDB termasuk penyakit yang sulit dikendalikan karena bakteri *Xoo* virulensinya yang cukup tinggi dan memiliki keragaman patotipe yang tinggi, dalam menyesuaikan diri dengan ketahanan varietas inangnya mudah berubah pada waktu yang relatif singkat. Pengelompokan bakteri *Xoo* ke dalam berbagai patotipe berdasarkan pada virulensinya terhadap varietas diferensial (Kinmaze, Kogyoku, Tetep, Wase Aikoku, dan Java 14) yang memiliki gen ketahanan berbeda-beda. Di Indonesia terdapat 12 patotipe *Xoo* yang didominasi dan sebarannya mudah berubah karena dipengaruhi oleh lokasi, musim dan varietas padi (Yulianti, 2013). Kajian menunjukkan tidak nampak hubungan yang jelas dari sistem pengelompokan terhadap patotipe yang ada di lapangan (Suryadi dkk, 2016).

Usaha pengendalian yang telah dilakukan dalam mengendalikan penyakit HDB adalah menghindari pemupukan nitrogen dan irigasi yang berlebihan (Wartono et al., 2015), penggunaan bakterisida tembaga (Champ, Cuproxide, Kocide, dan NuCop). Pemakaian bahan kimia untuk menekan penyakit tanaman menunjukkan hasil yang baik, akan tetapi mengakibatkan efek kurang menguntungkan bagi lingkungan dan manusia.

Salah satu solusi pengendalian HDB adalah penggunaan varietas tahan. Varietas tahan termasuk salah satu teknik pengendalian yang efisien, efektif dan mudah dilakukan petani. Namun ketahanan varietas

dapat terpatahkan oleh beragamnya patotipe *Xoo*. Distribusi dan dominasi patotipe antar berbagai daerah dapat berbeda, bahkan dalam jangka waktu tertentu, dominasi patotipe pada suatu tempat dapat berubah (Ogawa, 1993). Hal tersebut mengakibatkan suatu varietas padi yang semula resisten HDB berubah menjadi tidak tahan (ketahanannya terpatahkan) disebabkan terjadinya pergeseran patotipe. Periode waktu tertentu suatu varietas resisten menjadi rentan ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain dominasi dan komposisi patotipe, kecepatan perubahan patotipe, komposisi perbedaan sumber genetik varietas yang ditanam dalam hamparan, frekuensi penanaman dan waktu tertentu (Ogawa, 1993; Suparyono dkk, 2004). Ketahanan varietas dapat terkendala oleh musim dan tempat. Artinya, varietas yang resisten pada suatu musim di suatu tempat dapat menjadi rentan di tempat dan musim yang lain. Hal ini disebabkan oleh keadaan patotipe di suatu tempat pada waktu tertentu dapat menentukan ketahanan suatu varietas.

Varietas tahan yang disukai petani adalah varietas tahan HDB yang berasal dari perakitan varietas yang mempunyai gen-gen ketahanan dari berbagai varietas. Keragaman genetik yang semakin luas dapat menjadi pilihan pergiliran varietas untuk menekan bakteri *Xoo* dalam membentuk patotipe yang lebih virulen. Pada sisi patogenisitas, status virulensi patogen terhadap ketahanan genotipe sangat bermanfaat dengan adanya evaluasi ketahanan terhadap patotipe *Xoo* tertentu (Yuliani dkk, 2015). Varietas dengan sifat tahan yang dikendalikan oleh



lebih dari satu gen tahan lebih efektif daripada yang dikendalikan oleh gen tahan tunggal, karena bakteri membentuk banyak strain. Penggunaan gen tahan tunggal, baik yang bersifat resesif maupun dominan, tidak dapat bertahan lama, karena sangat dibatasi oleh tempat dan musim, atau keduanya. Beberapa teknik budidaya, seperti pemupukan nitrogen yang tidak berlebihan, manajemen air, penggunaan benih sehat, dan menanam dalam barisan (legowo) sangat dianjurkan terutama pada musim hujan untuk menekan laju perkembangan bakteri *Xoo* (Suparyono dkk, 2004).

International Rice Research Institute (IRRI) telah merakit galur-galur isogenik dan melakukan penggabungan (piramida) beberapa gen pengendali ketahanan terhadap HDB (Vera Crus, 2002). Hasil piramiding gen telah teridentifikasi lebih dari 25 gen *Xa* untuk ketahanan lestari terhadap HDB (Lee *et al*, 2003; Yang *et al*, 2003). Secara spesifik gen-gen *Xa* yang terkandung dalam galur isogenik efektif untuk pengelolaan HDB di beberapa negara (Loan *et al*, 2006). Menurut Tasliah (2012), penggabungan gen-gen *Xa* termasuk salah satu teknik untuk menghasilkan tanaman padi yang mempunyai ketahanan terhadap HDB yang lebih lama. Galur-galur isogenik yang diuji adalah IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61, mengandung kombinasi gen berturut-turut ( $xa13 + Xa21$ ), ( $Xa4 + xa5 + xa13 + Xa21$ ), dan ( $Xa4 + xa5 + Xa7$ ) (Vera Crus 2002). Perakitan galur-galur tersebut diharapkan dapat memberi kontribusi dalam menyusun strategi pemuliaan dalam mengembangkan varietas padi yang tahan terhadap HDB dan memiliki spektrum luas.

## **7. Mekanisme ketahanan tanaman padi terhadap penyakit hawar daun bakteri**

Faktor yang mempengaruhi berkembangnya suatu penyakit adalah tingkat virulensi yang tinggi, tanaman yang mempunyai sifat rentan, kondisi lingkungan yang sesuai dengan perkembangan patogen, terganggunya keseimbangan ekosistem oleh adanya campur tangan manusia dan rentang waktu yang lama antara patogen dan inang.

Ketahanan padi terhadap penyakit HDB merupakan ketahanan vertikal yang artinya hanya dikontrol oleh satu gen, dan bersifat tahan pada strain tertentu saja (Yuriyah dkk, 2013). Disamping itu ketahanan tanaman padi terhadap penyakit ini dapat dikendalikan juga oleh beberapa gen resesif dan dominan yang diturunkan dari generasi sebelumnya. Jenis ketahanan ini dapat menghambat perkembangan penyakit HDB untuk bertahan di lapang. Munculnya strain baru patogen dapat mematahkan ketahanan tanaman padi (Susanto and Sudir, 2012). Tekanan seleksi dapat terjadi akibat ketahanan vertikal dapat memicu terbentuknya strain atau ras patogen baru yang berkembang menjadi strain dominan pada suatu tempat. Tekanan seleksi dapat dikurangi dengan melakukan pergiliran varietas tahan (Yuriyah dkk, 2013).

Gen R mayor merupakan gen ketahanan padi terhadap HDB, dan tanaman padi menghasilkan fitoaleksin (senyawa anti mikroba) yang merupakan hasil interaksi antara patogen dan inang dalam menghambat perkembangan bakteri sehingga tanaman padi menjadi tahan (Susanto dan Sudir, 2012). Setelah adanya infeksi patogen maka senyawa anti

mikroba akan disintesis dan diakumulasikan di dalam jaringan tanaman. Jenis senyawa antimikroba yang berkorelasi dengan tingkat ketahanan tanaman adalah fitoaleksin golongan fenol dan diterpen yang akan diakumulasikan pada area perbatasan antara daun yang bergejala daun yang sehat. Pada tanaman rentan, akan lebih lambat dibandingkan dengan tanaman resisten dalam memproduksi senyawa tersebut. Disamping ketahanan kimia terdapat juga ketahanan fisik yang dimiliki berupa kutikula yang tebal pada sel epidermis dan adanya lapisan lilin menyebabkan patogen dapat dihambat dalam penetrasi pada lapisan epidermis (Khaeruni dkk, 2014).

### **C. Mikroba Rizosfer**

Istilah rizosfer menunjukkan bagian tanah yang dipengaruhi perakaran tanaman. Rizosfer dicirikan oleh lebih banyaknya kegiatan mikrobiologis dibandingkan kegiatan di dalam tanah yang jauh dari perakaran tanaman. Intensitas kegiatan semacam ini tergantung dari panjangnya jarak tempuh yang dicapai oleh eksudasi sistem perakaran. Istilah “efek rizosfer” menunjukkan pengaruh keseluruhan perakaran tanaman terhadap mikroorganisme tanah. Maka akan lebih banyak jumlah bakteri, jamur dan actinomycetes dalam tanah yang termasuk rizosfer dibandingkan tanah yang tidak memiliki rizosfer. Beberapa faktor seperti tipe tanah, kelembaban tanah, pH dan temperatur, dan umur serta kondisi tanaman mempengaruhi efek rizosfer (Rao, 1994).

Ada banyak mikroorganisme berkembang di tanah, terutama pada tanaman rhizosfer, yakni lapisan tanah yang menyelimuti permukaan akar tanaman yang masih dipengaruhi oleh aktivitas akar, contohnya : *pseudomonas*, *micrococcus*, *bacillus*, *beggiatoa*, dan lain-lain. Sudah banyak diketahui bahwa sejumlah besar bakteri dan spesies jamur memiliki hubungan fungsional dengan tanaman yang mampu memberi efek menguntungkan pada pertumbuhan tanaman, yakni dengan saling meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi keduanya (Odelade and Babalola, 2019; Jacoby *et al*, 2017).

Kelompok bakteri yang hidup di daerah perakaran tanaman dan bermanfaat bagi perkembangan tanaman didefinisikan sebagai bakteri rhizosfer pemacu pertumbuhan tanaman. Kelompok bakteri rhizosfer tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena memiliki kemampuan untuk memfiksasi N<sub>2</sub> dari atmosfer, menghasilkan hormon tumbuh, melarutkan fosfat dan menekan penyakit tanaman asal tanah (Larasati dkk, 2012). Dengan demikian, populasi mikroba rhizosfer ini penting untuk memelihara kesehatan akar, serapan hara dan daya tahan tanaman terhadap tekanan lingkungan. Manipulasi populasi mikroba rhizosfer melalui inokulasi bakteri bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman pada skala laboratorium dan rumah kaca menunjukkan hasil yang signifikan, tetapi pada skala lapang responnya beragam. Selain faktor fisika dan kimia, kelangsungan hidup bakteri rhizosfer dan kemampuannya dalam berkompetisi dengan mikroorganisme lain di

lapang diduga berpengaruh terhadap keberhasilan aplikasi agen hayati ini (Prihatiningsih dkk, 2019).

Daerah sekitar perakaran, rizosfer, relatif kaya akan nutrisi/unsur hara di mana fotosintat tanaman hilang sebanyak 40% dari akar. Konsekuensinya dukungan rizosfer cukup besar dan kemampuan menggunakan populasi mikrobial aktif yang bermanfaat, netral atau yang merusak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman (Cahyani dkk, 2017). Pentingnya populasi mikrobial di sekitar rizosfer adalah untuk memelihara kesehatan akar, pengambilan nutrisi atau unsur hara, dan toleran terhadap stress / cekaman lingkungan pada saat sekarang telah dikenal. Mikroorganisme menguntungkan ini dapat menjadi komponen yang signifikan dalam manajemen pengelolaan untuk dapat mencapai hasil, yang mana ditegaskan bahwa hasil tanaman budidaya dibatasi hanya oleh lingkungan fisik alamiah tanaman dan potensial genetik bawaan (Cahyani dkk, 2017).

Umumnya rizosfer dari kebanyakan tanaman mengandung bakteri *Gram negatif*, tidak berspora, berbentuk batang, dan terdapat pada daerah rizoplan. Beberapa genus bakteri ini adalah *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Mycobacterium*, *Flavobacterium*, *Cellulomonas*, *Micrococcus*, ditemukan dalam jumlah yang banyak namun ada juga yang tidak ditemukan sama sekali. Bakteri yang membutuhkan asam amino lebih banyak terdapat di daerah rizoplan dan daerah rizosfer dibandingkan tanah di luar rizosfer. Actinomycetes

penghasil antibiotik lebih banyak terdapat dalam rizosfer dibandingkan tanah tanpa rizosfer (Marista dkk, 2013).

Ketergantungan satu mikroorganisme terhadap mikroorganisme lain dalam hal produk ekstra-selular, terutama asam amino dan faktor perangsang pertumbuhan, dapat dianggap sebagai suatu efek asosiatif dalam rizosfer. Beberapa penelitian menunjukkan adanya peningkatan kandungan asam amino dalam tanaman yang ditumbuhkan pada tanah yang di inokulasi dengan mikroorganisme khusus. Pengamatan serupa dilakukan dalam hal pengaruhnya terhadap peningkatan vitamin-B, auksin, giberellin, dan antibiotik. Diketahui bahwa senyawa giberellin dan yang serupa giberellin dihasilkan oleh genus-genus bakteri yang umumnya dijumpai di dalam rizosfer, seperti *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas* dan *Agrobacterium* (Odelade and Babalola, 2019).

Mikrobia yang berada pada zona rizosfer mempunyai kemampuan untuk membentuk mantel di daerah perakaran, berperanan juga sebagai hara tanaman misalnya penyedia N, P dan K tersedia bagi tanaman, meningkatkan kemampuan tanaman memanfaatkan hara, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan penyakit, dan masih banyak lagi peran lainnya yang menguntungkan bagi tanaman. Dengan perannya tersebut mikrobia rizosfer dianggap sebagai pemacu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth Promoting Rhizospheric Microorganism* (PGPRM). PGPRM dapat menyebabkan peningkatan kemampuan tanaman dalam memanfaatkan air, peningkatan ketersediaan hara,

peningkatan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen (Backer *et al*, 2018).

#### **D. Mikroba Endofit**

Bakteri endofit termasuk sumber keanekaragaman dari berbagai macam genetik yang dapat diandalkan, dengan sumber keanekaragaman jenis baru yang belum dideskripsikan (Prasetyoputri dan Atmosukarto, 2006). Pertama kali bakteri endofit dilaporkan oleh Darnel *et al* pada tahun 1904 dan telah disepakati tentang definisi mikroba endofit sebagai mikroba yang berada dan hidup di dalam jaringan internal tumbuhan hidup tanpa mengakibatkan dampak negatif secara langsung dan nyata (Hallman 2000). Mikroba endofit yang tidak menimbulkan efek negatif pada jaringan tumbuhan menunjukkan terjadinya hubungan simbiosis mutualisme antara inang dan mikroba endofit (Compant *et al*, 2010; Leiwakabessy and Latupeirissa, 2013). Kurang lebih 300.000 jenis tanaman yang tumbuh di muka bumi ini, setiap tanaman mengandung satu atau lebih mikroba endofit baik dari cendawan maupun bakteri (G. A. Strobel, 2003). Bakteri endofit dapat diperoleh dengan cara mengekstrak bagian dari tanaman untuk memperoleh bakteri yang berada di dalam jaringan tanaman, bakteri dapat juga diperoleh dengan cara isolasi bagian tanaman dengan sterilisasi permukaan terlebih dahulu (Ryan *et al*, 2008; Aqlinia dkk, 2020; Septia dan Parlindo, 2019).

Bakteri endofit merupakan mikroorganisme simbiotik yang hidup dan membentuk koloni di dalam jaringan tanaman sehat selama periode tertentu dari siklus hidupnya dan tidak menimbulkan efek negatif pada tanaman inangnya (Bhore *et al*, 2010; Susilowati dkk, 2018; Yahya dkk, 2017). Tempat hidup bakteri endofit sangat unik sifatnya karena tumbuh di dalam jaringan tanaman, dimana setiap tanaman berbeda dengan tanaman lainnya. Fisiologi tumbuhan tinggi termasuk yang berasal dari spesies yang sama mempunyai perbedaan jika berada pada lingkungan yang berbeda. Sehingga bakteri endofit memiliki keanekaragaman yang sangat tinggi. Bakteri endofit memiliki potensi sebagai penghasil metabolit sekunder yang dapat dimanfaatkan seperti yang terkandung pada tanaman inangnya (Iqlima dkk, 2017; Rori dkk, 2020). Asal bakteri endofit, kondisi perakaran tanaman inang dan jenis bakteri akan menyebabkan perbedaan kemampuan dalam memproduksi suatu senyawa metabolit sekunder. Bakteri endofit masuk ke dalam jaringan tanaman melewati akar atau bagian lain dari tanaman. Pada keadaan seperti ini tanaman inang merupakan sumber nutrisi bagi mikroorganisme endofit dalam melengkapi siklus hidupnya, sebaliknya tanaman mendapatkan perlindungan dan proteksi terhadap patogen yang didapat dari senyawa yang diproduksi oleh mikroba endofit (Ariyanto *et al*, 2013; Herlina dkk, 2016).



Bakteri endofit diketahui dapat merangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produktivitas tanaman dengan cara memproduksi hormon pertumbuhan tanaman seperti IAA (*Indole Acetic Acid*) atau yang lebih dikenal dengan auksin, berperan terhadap kesehatan tanaman, dan sebagai agen biokontrol. Auksin bermanfaat sebagai hormon pemacu pertumbuhan pada tanaman dan umumnya ditemukan pada jaringan meristem (Vernoux *et al*, 2010; Pranoto dkk, 2014; Asra dkk, 2020). Bakteri endofit dapat ditemukan pada tanaman pertanian yaitu beberapa tanaman *vascular* termasuk tanaman padi (*Oryza sativa* L.). Tanaman padi dapat berumur lama disebabkan kemungkinan terdapat bakteri endofit yang masuk ke dalam jaringan tanaman padi dan menetap serta menghasilkan senyawa tertentu atau senyawa biologi yang berupa metabolit sekunder yang diduga sebagai akibat transfer genetik (*genetic recombination*) atau koevolusi yang sama dengan yang dihasilkan oleh tanaman inangnya ke dalam bakteri endofit sepanjang masa evolusinya (Kuntari dkk, 2017; Herlina dkk, 2016; Susilowati dkk, 2018). Bakteri endofit pada padi dapat bermigrasi dari bagian dalam tanaman ke permukaan tanaman atau sebaliknya (Mano and Morisaki, 2008; Ji *et al*, 2013). Bakteri endofit masuk ke dalam jaringan tanaman sebagian besar melalui akar, namun seperti bunga, batang dan kotiledon yang merupakan bagian tanaman yang terpapar udara langsung, juga dapat dijadikan sebagai jalan masuk bakteri endofit. Mikroorganisme ini dapat hidup di ruang intersel atau di dalam pembuluh vaskular, daun, batang, akar dan

buah. Dalam satu jaringan tanaman kemungkinan ditemukan beberapa jenis mikroba endofit. Banyaknya bakteri endofit di dalam tanaman tidak dapat diperkirakan secara pasti, namun bakteri ini dapat diidentifikasi dengan cara mengisolasi dari jaringan tanaman dan ditumbuhkan pada media pertumbuhan bakteri atau media agar (Desriani dkk, 2014). Mekanisme invasi bakteri endofitik ke dalam jaringan tanaman dapat melalui beberapa cara, antara lain bakteri endofit masuk melalui stomata, luka alami, trachoma yang rusak, lentisel, titik tumbuh akar lateral yang sedang tumbuh, jaringan akar meristematik yang tidak terdiferensiasi, radikula yang sedang tumbuh, serangan pada dinding sel rambut akar, melalui enzimatik degradasi ikatan polisakarisa dinding sel. Cara alternatif lainnya kemungkinan bakteri masuk dengan menyerap unsur hara tanaman secara pasif akibat adanya transpirasi tanaman (Pranoto dkk, 2014).

Bakteri endofit dalam mengkolonisasi inangnya dapat bersifat fakultatif ataupun obligat dan dapat terdiri dari beberapa genus dan spesies pada satu tanaman inang (Bhore and Sathisha, 2010; Desriani dkk, 2014). Meskipun bakteri ini kisaran inangnya sangat luas, namun beberapa diantara bakteri endofit hanya dapat berasosiasi dengan inang dari famili tertentu. Sifat simbiosis antara bakteri endofit dengan tanaman bervariasi mulai dari netral, mutualisme dan komensalisme (Desriani dkk, 2014; Herlina dkk, 2016). Simbiosis mutualisme yang terjadi antara tanaman dengan bakteri endofit adalah bakteri endofit memanfaatkan produksi

metabolisme tanaman sebagai nutrisi dan memberi peroteksi tanaman untuk melawan patogen, sedangkan tanaman memperoleh senyawa aktif dan sumber nutrisi yang dibutuhkan selama hidupnya (Desriani dkk, 2014; Yahya dkk, 2017).

Keberadaan bakteri-bakteri endofit di dalam jaringan tanaman berkontribusi dalam perbaikan pertumbuhan tanaman (*plant growth promotion*), dan kemampuannya memobilisasi, mensintesa dan memproduksi zat pengatur tumbuh, memfiksasi nitrogen, memobilisasi fosfat dan juga berperan dalam kesehatan tanaman (*plant health promotion*) dengan memproduksi antibiotik dan Induksi ketahanan tanaman inang terhadap patogen (Bhore *et al*, 2010; Munif dkk, 2012; Leiwakabessy and Latupeirissa, 2013). Bakteri endofit mampu memproteksi tanaman melawan patogen melalui mekanisme induksi resistensi tanaman, menghasilkan zat yang bersifat antagonis terhadap patogen dan juga dapat melalui kompetisi dalam memperoleh ruang dan nutrisi dalam mengkolonisasi tanaman (Reinhold-Hurek and Hurek, 2011; Leiwakabessy and Latupeirissa, 2013). Bakteri endofit memiliki kemampuan dalam meningkatkan mekanisme pertahanan tanaman terhadap gangguan patogen tanaman karena kemampuannya dalam menghasilkan senyawa enzim, etilena, antimikroba, asam salisilat, dan senyawa sekunder lainnya yang berperan menginduksi resistensi tanaman (Herlina dkk, 2016).

Bakteri endofit sebagai agen pengendali hayati mempunyai keunggulan dibandingkan agen pengendali hayati lainnya karena keberadaannya dalam jaringan tanaman, memiliki kemampuan bertahan hidup terhadap tekanan abiotik dan biotik (Hallmann *et al*, 1997). Selain sebagai pengendali hayati beberapa jenis bakteri endofit juga berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, dan memproteksi ketahanan tanaman terhadap penyakit tanaman seperti *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas cepacia*, dan *Bacillus* sp. (Kloepper *et al*, 1999). Endofit *Burkholderia* sp. Strain PsJN mampu memacu pertumbuhan tanaman anggur (*Vitis vinifera* L.) (Compant *et al*, 2005), *Streptomyces galbus* R-5 mampu mengendalikan beberapa patogen tanaman (Minamiyama *et al*, 2003). Dan *Pseudomonas fluorescens* yang bersifat endofit pada perakaran padi dan mampu memfiksasi Nitrogen (Resti dkk, 2016).

Salah satu mekanisme bakteri endofit dalam pengendalian patogen tanaman yaitu melalui *induced systemic resistance* (ISR). Kemampuan ISR bakteri *Pseudomonas fluorescens* G8-4 dalam menginduksi ketahanan mentimun terhadap penyakit antraknosa pertama kali diketahui pada tahun 1991 (Wei *et al*, 1991). *B. subtilis* dapat meningkatkan ketahanan tomat terhadap patogen *Cucumber mosaic virus* (CMV) (Zehnder, 2000). Kemampuan *Bacillus pumilus* INR7 menginduksi ketahanan mentimun terhadap penyakit layu oleh *Erwinia tracheiphila* (Wei *et al*, 1996), dan beberapa bakteri endofit dapat menginduksi resistensi bawang merah terhadap patogen HDB (Resti dkk, 2013; Parida dkk, 2016). Induksi

ketahanan tanaman padi terhadap penyakit HDB baru diteliti menggunakan rizobakteri yang berasal dari daerah sekitar perakaran tanaman (Khaeruni dkk, 2014; Parida dkk, 2016).

Berdasarkan peneliti terdahulu beberapa bakteri endofit memiliki kemampuan memproduksi senyawa potensial antara lain : bakteri endofit *Bacillus polymixa* dapat menghasilkan senyawa kimia antimalaria artemisinin di dalam media cair sintetik yang diisolasi dari tanaman Anuma (*Artemisia annua*) (Simanjuntak dkk, 2004). *Streptomyces griseus* dari tanaman *Kandelia candel* mampu memproduksi senyawa antimikroba yaitu asam p-aminoacetophenonic (Guan *et al*, 2005). Senyawa munumbicin (antibiotik) dan munumbicin D (antimalaria) diproduksi oleh *Streptomyces* NRRL 30562 yang diisolasi dari tanaman *Kennedia nigricans* (Castillo *et al*, 2002). *Serratia marcescens* yang diisolasi dari tanaman *Rhyncholacis penicillata* mampu memproduksi senyawa oocydin A sebagai antifungi (Strobel *et al*, 2004).

Umumnya bakteri endofit yang didapatkan dari beberapa tanaman berasal dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, dan *Enterobacter* (Hallmann *et al*, 1997). Beberapa spesies bakteri *Pantoea*, *Bacillus*, *Agrobacterium*, *Enterobacter*, *Methylobacterium*, dan banyak dilaporkan sebagai bakteri endofit pada tanaman yang dibudidayakan (Susilowati dkk, 2010; Leiwakabessy dan Latupeirissa, 2013). Hasil penelitian lain juga mendapatkan bakteri endofit yang ada di dalam

jaringan akar tanaman nilam dapat menekan jumlah puru dan populasi nematoda *Meloidogyne incognita* (Harni dan Ibrahim, 2011).

### **E. Pengendalian Hayati**

Pengendalian hayati merupakan upaya pengurangan jumlah inokulum patogen dalam keadaan aktif maupun dorman yang berlangsung alami atau melalui manipulasi lingkungan, inang atau agen antagonis dengan introduksi secara massal satu atau lebih organisme antagonis (Muslim, 2019).

Menurut Sopialena (2018), mengatakan bahwa, penelitian terhadap pengendalian hayati patogen tanaman, paling tidak terdapat 5 proses yang terjadi: 1) Penurunan inokulum densiti: hal ini merupakan pendekatan yang lebih klasik dengan tujuan untuk menekan jumlah inokulum patogen. 2) Memindahkan posisi patogen dengan saprofit. Pendekatan ini diaplikasi khususnya untuk patogen yang inangnya bekas sisa-sisa tanaman, dimana patogen merupakan organisme pertama pada sisa tanaman tersebut yang digantikan secara cepat oleh saprofit. 3) Penekanan perkecambahan dan pertumbuhan patogen atau pelilitan terhadap patogen tanaman: pendekatan ini termasuk, kompetisi, antibiosis, bakteriosin, mikovirus, atau cara lain yang menekan selama patogenesis 4) Proteksi tempat infeksi; pendekatan cara ini berhubungan dengan inokulasi awal pada permukaan bekas pelukaan dengan patogen lemah atau agensia nonpatogen untuk melindungi dari kolonisasi selanjutnya oleh patogen yang lebih virulen. 5) Induksi resistensi pada

inang atau proteksi silang: Pendekatan ini berhubungan dengan inokulasi awal pada tanaman dengan hipovirulen atau avirulen yang menghasilkan resistensi tanaman inang terhadap infeksi selanjutnya oleh patogen yang virulen dari genus yang sama.

Menurut Muslim (2019), ada 2 macam bentuk mekanisme pengendalian hayati patogen tanaman yaitu: 1) Antagonisme diluar inang (*Antagonism exterior to host*), atau mekanisme secara langsung, dimana agensia pengendali hayati memparasit, menekan, dan mengganggu secara langsung patogen dengan sifat antagonismenya melalui antibiosis, mikoparasit/ hiperparasit, dan kompetisi. 2) Interaksi agensia pengendali hayati didalam inang (*Interaction of agent in host*), atau mekanisme secara tidak langsung melalui interaksi agensia pengendali hayati pada tanaman inang melalui kolonisasi dan pra-penetrasi yang memicu terjadinya respon pertahanan diri dari tanaman tersebut, respon tersebut dikenal dengan mekanisme induksi resistensi, sehingga tanaman dapat mempertahankan diri dari serangan patogen.

Beberapa mekanisme pengendalian hayati antara lain: 1) Antagonisme adalah suatu sifat organisme yang menimbulkan kerugian bagi organisme lain yang tumbuh dan berasosiasi dengannya. Aktifitas antagonisme meliputi (a) kompetisi nutrisi dan ruang dalam jumlah terbatas namun diperlukan oleh OPT, (b) antibiosis sebagai hasil sekresi antibiotik atau senyawa kimia lain oleh mikroorganisme tertentu namun berbahaya bagi OPT, dan (c) predasi, hiperparasitisme, miktoparasitisme

atau bentuk interaksi lain yang melawan secara kuat terhadap OPT oleh mikroorganisme yang lain. 2) Ketahanan Terimbas adalah ketahanan yang berkembang setelah tanaman diinokulasi lebih awal dengan *elisitor abiotic*. Elisitor biotik meliputi mikroorganisme non patogenik, avirulen, dan saprofit, sedangkan elisitor abiotik berupa asam salisilik, asam 2-kloroetil fosfonik. Seperti contoh kacang buncis yang diimbas *Colletotrichum lindemuthianum* ras non patogenik menjadi tahan terhadap ras patogenik. 3) Proteksi Silang. Tanaman yang berasosiasi dengan strain virus lemah hanya sedikit mengalami kerusakan, namun terlindungi dari infeksi strain yang kuat. Strain yang dilemahkan antara lain dapat dibuat menggunakan pemanasan *in vivo*, pendinginan *in vivo* dan dengan asam nitrat (Muslim, 2019).

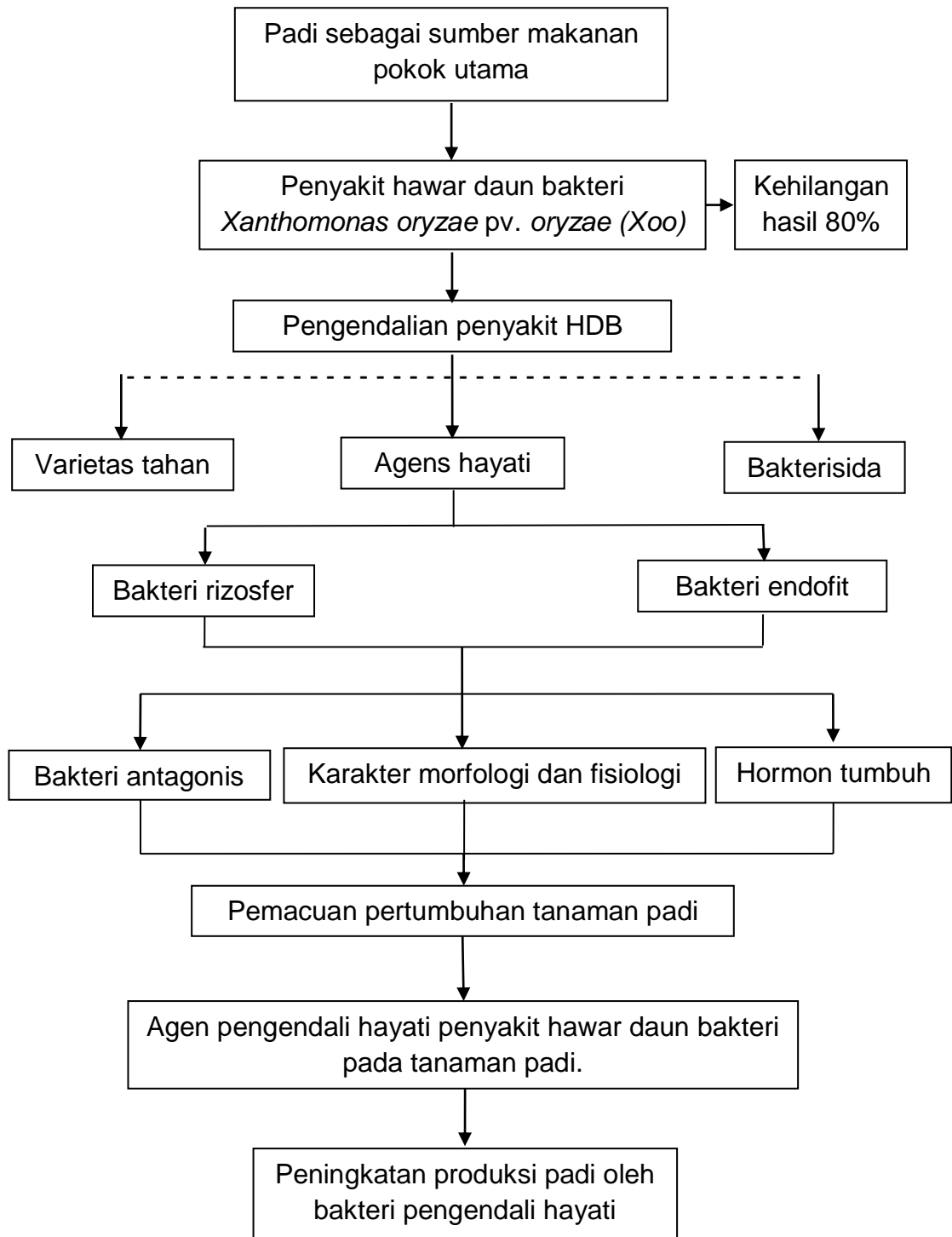
Disamping banyaknya agensia hayati yang ditemukan, implementasi agensia hayati tersebut dalam mendukung strategi pengelolaan patogen tanaman secara terpadu juga meningkat (Hyakumachi *et al*, 2014). Berbagai review tentang komersialisasi agensia pengendali hayati juga sudah banyak dilaporkan baik di Indonesia (Prihastuti, 2016; Direktorat Pupuk dan Pestisida, Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2016) maupun di seluruh dunia (Mathre *et al*, 1999; Fravel, 2005; Muslim, 2019).



## F. Hipotesis

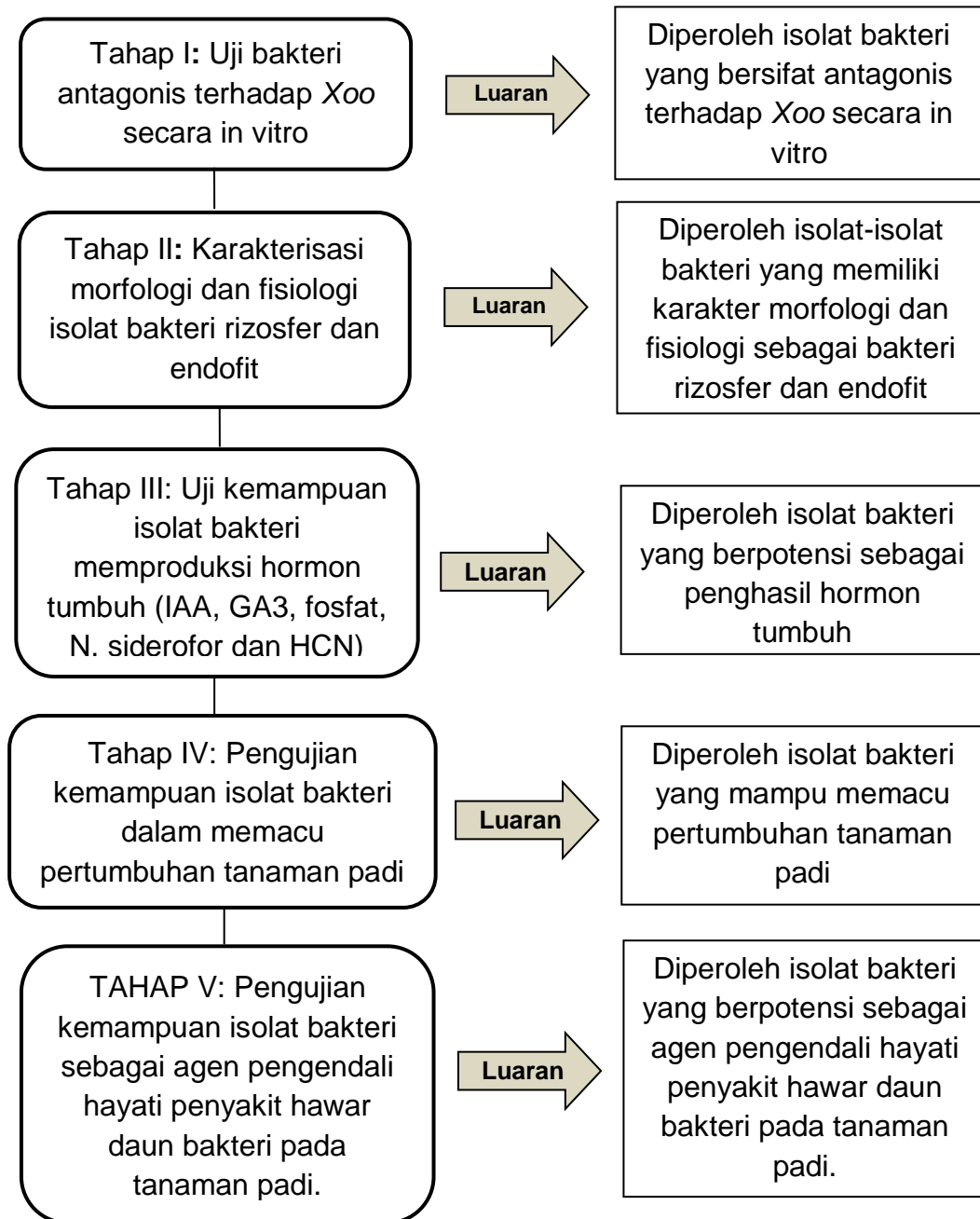
1. Terdapat isolat bakteri rizosfer dan endofit yang berpotensi sebagai bakteri antagonis terhadap bakteri *Xoo* secara *in vitro*
2. Terdapat isolat bakteri rizosfer dan endofit yang memiliki perbedaan karakterisasi secara morfologi dan fisiologi.
3. Terdapat isolat bakteri rizosfer dan endofit yang mampu memproduksi hormon tumbuh.
4. Terdapat isolat bakteri rizosfer dan endofit yang mampu memacu pertumbuhan tanaman padi.
5. Terdapat isolat bakteri rizosfer dan endofit yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

### G. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian

## H. Tahapan Pelaksanaan Penelitian



Gambar 4. Tahapan pelaksanaan penelitian