

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI JAMUR ENDOFIT
DARI DAUN JAMBU BIJI (*Psidium guajava* L.) PENGHASIL
ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli*
DAN *Staphylococcus aureus***

SKRIPSI

Oleh:

**NETTY NUR AZIZAH
NIM. 03520034**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MALANG**

2008

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI JAMUR ENDOFIT
DARI DAUN JAMBU BIJI (*Psidium guajava* L.) PENGHASIL
ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli*
DAN *Staphylococcus aureus***

Diajukan Kepada :
Universitas Islam Negeri Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:

NETTY NUR AZIZAH
NIM : 03520034



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MALANG**

2008



*Skripsi ini
Kupersembahkan untuk
Ayah dan Bundaku tersayang
Adikku tersayang Moh. Muzakki Arriza*

MOTTO

اَلْعِلْمُ كَنْزٌ وَالسُّؤَالُ مِفْتَاحُهُ

*ILMU ITU BAGAIKAN HARTA KARUN
BERTANYA ADALAH KUNCINYA*

*KESUKSESAN HANYA TERSEDIA BAGI DIA
YANG MAU MENCOBA DAN BERUSAHA*

KATA PENGANTAR



Puji syukur, alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Kiranya penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini telah mendapatkan banyak bantuan dan dorongan semangat dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
2. Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, SU. Dsc, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
3. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
4. Dra. Ulfah Utami, M.Si selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan kepada penulis dengan tekun dan sabar. Semoga Allah SWT melimpahkan Rahmat-Nya kepada beliau dan keluarganya.
5. Achmad Nasihuddin, MA selaku Dosen Pembimbing Agama yang telah memberikan masukan dan meluangkan waktu untuk penulis. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat-Nya kepada beliau.
6. Segenap Dosen Universitas Islam Negeri Malang yang telah membimbing penulis selama menempuh studi di Universitas Islam Negeri Malang.

7. Ayah dan bunda tersayang yang telah mendidik dan mencurahkan kasih sayang dengan ketulusan dan keikhlasan yang tidak akan mampu untuk membalasnya. Semoga Berkah dan Rahmat Allah SWT selalu menaungi mereka dan memberikan tempat yang terbaik di kemudian kelak.
8. Adikku Moh. Muzakki Arriza tersayang yang selalu memotivasiku dan memberiku semangat untuk terus maju ke depan.
9. Teman-temanku Biologi '03 yang selalu menghiburku, menemaniku, membantuku dan memberiku semangat selama penulis belajar di UIN Malang, Terimakasih.....
10. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis sehingga dapat terselesaikan dengan baik yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, dan bagi para pembaca pada umumnya. Semoga Allah senantiasa melindungi dan melimpahkan Rahmat dan Ridho-Nya, Amiin.

Malang, 18 Maret 2008

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| DAFTAR TABEL..... | v |
| DAFTAR GAMBAR..... | vi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | vii |
| ABSTRAK..... | viii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 6 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 6 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 6 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 7 |
| | |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | |
| 2.1 Tanaman Jambu Biji..... | 8 |
| 2.1.1 Klasifikasi..... | 8 |
| 2.1.2 Morfologi dan Karakteristik..... | 8 |
| 2.1.3 Daun Jambu Biji..... | 9 |
| 2.2 Faktor yang Mempengaruhi Sifat/Kadar Bahan Aktif pada Tumbuhan | 14 |
| 2.3 Jamur Endofit | 18 |
| 2.4 Escherichia coli | 23 |
| 2.5 Staphylococcus aureus..... | 25 |
| 2.6 Antibiotika..... | 27 |
| 2.7 Kajian Islam tentang Sumber Daya Alam..... | 30 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 36 |
| 3.2 Rancangan Penelitian | 36 |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian | 36 |
| 3.3.1 Alat | 36 |
| 3.3.2 Bahan..... | 37 |
| 3.4 Prosedur Penelitian..... | 37 |
| 3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan | 37 |
| 3.4.2 Pembuatan Media | 37 |
| 3.4.3 Isolasi Jamur Endofit dari Daun Jambu Biji | 39 |
| 3.4.4 Pemurnian Jamur Endofit..... | 40 |
| 3.4.5 Identifikasi Isolat Jamur Endofit | 40 |
| 3.4.6 Seleksi Jamur Endofit Penghasil Metabolit Antibakteri | 41 |
| a. Produktifitas Metabolit Antibakteri..... | 41 |

| | |
|---|----|
| b. Uji Antibakteri terhadap <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> | 41 |
|---|----|

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

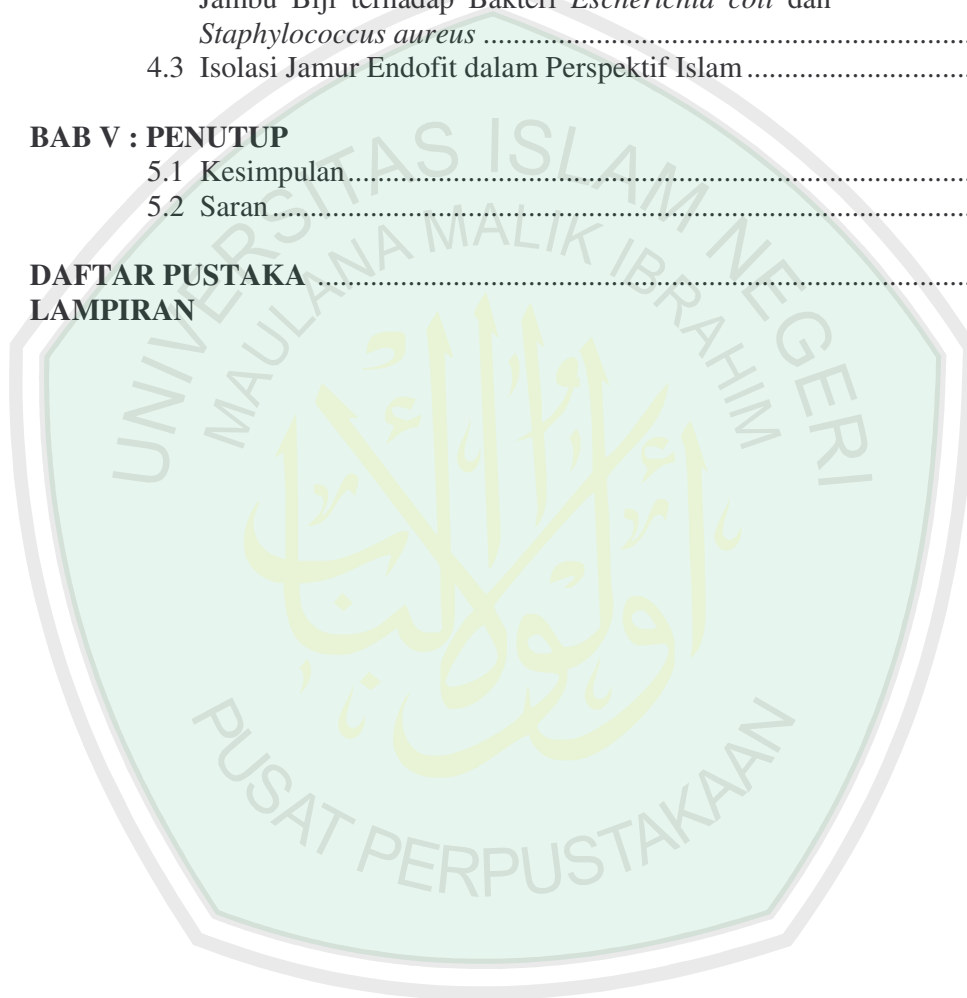
| | |
|--|----|
| 4.1 Isolasi Jamur Endofit dari Daun Jambu Biji..... | 43 |
| 4.2 Uji Aktivitas Metabolit Jamur Endofit dari Daun Jambu Biji terhadap Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> | 61 |
| 4.3 Isolasi Jamur Endofit dalam Perspektif Islam | 72 |

BAB V : PENUTUP

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 77 |
| 5.2 Saran | 77 |

| | |
|-----------------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA | 79 |
|-----------------------------|----|

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

| No. | Judul | Halaman |
|------|---|---------|
| 4.1. | Hasil isolasi jamur endofit dari daun jambu biji | 44 |
| 4.2. | Hasil identifikasi jamur endofit dari daun jambu biji | 60 |
| 4.3. | Rata-rata diameter zona jernih/hambat pada uji aktivitas metabolit jamur endofit terhadap bakteri <i>Escherichia coli</i> | 62 |
| 4.4. | Rata-rata diameter zona jernih/hambat pada uji aktivitas metabolit jamur endofit terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> | 62 |
| 4.5. | Ukuran daerah dan interpretasinya untuk kemoterapeutik yang sering digunakan..... | 63 |
| 4.6. | Rata-rata perbandingan diameter zona hambat yang ditimbulkan metabolit jamur endofit terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> maupun <i>Escherichia coli</i> | 67 |

DAFTAR GAMBAR

| No. | Gambar | Halaman |
|-------|---|---------|
| 4.1. | Jamur endofit dari potongan daun jambu biji daging buah putih..... | 43 |
| 4.2. | Jamur endofit dari potongan daun jambu biji daging buah merah | 43 |
| 4.3. | Isolat P1..... | 46 |
| 4.4. | Isolat P2..... | 47 |
| 4.5. | Isolat P3..... | 48 |
| 4.6. | Isolat P4..... | 50 |
| 4.7. | Isolat P5..... | 51 |
| 4.8. | Isolat P6..... | 52 |
| 4.9. | Isolat P7..... | 54 |
| 4.10. | Isolat M1..... | 55 |
| 4.11. | Isolat M2..... | 56 |
| 4.12. | Isolat M3..... | 57 |
| 4.13. | Isolat M4..... | 59 |
| 4.14. | Isolat M5..... | 60 |
| 4.15. | Zona hambatan yang ditimbulkan oleh metabolit jamur endofit terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> pada medium NA..... | 66 |
| 4.16. | Zona hambatan yang ditimbulkan oleh metabolit jamur endofit terhadap bakteri <i>Escherichia coli</i> pada medium NA..... | 66 |
| 4.17. | Dinding sel bakteri Gram-positif dan bakteri Gram-negatif..... | 69 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No. | Judul | Halaman |
|-------------|--|---------|
| Lampiran 1. | Diagram alir metode kerja | 83 |
| Lampiran 2. | Diameter zona hambatan yang ditimbulkan metabolit jamur endofit dari daun jambu biji terhadap bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> | 84 |
| Lampiran 3. | Alat-alat penelitian | 85 |
| Lampiran 4. | Daun jambu biji daging buah putih dan daun jambu biji daging buah merah | 86 |



ABSTRAK

Azizah, Netty N. 2008. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit dari Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) Penghasil Antibakteri terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Dosen Pembimbing: Dra. Ulfah Utami, M.Si dan Achmad Nasihuddin, MA

Kata Kunci: Jamur endofit, daun jambu biji (*Psidium guajava* L.), *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

Diare merupakan gejala klinis dari gangguan pencernaan (usus) yang salah satunya disebabkan oleh *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) menurut Purwiyatno (2006) terbukti mampu menghambat bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Pengambilan tanaman obat dari tanaman induknya secara terus-menerus tanpa disertai upaya pelestariannya dikhawatirkan akan merusak bahkan memusnahkan sumber daya hayati yang tersedia. Upaya untuk mengatasi kendala tersebut yaitu dengan ditemukannya jamur endofit yang hidup di dalam jaringan tanaman dan mampu memproduksi metabolit sekunder sesuai dengan tanaman inangnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi jamur endofit dari daun jambu biji yang mempunyai potensi sebagai penghasil senyawa antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Penelitian ini dilaksanakan di Lab. HPT Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya pada bulan November 2007 sampai Januari 2008. Metode yang digunakan adalah metode eksplorasi. Penelitian dilakukan dengan cara mengisolasi jamur endofit dari daun jambu biji daging buah warna putih dan daging buah warna merah kemudian mengidentifikasikannya. Sampel daun jambu biji diperoleh dari Ds. Pulotondo Kec. Ngunut Kab. Tulungagung. Produksi metabolit sekunder jamur endofit didapat dengan metode fermentasi dan diuji aktivitasnya terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi agar (*Kirby-Bauer*). Bakteri uji yang digunakan diperoleh dari Lab. Mikrobiologi Universitas Brawijaya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebanyak 12 isolat jamur endofit berhasil diisolasi dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.), yaitu 7 isolat jamur dari daging buah warna putih dan 5 isolat jamur dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) daging buah warna merah. Hasil uji 12 isolat jamur endofit, ditemukan 10 (83,3%) isolat memiliki potensi menghasilkan senyawa antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan sejumlah 11 (91,7%) isolat memiliki potensi menghasilkan senyawa antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyakit infeksi usus (diare) merupakan penyakit yang banyak diderita masyarakat Indonesia sejak dulu. Setiap tahun di Indonesia rata-rata 100.000 anak meninggal dunia akibat diare. Kematian balita akibat diare di Indonesia merupakan kematian tertinggi kedua setelah malnutrisi. Bahkan kematian anak akibat malnutrisi juga tidak lepas dari serangan diare (Kompas, 2006).

Diare adalah suatu gejala klinis dari gangguan pencernaan (usus) yang ditandai dengan bertambahnya frekuensi defekasi lebih dari biasanya dan berulang-ulang yang disertai adanya perubahan bentuk dan konsistensi feses menjadi lembek atau cair. Salah satu faktor penyebab terjadinya diare antara lain karena infeksi kuman penyebab diare. Brooks *et al.*, (1996) dalam (Ajizah, 2004) telah menginventarisasi 12 jenis bakteri, yaitu: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perferingens*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Shigella sp.*, *Salmonella sp.*, *Clostridium difficile*, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterolitica*, *Klebsiella pnemoniae*, *Vibrio haemolyticus*. Namun menurut Dzulkarnain (1996) dalam (Ajizah, 2004), bahwa kasus diare di Indonesia lebih sering disebabkan oleh *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.* dan *Campylobacter*.

Telah lama kita ketahui, tanaman merupakan salah satu sumber daya yang sangat penting dalam upaya pengobatan dan upaya mempertahankan kesehatan

masyarakat. Menurut perkiraan Badan Kesehatan Dunia (WHO), 80% penduduk dunia masih menggantungkan dirinya pada pengobatan tradisional termasuk penggunaan obat yang berasal dari tanaman. Bahkan sampai saat ini pun seperempat dari obat-obat modern yang beredar di dunia berasal dari bahan aktif yang diisolasi dan dikembangkan dari tanaman (Radji, 2005).

Indonesia yang dikenal sebagai salah satu dari tujuh negara yang keanekaragaman hayatinya terbesar kedua setelah Brazil, tentu sangat potensial dalam mengembangkan obat herbal yang berbasis pada tanaman obat kita sendiri. Lebih dari 1000 spesies tumbuhan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku obat. Tumbuhan tersebut menghasilkan metabolit sekunder dengan struktur molekul dan aktivitas biologik yang beraneka ragam, sehingga memiliki potensi yang sangat baik untuk dikembangkan menjadi obat berbagai penyakit (Radji, 2005).

Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) merupakan bagian dari pohon jambu biji yang telah banyak digunakan sebagai obat diare di masyarakat. Dari bermacam-macam bahan tanaman yang berkhasiat mengobati diare, daun jambu biji termasuk bahan yang mudah didapat. Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) mengandung antara lain tanin, minyak atsiri, *flavonoid*, *ursolic*, *oleanolic*, karoten, *avicularin*, *guajaverin*, vitamin B1, B2, B3, B6, dan vitamin C (Supandiman, 1997) dalam (Ajizah, 2004).

Ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) menurut Purwiyatno (2006) terbukti mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Selain itu menurut Yuniarti (1991) dalam Winarno (1998) juga menyatakan bahwa rebusan daun jambu kadar terendah 2% dapat

menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan kadar 10% dapat menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*. Hasil ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar pemanfaatan daun jambu biji sebagai obat diare. Komponen aktif dalam daun jambu biji yang diduga memberikan khasiat antidiare adalah zat tanin yang cukup tinggi.

Penggunaan tanaman obat dengan cara mengambil bagian atau keseluruhan dari tanaman induknya secara terus-menerus tanpa disertai upaya pelestariannya dikhawatirkan nantinya akan merusak sumber daya hayati yang tersedia. Padahal sumberdaya hayati yang telah diciptakan Allah SWT pada dasarnya diperuntukkan bagi manusia untuk diolah, digarap dan dimanfaatkan bukannya untuk dieksploitasi dan dirusak. Semua kekayaan di bumi ini tidak sia-sia diciptakan Allah SWT, namun lebih jauh mengandung manfaat demi kemaslahatan dan kesejahteraan manusia. Dalam Q.S. Ibrahim ayat 32-33, Allah SWT berfirman:

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَكُمْ ۗ وَسَخَّرَ لَكُمْ فِي الْبَحْرِ بَأْمَرِهِ ۗ وَسَخَّرَ لَكُمْ الْأَنْهَارَ ۗ وَسَخَّرَ لَكُمْ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ دَائِبَيْنِ ۗ وَسَخَّرَ لَكُمْ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ ۗ

Artinya: “Allah-lah yang telah menciptakan langit dan bumi dan menurunkan air hujan dari langit, kemudian Dia mengeluarkan dengan air hujan itu berbagai buah-buahan menjadi rezeki untukmu; dan Dia telah menundukkan bahtera bagimu supaya bahtera itu berlayar di lautan dengan kehendak-Nya, dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu matahari dan bulan yang terus-menerus beredar (dalam orbitnya); dan telah menundukkan bagimu malam dan siang.” (QS. Ibrahim: 32-33)

Kemudian, dalam QS. An-Nahl ayat 10-11, Allah SWT berfirman:

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ
يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ
إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya: “Dia-lah, yang Telah menurunkan air hujan dari langit untuk kamu, sebahagiannya menjadi minuman dan sebahagiannya (menyuburkan) tumbuh-tumbuhan, yang pada (tempat tumbuhnya) kamu menggembalakan ternakmu. Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan.”(Q.S. An-Nahl: 10–11)

Ayat di atas menjelaskan bahwa kekayaan alam ini diperuntukkan bagi manusia bukan tidak ada artinya. Allah menjadikan siang dan malam, siang memberi kesempatan bekerja dengan naungan sinar matahari dan malam untuk istirahat dengan naungan bulan yang redup. Bukan sia-sia Allah menjadikan lautan yang terhampar luas yang memudahkan untuk dilayari dan dipenuhi berbagai jenis ikan yang indah dan segar untuk dinikmati dagingnya. Penuh juga dengan berbagai kekayaan alam lainnya. Semua itu diperuntukkan bagi manusia bukan tak bermakna, tetapi penuh makna yaitu agar manusia menikmati dan memanfaatkan kekayaan bumi ini yang sedemikian banyak dengan sebaik-baiknya. Bukan untuk dikuras habis tanpa rasa tanggung jawab dalam memelihara dan melestarikan kekayaan alam tersebut.

Dengan adanya kendala tersebut, cara yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan sumberdaya hayati yang ada tanpa merusak atau mengganggu

stabilitas ekosistemnya adalah dengan memanfaatkan senyawa metabolit pada tanaman yang dihasilkan oleh hewan ataupun mikroba.

Mikroba endofit yang terdiri atas bakteri dan jamur merupakan mikroba yang hidup di dalam jaringan tanaman dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya. Kemampuan mikroba endofit memproduksi senyawa metabolit sekunder sesuai dengan tanaman inangnya merupakan peluang yang sangat besar dan dapat diandalkan untuk memproduksi metabolit sekunder dari mikroba endofit yang diisolasi dari tanaman inangnya tersebut. Menurut Stierle *et al.*, (1995) dalam Susilowati (Tanpa Tahun), bahwa pemanfaatan mikroba endofit dalam memproduksi senyawa aktif memiliki beberapa kelebihan, antara lain (1) lebih cepat menghasilkan dengan mutu yang seragam, (2) dapat diproduksi dalam skala besar dan (3) kemungkinan diperoleh komponen bioaktif baru dengan memberikan kondisi yang berbeda.

Dari sekitar 300.000 jenis tanaman yang tersebar di muka bumi ini, masing-masing tanaman mengandung satu atau lebih mikroba endofit yang terdiri dari bakteri dan jamur. Sehingga apabila mikroba endofit yang diisolasi dari suatu tanaman obat dapat menghasilkan metabolit sekunder sama dengan tanaman aslinya atau bahkan dalam jumlah yang lebih tinggi, maka kita tidak perlu menebang tanaman aslinya untuk diambil sebagai bahan baku obat (Radji, 2005).

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk mengisolasi mikroba endofit khususnya jamur endofit dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) yang berpotensi sebagai penghasil senyawa antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* penyebab penyakit diare.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- 1.2.1. Apakah pada daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) dapat ditemukan jamur endofit?
- 1.2.2. Apakah jamur endofit dari daun jambu biji berpotensi sebagai penghasil senyawa antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan:

- 1.3.1. Untuk mengetahui keberadaan jamur endofit pada daun jambu biji (*Psidium guajava* L.).
- 1.3.2. Untuk mengetahui potensi jamur endofit dari daun jambu biji sebagai penghasil senyawa antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk:

- 1.4.1. Memberikan informasi tentang keberadaan jamur endofit pada daun jambu biji (*Psidium guajava* L.).

- 1.4.2. Memperbanyak pengetahuan dibidang mikrobiologi atau bidang lainnya, khususnya jamur endofit yang mempunyai potensi sebagai penghasil senyawa antibakteri.
- 1.4.3. Senyawa antibakteri yang didapat, diharapkan nantinya dikembangkan lebih lanjut sehingga bermanfaat untuk menanggulangi penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

1.5. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan penelitian yang lebih terarah, maka penelitian ini perlu dibatasi sebagai berikut:

- 1.5.1. Jamur endofit yang digunakan dalam penelitian ini diisolasi dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) daging buah warna putih dan daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) daging buah warna merah yang peroleh dari Desa Pulotondo, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung.
- 1.5.2. Daun jambu biji yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari daun yang tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda.
- 1.5.3. Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari laboratorium Mikrobiologi Universitas Brawijaya.
- 1.5.4. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah diameter zona hambat/jernih yang tumbuh di sekitar paper disk.
- 1.5.5. Senyawa antibakteri yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari hasil metabolit jamur endofit.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Jambu Biji (*Psidium guajava* L.)

2.1.1. Klasifikasi

Klasifikasi tanaman jambu biji (*Psidium guajava* L.) menurut Anonymous (2007^b) adalah sebagai berikut:

| | |
|----------|-----------------------------|
| Kerajaan | : Plantae |
| Divisio | : Magnoliophyta |
| Kelas | : Magnoliopsida |
| Ordo | : Myrtales |
| Familia | : Myrtaceae |
| Genus | : <i>Psidium</i> |
| Spesies | : <i>Psidium guajava</i> L. |

2.1.2. Morfologi dan Karakteristik

Jambu biji (*Psidium guajava* L.) tersebar meluas sampai ke Asia Tenggara termasuk Indonesia, sampai Asia Selatan, India dan Srilanka. Jumlah dan jenis tanaman ini cukup banyak, diperkirakan kini ada sekitar 150 spesies di dunia (Ashari, 2004). Tanaman ini dapat tumbuh subur di daerah dataran rendah sampai pada ketinggian 1200 meter di atas permukaan laut (Anonymous, 2005). Tanaman jambu biji (*Psidium guajava* L.) mudah dijumpai di seluruh daerah tropis dan subtropis. Seringkali ditanam di pekarangan rumah. Tanaman ini sangat adaptif

dan dapat tumbuh tanpa pemeliharaan. Di Jawa sering ditanam sebagai tanaman buah, sangat sering hidup alamiah di tepi hutan dan padang rumput (Cahyadi, 2005).

Jambu biji (*Psidium guajava* L.) termasuk tanaman perdu atau pohon kecil, tinggi 2 -10 m, percabangan banyak, batangnya berkayu, keras, kulit batang licin, mengelupas, berwarna coklat kehijauan. Bunga tunggal, bertangkai, keluar dari ketiak daun, berkumpul 1-3 bunga, berwarna putih. Buahnya buah buni, berbentuk bulat sampai bulat telur, berwarna hijau sampai hijau kekuningan. Daging buah tebal, buah yang masak bertekstur lunak, berwarna putih kekuningan atau merah jambu. Biji buah banyak mengumpul ditengah, kecil-kecil, keras, berwarna kuning kecoklatan (Anonymous, 2006^a).

2.1.3. Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.)

2.1.3.1. Morfologi

Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) merupakan daun tunggal, bertangkai pendek, letak berhadapan, daun berambut halus, permukaan atas daun licin. Helaian daun berbentuk bulat telur agak jorong, ujung tumpul, pangkal membulat, tepi rata, agak melekok ke atas, pertulangan menyirip, panjang 6-14 cm, lebar 3-6 cm dan berwarna hijau (Anonymous, 2006^a).

2.1.3.2. Kandungan Kimia

Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) mengandung antara lain tanin, minyak atsiri, *flavonoid*, *ursolic*, *oleanolic*, karoten, *avicularin*, *guaijaverin*,

vitamin B1, B2, B3, B6, dan vitamin C (Supandiman, 1997) dalam (Ajizah, 2004).

a. Tanin

Tanin memiliki rasa sepat (*astringency*). Rasa sepat ini umumnya terjadi karena adanya presipitasi protein yang melapisi rongga mulut dan lidah atau karena terjadinya penyamakan pada lapisan rongga mulut oleh tanin. Pada umumnya tanin terdapat pada setiap tanaman yang letak dan jumlahnya berbeda tergantung pada jenis tanaman, umur dan organ-organ dari tanaman itu sendiri (Winarno, 1981). Tanin terdapat luas dalam tumbuhan berpembuluh. Di dalam tumbuhan letak tanin terpisah dari protein dan enzim sitoplasma (Harborne, 1987).

Tanin merupakan senyawa "*growth inhibitor*" yang menyebabkan banyak mikroorganisme dapat dihambat pertumbuhannya oleh tanin. Enzim yang dikeluarkan oleh mikroba pada dasarnya adalah protein dan protein akan mengendap oleh tanin sehingga enzim tersebut tidak akan aktif (Winarno, 1981).

Daun jambu biji terbukti mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Ini artinya, rebusan daun jambu biji mempunyai sifat antidiare terutama yang disebabkan infeksi. Komponen aktif dalam daun jambu biji yang diduga memberikan khasiat adalah zat tanin yang cukup tinggi. Daun kering jambu biji yang digiling halus diketahui mempunyai kandungan tanin sampai sekitar 17 %. Senyawa yang rasanya sepat ini mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, tanin

juga menjadi penyerap racun dan dapat menggumpalkan protein (Purwiyatno, 2006).

Hasil penelitian *in vitro* terhadap kontraksi usus dengan menggunakan usus marmut menunjukkan, rebusan daun jambu biji konsentrasi 5%, 10%, dan 20% dapat mengurangi kontraksi usus halus (Natsir, 1986) dalam (Winarno, 1998).

Tanin pada daun jambu biji selain dapat digunakan sebagai antimikroba penyebab penyakit diare, juga dapat digunakan sebagai :

- Zat warna

Zat warna tanin yang terkandung dalam daun jambu biji dapat dipakai untuk mewarnai telur rebus supaya lebih menarik dan lebih awet. Produk ini dikenal sebagai telur pindang. Tanin mampu menggumpalkan protein, hingga telur menjadi kenyal. Sementara itu, zat warna tanin yang terkandung dalam daun jambu biji, dapat dianalogkan sebagai zat warna naftol (pewarna sintetis) (Harismah, 1996).

- Pengawet Telur Mentah

Menurut Imam Hanafi dalam (Harismah, 1996), bahwa perendaman telur mentah dengan ekstrak daun jambu biji terbukti mengawetkan telur. Hal ini disebabkan tanin jambu biji dapat melapisi kulit telur dan dapat menutupi pori-pori cangkang, hingga komponen-komponen penting dalam telur terutama air dan CO₂ tidak keluar.

- Antioksidan

Tanin dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan pada lemak dan minyak goreng agar lemak dan minyak goreng tidak mudah rusak (Harismah, 1996). Selain itu beberapa tanin juga terbukti mempunyai kemampuan menghambat pertumbuhan tumor dan menghambat enzim seperti *reverse transkriptase* dan DNA *topoisomerase* (Robinson, 1991).

- Obat Sariawan

- Mengendapkan zat putih telur dan sebagai *astrigens*

Astrigens yaitu dapat meringankan diare dengan menciutkan selaput-selaput lendir usus (Tjay, 2002).

b. Minyak Atsiri

Minyak atsiri merupakan senyawa terpenoid. Secara kimia, *terpenoid* umumnya larut dalam lemak dan terdapat di dalam sitoplasma sel tumbuhan. Kadang-kadang minyak atsiri terdapat di dalam sel kelenjar khusus pada permukaan daun (Harborne, 1987). Sifat fisik terpenting minyak atsiri adalah sangat mudah menguap pada suhu kamar dan larut dalam lemak. Famili tumbuhan Lauraceae, Myrtaceae, Rutaceae, Myristicaceae, Astereaceae, Apocynaceae, Umbeliferae, Pinaceae, Rosaceae dan Labiatae adalah famili tumbuhan yang sangat populer sebagai penghasil minyak atsiri (Agusta, 2000).

Fungsi minyak atsiri yang paling luas dan paling umum diminati adalah sebagai pengharum, baik itu sebagai parfum untuk tubuh, kosmetik,

pengharum ruangan, pengharum sabun, pasta gigi, pemberi citra rasa pada makanan maupun produk rumah tangga lainnya (Agusta, 2000).

Kebanyakan minyak atsiri bersifat sebagai antibakteri dan antijamur yang kuat. Minyak atsiri daun sirih (*Piper betle*) merupakan salah satu minyak atsiri yang bersifat antibakteri. Minyak ini dapat menghambat pertumbuhan beberapa jenis bakteri merugikan seperti *Escherichia coli*, *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella* dan *Pasteurella* (Agusta, 2000).

c. Flavonoid

Semua *flavonoid* menurut strukturnya merupakan turunan senyawa induk *flavon*. *Flavonoid* berupa senyawa yang larut dalam air. *Flavonoid* terdapat dalam semua tumbuhan berpembuluh dan dijumpai hanya sebagai campuran, karena jarang sekali dijumpai *flavonoid* tunggal dalam jaringan tumbuhan (Harborne, 1987).

Senyawa *flavon*, *flavonoid* dan *flavonol*, ketiganya diketahui telah disintesis oleh tanaman dalam responsnya terhadap infeksi mikroba sehingga tidak mengherankan kalau senyawa tersebut efektif secara *in vitro* terhadap sejumlah mikroorganisme. Aktivitas ketiga senyawa tersebut kemungkinan disebabkan oleh kemampuannya untuk membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler dan dengan dinding sel. *Flavonoid* yang bersifat lipofilik mungkin juga akan merusak membran mikroba. *Catechin* yang merupakan senyawa *flavonoid* pada teh, telah diketahui memiliki aktivitas antimikroba. Secara *in vitro* senyawa ini mampu menghambat *Vibrio cholerae*, *Streptococcus mutans*, *Shigella* dan bakteri lain (Naim, 2002).

Senyawa *avicularin* dan *guaijaverin* yaitu suatu *glikosida* dari *quersetin*. *Quersetin* adalah senyawa golongan *flavonoid* jenis *flavonol* dan *flavon*. *Quersetin* adalah salah satu dari senyawa yang paling umum pada tumbuhan berpembuluh. Senyawa ini diduga juga turut mempengaruhi penghambatan pertumbuhan bakteri (Ajizah, 2004).

Dalam ilmu farmasi, *flavonoid* berfungsi sebagai senyawa aktif antiradang, mengurangi rasa nyeri, antitumor, antivirus HIV, antidiare, antikeracunan hati, antijamur, antioksidan, mencegah penyempitan pembuluh darah, merangsang kekebalan dan antiborok/bisul (Samiran, 2006).

d. Vitamin

Vitamin C pada daun jambu biji bersifat antioksidan (Samiran, 2006). Vitamin A, C dan D serta garam-garam mineral, dalam fungsinya sebagai obat diare, mungkin bersifat suportif, yakni mengganti cairan/elektrolit tubuh yang hilang akibat adanya proses dehidrasi (Simanjuntak, 1992).

2.2. Faktor yang Mempengaruhi Sifat/Kadar Bahan Aktif pada Tumbuhan

Faktor yang mempengaruhi sifat/kadar bahan aktif pada tumbuhan menurut Kartasapoetra (1989) antara lain adalah sebagai berikut:

a. Faktor Genetik

Faktor ini merupakan sifat bawaan dari induk tanamannya, seperti rasa, bau, komposisi kimiawi, nilai gizi dan termasuk kemampuan produksinya. Tanaman jenis unggul dapat memberikan produk lebih baik dan banyak dari jenis tanaman tidak unggul.

b. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan merupakan faktor luar dari tanaman yang juga banyak berpengaruh terhadap sifat/kadar bahan aktif pada tumbuhan. Faktor lingkungan/faktor luar ini dapat dikatakan pula faktor lingkungan hidup seperti:

- Sinar Matahari

Sinar matahari banyak berpengaruh pada pembentukan zat makanan dalam jaringan tanaman, melalui fotosintesis misalnya pembentukan zat makanan dalam jaringan tanaman itu akan sangat terbantu. Hasil penelitian menyatakan bahwa banyak atau sedikitnya sinar matahari yang diterima tanaman akan mempengaruhi pembentukan zat-zat makanan dalam jaringan dan sifat hasil tanamannya. Sebagai contoh misalnya pada buah yang tanamannya banyak menerima sinar matahari kandungan vitamin C-nya akan lebih tinggi dibanding dengan buah yang tanamannya kurang memperoleh sinar matahari.

Kualitas, intensitas dan lamanya masa penyinaran cahaya dapat mempengaruhi produksi senyawa kimia. Contohnya senyawa alelopati lebih banyak dihasilkan pada kondisi dengan cahaya ultraviolet dan periode penyinaran yang panjang. Oleh karena itu, tumbuh-tumbuhan yang berada di bawah naungan tumbuh-tumbuhan lainnya akan menghasilkan senyawa alelopati dalam jumlah lebih kecil karena sebagian besar sinar UV telah diserap oleh tumbuhan yang menaunginya (Sastroutama, 1990).

Tumbuhan yang sedang (tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda) berada pada keadaan optimum pertumbuhannya dapat menghasilkan senyawa

alelopati dalam jumlah yang cukup tinggi dibandingkan dengan tumbuh-tumbuhan yang masih muda atau sebaliknya yang telah tua. Contoh lainnya yaitu Tembakau yang diberi penyinaran cahaya merah akan menghasilkan *alkaloid* yang lebih banyak tetapi dengan *fenol* yang sedikit jika dibandingkan dengan yang tidak diberi perlakuan cahaya merah. Hari yang panjang/lamanya penyinaran nampaknya dapat juga memacu kandungan asam *fenolat* dan terpen pada beberapa jenis tumbuhan (Sastroutama, 1990).

- Temperatur

Bagi tanaman, temperatur lingkungan yang optimum merupakan faktor yang penting karena berpengaruh terhadap produksi hasil-hasil tanamannya (pembentukan zat-zat makanan dalam jaringan). Hasil tanaman yang tumbuh baik pada kondisi temperatur yang cocok akan sangat berbeda dengan hasil tanaman yang tumbuh pada temperatur yang tidak cocok.

- Musim

Musim juga sangat berpengaruh terhadap produksi hasil-hasil tanamannya (pembentukan zat-zat makanan dalam jaringan). Hasil tanaman yang tanamannya biasa tumbuh pada musim kering yang panas akan mengandung zat makanan lebih tinggi.

- Tempat/Daerah Pertumbuhan

Tempat/daerah pertumbuhan merupakan faktor geografis yang kaitannya sangat erat dengan macam atau sifat tanahnya. Mutu hasil tanaman yang tanamannya tumbuh di tempat/daerah yang mempunyai ketinggian tertentu yang tanahnya merupakan tanah lempung akan berbeda dengan mutu hasil

tanaman sejenis yang tumbuh pada ketinggian yang sama yang tanahnya merupakan tanah berkapur.

- Zat Makanan

Zat makanan atau pupuk juga merupakan faktor yang dapat meningkatkan hasil tanaman. Pemupukan dengan dosis yang memadai dimaksudkan agar zat makanan cukup tersedia bagi pertumbuhan tanaman. Tanaman yang tumbuh pada lahan yang kurang kandungan zat makanan maka menyebabkan tanaman tersebut akan tumbuh kerdil, sedangkan keadaan tersebut akan mengurangi sifat dan mutu hasil tanaman.

c. Faktor Tingkat Kemasakan

Perbedaan tingkat kemasakan sangat berpengaruh pada zat-zat penyusun yang terkandung, tekstur dan warna hasil tanaman. Hasil penelitian menyatakan bahwa dengan makin masakny hasil tanaman, maka kandungan zat tepung, zat gulanya makin meningkat pula, sedangkan kandungan vitamin C pada umumnya menurun kecuali pada buah/hasil tanaman seperti tomat, mangga, asparagus, anggur, apel dll.

Secara menyeluruh, senyawa tanin menurun selama proses pematangan dan pendewasaan dari buah-buahan. Pada jaringan tanaman, semakin tua semakin tinggi kandungan taninnya, tetapi sebaliknya pada buah-buahan semakin tua semakin rendah kandungan taninnya. Terjadinya penurunan kandungan tanin kemungkinan besar disebabkan karena adanya tanin yang terdegradasi atau tanin tidak mampu mengendapkan protein lagi. Kehilangan kemampuan ini disebabkan terjadinya polimerasi maupun depolimerasi yang mengakibatkan kurang

reaktifnya tanin, maupun terjadinya peristiwa oksidasi yang menghasilkan senyawa berwarna coklat dan tidak mampu lagi mengendapkan protein (Winarno, 1981).

2.3. Jamur Endofit

Jamur endofit adalah jamur yang hidup dalam sistem jaringan tumbuhan sehat seperti daun, bunga, ranting ataupun akar tumbuhan (Carrol, 1988) dalam (Worang, 2003). Jamur endofit ini di dalam tanaman berada di ruang antar sel. Diduga endofit awalnya di luar tubuh tanaman yang kemudian masuk yaitu jika terjadi luka pada tanaman. Jika sudah berada pada tanaman, endofit akan menetap. Endofit ini berkembang biak di dalam tanaman tanpa menyebabkan penyakit bagi tanaman inangnya (Atmosukarto, 2004).

Mikroba endofit terdiri atas bakteri, fungi/jamur dan aktinomicetes, namun yang paling banyak ditemukan adalah golongan fungi/jamur dan aktinomicetes. Mikroba endofit ini mendapat perhatian besar karena dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang dapat berpotensi sebagai antibiotik disebabkan karena aktivitasnya yang besar dalam membunuh mikroba-mikroba patogen. Disamping mampu menghasilkan senyawa-senyawa antimikroba, mikroba endofit juga mampu menghasilkan senyawa-senyawa yang berpotensi sebagai antikanker, antimalaria, anti HIV, antioksidan dan sebagainya (Prihatiningtias, 2006).

Ditinjau dari sisi taksonomi dan ekologi, jamur ini merupakan organisme yang sangat heterogen. Petrini *et al.*, (1992) dalam (Worang, 2003) telah menggolongkan jamur endofit dalam kelompok Ascomycotina dan

Deuteromycotina. Strobell *et al.*, (1996) dalam (Worang, 2003), mengemukakan bahwa jamur endofit meliputi genus *Pestalotia*, *Pestalotiopsis*, *Monochaetia*, dan lain-lain. Sedangkan Clay (1988) dalam (Worang, 2003) melaporkan bahwa jamur endofit dimasukkan dalam famili *Balansiae* yang terdiri dari lima genus yaitu *Atkinsonella*, *Balansiae*, *Balansiopsis*, *Epichloe* dan *Myriogenospora*.

Mikroba endofit merupakan mikroba yang hidup dalam jaringan tumbuhan tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tumbuhan inangnya. Hubungan antara mikroba endofit dan tumbuhan inangnya merupakan suatu bentuk hubungan *symbiosis mutualisma*, yaitu sebuah bentuk hubungan yang saling menguntungkan. Mikroba endofit dapat memperoleh nutrisi untuk melengkapi siklus hidupnya dari tumbuhan inangnya, sebaliknya tumbuhan inang memperoleh proteksi terhadap patogen tumbuhan dari senyawa yang dihasilkan mikroba endofit (Prihatiningtias, 2006).

Asosiasi jamur endofit dengan tumbuhan inangnya, oleh Carrol (1988) dalam (Worang, 2003) digolongkan dalam dua kelompok, yaitu *mutualisme konstitutif* dan *induktif*. *Mutualisme konstitutif* merupakan asosiasi yang erat antara fungi dengan tumbuhan terutama rumput-rumputan. Pada kelompok ini fungi endofit menginfeksi ovula (benih) inang, dan penyebarannya melalui benih serta organ penyerbukan inang. *Mutualisme induktif* adalah asosiasi antara fungi dengan tumbuhan inang, yang penyebarannya terjadi secara bebas melalui air dan udara. Jenis ini hanya menginfeksi bagian vegetatif inang.

Mikroba endofit yang diisolasi dari tumbuhan obat akan memiliki aktivitas yang lebih besar, bahkan dapat memiliki aktivitas yang lebih besar dibandingkan

aktivitas tumbuhan inangnya. Dilihat dari segi efisiensi, hal ini sangat menguntungkan, karena siklus hidup mikroba endofit lebih singkat dibandingkan siklus hidup tumbuhan inangnya, sehingga dapat menghemat waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan senyawa tersebut, dan jumlah senyawa yang diproduksi dapat dibuat dalam skala yang besar dengan menggunakan proses fermentasi. Disamping hal-hal yang sudah disebutkan di atas, ada keuntungan lain yang diperoleh, yaitu menjaga kelestarian tumbuhan-tumbuhan obat, terutama yang termasuk jenis tumbuhan langka, agar tidak dieksploitasi secara terus menerus yang akhirnya akan mengakibatkan kepunahan (Prihatiningtias, 2006).

Setiap tanaman tingkat tinggi dapat mengandung beberapa mikroba endofit (bakteri dan jamur) yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit sekunder yang karakteristik dengan inangnya. Hal ini diduga akibat koevolusi atau transfer genetik (*genetic recombination*) dari tanaman inangnya ke dalam mikroba endofit (Tan *et al.*, 2001) dalam (Radji, 2005).

Radji (2005) menyebutkan bahwa berbagai metabolit sekunder yang diproduksi oleh mikroba endofit tersebut telah berhasil diisolasi dan dimurnikan serta telah dielusidasi struktur molekulnya. Diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antibiotika

Banyak kelompok jamur endofit yang mampu memproduksi senyawa antibiotika yang aktif melawan bakteri maupun jamur patogenik terhadap manusia, hewan dan tumbuhan, terutama dari genus *Coniothirum* dan *Microsphaeropsis* (Petrini *et al.*, 1992) dalam (Worang, 2003). Isolat jamur endofit *Xylaria* spp. juga memiliki potensi besar dalam penelitian-penelitian

industri farmasi maupun pertanian. Suatu strain *Xylaria* yang diisolasi dari tumbuhan epifit di Amerika Selatan dan Meksiko dilaporkan dapat menghasilkan suatu senyawa antibiotika baru dari kelompok sitokalasin (Dreyfuss *et al.*, 1986) dalam (Worang, 2003).

Penelitian Brunner dan Petrini (1992) dalam (Worang, 2003) yang melakukan seleksi pada lebih dari 80 spora fungi endofit, hasilnya menunjukkan bahwa 75% fungi endofit mampu menghasilkan antibiotika. Fungi endofit *Xylotropik*, suatu kelompok fungi yang berasosiasi dengan tumbuhan berkayu, juga merupakan penghasil metabolit sekunder.

b. Metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antivirus.

Jamur endofit *Cytospora* sp. dapat menghasilkan metabolit *cytonic acid* A dan B, yang struktur molekulnya merupakan isomer *p-tridepside*, berkhasiat sebagai antivirus (Guo *et al.*, 2000).

c. Metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antikanker.

Paclitaxel dan derivatnya merupakan zat yang berkhasiat sebagai antikanker yang pertama kali ditemukan yang diproduksi oleh mikroba endofit. *Paclitaxel* merupakan senyawa *diterpenoid* yang didapatkan dalam tanaman *Taxus*. Senyawa yang dapat mempengaruhi molekul tubulin dalam proses pembelahan sel-sel kanker ini, umumnya diproduksi oleh endofit *Pestalotiopsis microspora*, yang diisolasi dari tanaman *Taxus andreanae*, *T. brevifolia* dan *T. wallichiana* (Strobel *et al.*, 2002).

d. Metabolit sekunder yang berpotensi sebagai zat antimalaria.

Colletotrichum sp. merupakan endofit yang diisolasi dari tanaman *Artemisia annua*, menghasilkan metabolit artemisinin yang sangat potensial sebagai antimalaria (Lu *et al.*, 2000). Disamping itu beberapa mikroba endofit yang diisolasi dari tanaman *Cinchona* spp., juga mampu menghasilkan *alkaloid cinchona* yang dapat dikembangkan sebagai sumber bahan baku obat antimalaria (Simanjuntak *et al.*, 2002).

e. Metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antidiabetes.

Endofit *Pseudomassaria* sp. yang diisolasi dari hutan lindung menghasilkan metabolit sekunder yang bekerja seperti insulin. Senyawa ini sangat menjanjikan karena tidak sebagaimana insulin, senyawa ini tidak rusak jika diberikan peroral. Dalam uji praklinik terhadap binatang coba membuktikan bahwa aktivitasnya sangat baik dalam menurunkan glukosa darah tikus yang diabetes. Hasil tersebut diperkirakan dapat menjadi awal dari era terapi baru untuk mengatasi diabetes dimasa mendatang (Zhang *et al.*, 1999).

f. Metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antioksidan.

Pestacin dan *isopestacin* merupakan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh endofit *P. microspora*. Endofit ini berhasil diisolasi dari tanaman *Terminalia morobensis*, yang tumbuh di Papua New Guinea. Baik *pestacin* ataupun *isopestacin* berkhasiat sebagai antioksidan, dimana aktivitas ini diduga karena struktur molekulnya mirip dengan *flavonoid* (Strobel *et al.*, 2002).

2.4. *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* termasuk bakteri yang berbentuk batang, gram negatif, fakultatif anaerob, dan tak mampu membentuk spora (Hendri, 2006). Klasifikasi bakteri *Escherichia coli* menurut Anonymous (2007^a) adalah sebagai berikut:

| | |
|---------|---------------------------|
| Filum | : Proteobacteria |
| Kelas | : Gamma Proteobacteria |
| Ordo | : Enterobacteriales |
| Familia | : Enterobacteriaceae |
| Genus | : <i>Escherichia</i> |
| Spesies | : <i>Escherichia coli</i> |

Bakteri *Escherichia coli* termasuk bakteri gram negatif yang memiliki lapisan luar lipopolisakarida yang terdiri atas membran dan lapisan peptidoglikan yang tipis dan terletak pada periplasma (diantara lapisan luar dan membran sitoplasmik) (Anonymous, 2007^a). Bakteri gram negatif mengandung lipid, lemak, atau substansi seperti lemak dalam persentase lebih tinggi (11–12 %) daripada yang dikandung bakteri gram positif. Sedangkan struktur dinding sel bakteri gram negatif lebih tipis (10–15 nm) dan berlapis tiga (multi) dari pada struktur dinding sel bakteri gram positif. Lapisan peptidoglikan dinding sel bakteri gram negatif

ada di dalam lapisan kaku sebelah dalam dengan jumlahnya sekitar 10 % berat kering dan tidak ditemukan asam tekoat (Pelczar, 1986).

Escherichia coli umumnya merupakan flora normal saluran pencernaan manusia dan hewan. Serotype dari *Escherichia coli* yang dapat menyebabkan diare pada manusia disebut *Escherichia coli enteropatogenik* (EPEK). Berdasarkan sifat patogenik dan produksi toksinnya, strain enteropatogenik *Escherichia coli* (EPEK) dapat dibedakan menjadi dua grup. Grup I terdiri dari strain yang bersifat patogenik, tetapi tidak dapat memproduksi toksin, sedangkan grup II terdiri dari strain yang memproduksi enterotoksin dan menyebabkan gejala enterotoksigenik. Strain yang termasuk grup II ini disebut *Escherichia coli enterotoksigenik* (ETEK), dan merupakan bakteri penyebab diare (Supardi, 1999).

Sifat-sifat yang dimiliki bakteri *Escherichia coli* menurut Supardi (1999) antara lain sebagai berikut:

- Termasuk basil *coliform*, merupakan flora komensial yang paling banyak pada usus manusia dan hewan, hidup aerobik/fakultatif anaerobik.
- *Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif, tidak berkapsul, umumnya mempunyai fimbria dan bersifat motil.
- *Escherichia coli* dalam jumlah yang banyak bersama-sama tinja akan mencemari lingkungan.
- *Escherichia coli* mempunyai ukuran panjang 2,0–6,0 μm dan lebar 1,1–1,5 μm , tersusun tunggal, berpasangan, dengan flagella peritrikus.
- *Escherichia coli* tumbuh pada suhu antara 10–40 $^{\circ}\text{C}$, dengan suhu optimum 37 $^{\circ}\text{C}$. pH optimum untuk pertumbuhannya adalah pada 7,0–7,5, pH minimum

pada 4,0 dan maksimum pada pH 9,0. Bakteri ini sangat sensitif terhadap panas.

- Susunan antigen yang penting dalam penentuan serologi *Escherichia coli* ada tiga macam yaitu: antigen O (somatik) yang terdiri dari polisakarida, H (flagellar) dan K (kapsul). Disamping itu terdapat antigen fimbria yang ikut berperan dalam penentuan strain dari berbagai serotype *Escherichia coli*.

2.5. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus berasal dari kata "*Staphyle*" yang berarti kumpulan dari anggur dan kata "*aureus*" dalam bahasa latin yang berarti emas. Nama tersebut diberikan berdasarkan bentuk dari sel-sel bakteri tersebut jika dilihat dibawah mikroskop dan warna keemasan yang terbentuk jika bakteri tersebut ditumbuhkan pada permukaan suatu agar (Supardi, 1999). Koloni *Staphylococcus* pada perbenihan berbentuk bundar, halus, menonjol dan berkilau (Brooks *et al.*, 1996).

Bakteri *Staphylococcus aureus* menurut Anonymous (2007^a) termasuk dalam bakteri gram positif yang memiliki dinding sel yang terdiri atas lapisan peptidoglikan yang tebal dan asam teikoat, sedangkan klasifikasinya adalah sebagai berikut:

| | |
|---------|---------------------|
| Filum | : Firmicutes |
| Kelas | : Cocci |
| Ordo | : Bacillales |
| Familia | : Staphylococcaceae |

Genus : *Staphylococcus*

Spesies : *Staphylococcus aureus*

Bakteri gram positif menurut Pelczar (1986) mempunyai struktur dinding sel yang tebal yaitu 15–80 nm dan berlapis tunggal (mono), sedangkan kandungan lipidnya rendah yaitu 1–4 %. Lapisan peptidoglikan pada bakteri gram positif ada sebagai lapisan tunggal dengan jumlah lebih dari 50 % berat kering.

Bakteri *Staphylococcus aureus* pada umumnya membentuk pigmen kuning keemasan, memproduksi koagulase dan dapat memfermentasikan glukosa dan mannitol dengan memproduksi asam dalam keadaan anaerobik. Sel dari bakteri ini berbentuk bulat (kokus) berukuran diameter 0,5–1,5 μm , tidak membentuk spora, katalase positif dan biasanya sel-selnya terdapat dalam kelompok seperti buah anggur. Akan tetapi, juga mungkin terdapat secara terpisah (tunggal), membentuk pasangan atau dalam jumlah 4 sel (tetrad). *Staphylococcus aureus* akan tahan terhadap lisis yang disebabkan oleh enzim *lysozim* dan memproduksi enzim *fosfatase* dan *deoksiribonuklease* (Supardi, 1999).

Suhu optimum untuk pertumbuhan *Staphylococcus aureus* adalah 35–37 $^{\circ}\text{C}$, dengan suhu minimum 6,7 $^{\circ}\text{C}$ dan suhu maksimum 45,5 $^{\circ}\text{C}$. Bakteri ini dapat tumbuh pada pH 4,0–9,8 dengan pH optimum sekitar 7,0–7,5 (Supardi, 1999). Bakteri ini juga dapat tumbuh pada A_w rendah dan konsentrasi NaCl yang tinggi (Anonymous, 2006^b).

Selain memproduksi koagulase, yaitu suatu enzim yang dapat menggumpalkan plasma, *Staphylococcus aureus* juga dapat memproduksi berbagai toksin, diantaranya: (1) Eksotoksin - α yang sangat beracun, (2) Toksin -

β yang terdiri dari hemolisin, yaitu suatu komponen yang dapat menyebabkan lisis pada sel darah merah, (3) Toksin F dan S, (4) *Hyaluronidase*, yaitu suatu enzim yang dapat memecah asam hyaluronat di dalam tenunan sehingga mempermudah penyebaran bakteri ke seluruh tubuh, (5) Suatu grup enterotoksin yang terdiri dari protein sederhana (Supardi, 1999).

Staphylococcus aureus hidup sebagai saprofit di dalam saluran-saluran pengeluaran lendir dari tubuh manusia dan hewan seperti hidung, mulut dan tenggorokan dan dapat dikeluarkan pada waktu batuk atau bersin. Bakteri ini juga sering terdapat pada pori-pori dan permukaan kulit, kelenjar keringat dan saluran usus (Supardi, 1999).

2.6. Antibiotika

Antibiotika merupakan zat kimia yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme yang mempunyai kemampuan baik menghambat pertumbuhan maupun membunuh mikroorganisme lain (Pelczar, 1988).

Antibiotika berasal dari sumber-sumber berikut, yaitu: *Actinomycetales* (58,2 %), jamur (18,1 %), tanaman tinggi (12,1 %), *Eubacteriales* terutama *Bacilli* (7,7 %), binatang (1,8 %), *Pseudomonales* (1,2 %) dan ganggang atau lumut (0,9 %) (Siswandono, 1995).

Berdasarkan toksisitasnya, antibiotik dibagi dalam 2 kelompok, yaitu antibiotik dengan aktivitas bakteriostatik bersifat menghambat pertumbuhan mikroba dan aktivitas bakterisid bersifat membinasakan/membunuh mikroba lain (Suwandi, 1992).

Menurut Waluyo (2005) bahwa antibiotika haruslah memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Menghambat atau membunuh patogen tanpa merusak inang.
- b. Bersifat bakterisida dan bukan bakteriostatik.
- c. Tidak menyebabkan resistensi pada kuman.
- d. Berspektrum luas.
- e. Tidak bersifat alergenik atau menimbulkan efek samping bila dipergunakan dalam jangka waktu lama.
- f. Tetap aktif dalam plasma, cairan badan atau eksudat.
- g. Larut di dalam air serta stabil.
- h. Bakterisidal level, di dalam tubuh cepat dicapai dan bertahan untuk waktu lama.

Suatu zat antimikroba yang ideal memiliki toksisitas selektif. Istilah ini berarti bahwa suatu zat antimikroba berbahaya bagi parasit tetapi tidak membahayakan inang. Adapun mekanisme kerja zat antimikroba dalam melakukan efeknya terhadap mikroorganisme menurut Jawetz *et al.*, (1986), Waluyo (2005), Suwandi (1992) dan Brooks *et al.*, (1996) adalah sebagai berikut:

- a. Menghambat sintesis dinding sel

Pada umumnya bakteri memiliki lapisan luar yang kaku disebut dinding sel. Sintesis dinding sel ini melibatkan sejumlah langkah enzimatis yang banyak. Antibiotik yang merusak dinding sel mikroba dengan menghambat sintesis enzim atau inaktivasi enzim, akan menyebabkan hilangnya viabilitas dan sering menyebabkan sel lisis. Antibiotik ini meliputi penisilin, sepalosporin, sikloserin,

vankomisin, ristosetin dan basitrasin. Antibiotik ini menghambat sintesis dinding sel terutama dengan mengganggu sintesis peptidoglikan.

Dinding sel bakteri menentukan bentuk karakteristik dan berfungsi melindungi bagian dalam sel terhadap perubahan tekanan osmotik dan kondisi lingkungan lainnya. Di dalam sel terdapat sitoplasma dilapisi dengan membran sitoplasma yang merupakan tempat berlangsungnya proses biokimia sel. Dinding sel bakteri terdiri dari beberapa lapisan. Pada bakteri gram positif, struktur dinding selnya relatif sederhana dan gram negatif relatif lebih kompleks. Dinding sel bakteri gram positif tersusun atas lapisan peptidoglikan relatif tebal, dikelilingi lapisan *teichoic acid* dan pada beberapa spesies mempunyai lapisan polisakarida. Dinding sel bakteri gram negatif mempunyai lapisan peptidoglikan relatif tipis, dikelilingi lapisan lipoprotein, lipopolisakarida, fosfolipid dan beberapa protein. Peptidoglikan pada kedua jenis bakteri merupakan komponen yang menentukan rigiditas pada gram positif dan berperan pada integritas gram negatif. Oleh karena itu gangguan pada sintesis komponen ini dapat menyebabkan sel lisis dan dapat menyebabkan kematian sel.

b. Menghambat fungsi selaput sel

Sitoplasma semua sel hidup dibatasi oleh selaput sitoplasma disebut dengan membran sel. Membran ini mempunyai sifat permeabilitas selektif dan berfungsi mengontrol keluar masuknya substansi dari dan ke dalam sel, serta memelihara tekanan osmotik internal dan ekskresi. Oleh karena itu substansi yang mengganggu fungsinya akan sangat lethal terhadap sel. Beberapa antibiotik yang dikenal mempunyai mekanisme kerja mengganggu membran sel yaitu antibiotik

peptida (polimiksin, gramisidin, sirkulin, tirosidin, valinomisin dan antibiotik polyene (amphoterasin, nistatin, filipin).

c. Menghambat sintesis protein

Protein memegang peranan penting dalam kehidupan sel. Protein ini merupakan hasil akhir dari dua proses utama, yakni transkripsi dan translasi. Antibiotika yang mampu menghambat salah satu proses ini berarti juga akan menghambat sintesis protein. Adapun yang tergolong dalam antibiotika ini adalah aktinomisin, rifampisin, streptomisin, tetrasiklin, kloramfenikol, eritromisin, klindamisin dll. Bila terjadi gangguan pada sintesis protein maka dapat mengakibatkan kerusakan total pada sel.

d. Menghambat sintesis asam nukleat

Asam nukleat, DNA, RNA memegang peranan penting dalam proses kehidupan sel. Beberapa antibiotik seperti asam nalidiksat, novobiosin, pirimetamin, sulfonamida dan trimetoprim dapat menghambat sintesis asam nukleat. Bila terjadi gangguan pada sintesis asam nukleat maka dapat mengakibatkan kerusakan total pada sel.

2.7. Kajian Islam tentang Sumber Daya Alam

Alam adalah makhluk yang ditundukkan untuk manusia, untuk melayani manusia dan kemaslahatan manusia. Diantara berbagai ajaran Islam yang sangat menarik adalah ajaran akan keindahan alam. Sebuah anugerah untuk dinikmati manusia, sebagai santapan jasmani dan rohani mereka. Ajaran tersebut secara

eksplisit menegaskan bahwa keberadaan alam adalah untuk kemaslahatan manusia. Seperti yang disebutkan dalam Al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 29:

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ أَسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٢٩﴾

Artinya: “Dialah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit dan dia Maha mengetahui segala sesuatu”. (QS. Al-Baqarah: 29)

Demikian juga dalam QS. Ar-Rahmaan ayat 10, Allah SWT berfirman:

وَالْأَرْضَ وَضَعَهَا لِلْأَنَامِ ﴿١٠﴾

Artinya: “Dan Allah Telah meratakan bumi untuk makhluk (Nya)”. (QS. Ar-Rahmaan: 10)

Dari kedua ayat di atas jelas menegaskan bahwa alam semesta beserta isinya yang sangat kompleks ini diciptakan Allah SWT untuk manusia. Makhluk ciptaan-Nya tersebut terdiri dari berbagai macam jenis baik tumbuhan maupun hewan. Pada tumbuhan sendiri banyak terdapat fenomena alam sebagai bukti bagi manusia bahwa segala ciptaan-Nya telah diatur untuk kalangsungan hidup manusia. Allah berfirman dalam surat ‘Abasa ayat 27-32:

فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا ﴿٢٧﴾ وَعِنَبًا وَقَضْبًا ﴿٢٨﴾ وَزَيْتُونًا وَنَخْلًا ﴿٢٩﴾ وَحَدَائِقَ غُلْبًا ﴿٣٠﴾ وَفَيْكِهَةً وَآبًا ﴿٣١﴾ مَّتَعًا لَّكُمْ وَلِيَأْتِعْمُرَكُمْ ﴿٣٢﴾

Artinya: *“Lalu kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu, anggur dan sayur-sayuran, zaitun dan kurma, kebun-kebun (yang) lebat, dan buah-buahan serta rumput-rumputan, untuk kesenanganmu dan untuk binatang-binatang ternakmu”*. (QS. ‘Abasa: 27-32)

Ayat di atas menjelaskan bahwa tumbuhan juga memiliki beranekaragam jenis yang tersebar luas diseluruh bagian bumi ini. Keanekaragaman jenis tumbuhan juga diikuti dengan keanekaragaman manfaatnya bagi kehidupan manusia, seperti tumbuhan sebagai bahan makanan pokok, bahan bangunan, bahan obat dan potensi lainnya yang masih perlu untuk digali.

Selain mengkaji sumberdaya tumbuhan, Islam juga menganjurkan manusia untuk mengkaji sumberdaya hewan seperti mikroba atau hewan yang ukurannya sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Baqarah ayat 26.

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا.....

Artinya: *“Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu.....”*.(Q.S Al-Baqarah: 26)

Lafadz *famaa fauqohaa* (“atau yang lebih rendah dari itu”) pada ayat di atas maksudnya yaitu sesuatu yang melebihi nyamuk dari segi makna dan fisik, mengingat nyamuk adalah makhluk kecil dan tidak berarti (Hawwa, 2000).

Adapun hewan yang melebihi nyamuk atau yang lebih kecil dibanding nyamuk antara lain yaitu mikroba. Mikroba walaupun berukuran sangat kecil dan umumnya sangat dibenci orang karena merugikan manusia, tetapi sekali lagi segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT di bumi ini tidak sia-sia. Mikroba ada yang merugikan, tetapi juga ada yang menguntungkan yaitu salah satunya

mikroba endofit yang hidup pada jaringan tanaman dan dapat menghasilkan zat antibiotik yang sangat berguna sebagai obat.

Seorang muslim harus memandang alam beserta isinya baik tumbuhan maupun hewan sebagai nikmat yang dikaruniakan Allah SWT pada mereka. Atau paling tidak sebagai wujud dari nikmat Allah yang lahir dan yang bathin. Sebagaimana firman Allah dalam surat Luqman ayat 20:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعْمَهُ
ظَاهِرَةً وَبَاطِنَةً ۗ وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ
مُّنِيرٍ

Artinya: “*Tidakkah kamu perhatikan Sesungguhnya Allah Telah menundukkan untuk (kepentingan) mu apa yang di langit dan apa yang di bumi dan menyempurnakan untukmu nikmat-Nya lahir dan batin. dan di antara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah tanpa ilmu pengetahuan atau petunjuk dan tanpa Kitab yang memberi penerangan*”. (QS. Luqman: 20)

Al-Qur'an melihat bahwa nikmat Allah tidak mungkin dapat dihitung. Nikmat Allah berupa alam beserta isinya ini merupakan suatu bukti Maha Pengasih dan Penyayang-Nya Allah kepada manusia.

Sumber daya alam yang diciptakan Allah SWT di bumi ini diperuntukkan bagi manusia bukan tak bermakna, tetapi penuh makna, yaitu agar manusia menikmati dan memanfaatkan kekayaan bumi ini dengan sebaik-baiknya, bukannya untuk dikuras habis tanpa rasa tanggung jawab. Memelihara sumber daya hayati yang ada tanpa merusaknya merupakan tanggung jawab manusia sebagai khalifah di muka bumi ini.

Allah SWT berfirman dalam QS. Al-A'raaf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya: “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (Tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”. (QS. Al-A'raaf: 56)

Ayat di atas merupakan penegasan larangan terhadap segala bentuk perusakan di atas bumi. Kemudian mengenai arti dari kalimat “sesudah memperbaikinya” adalah setelah Allah memperbaiki ciptaan-Nya sesuai dengan kodrat yang layak untuk manfaat manusia dan kemaslahatan orang-orang mukallaf (Al-Qaradhawi, 2001).

Menjaga sumber kekayaan alam yang notabene merupakan nikmat Allah SWT bagi makhluk-Nya adalah kewajiban setiap manusia. Maka barang siapa yang hendak mensyukuri nikmat tersebut, ia harus selalu menjaganya dari pencemaran, kehancuran serta bentuk-bentuk lain yang termasuk dalam kategori perusakan di atas muka bumi. Perusakan di muka bumi ini terkadang berbentuk fisik atau materi, seperti penghancuran tatanan lingkungan, mencemari kebersihannya, merusak keindahannya ataupun dengan menghilangkan berbagai manfaat yang terkandung didalamnya (Al-Qaradhawi, 2001).

Kekayaan alam dapat berupa kandungan alam seperti kandungan gas dengan berbagai macam unsurnya, kandungan air sebagai sumber penghidupan beragam tumbuh-tumbuhan baik di daerah pertanian, perkebunan maupun di

hutan belantara. Selanjutnya, sumber kekayaan alam ini bisa juga berbentuk kekayaan laut, bisa pula berupa kandungan tambang dengan beragam jenisnya yang terdapat jauh di perut bumi. Atau bisa jadi, ada berbagai jenis sumber kekayaan alam lainnya yang sampai saat ini belum mampu kita olah secara optimal, seperti sumber kekayaan yang terkandung dalam sinar matahari dan sebagainya (Al-Qaradhawi, 2001).

Jika kita merujuk pada Al-Qur'an, kita akan menemukan di dalamnya anjuran yang secara eksplisit mendorong kita untuk mengelola sumber-sumber kekayaan alam tersebut. Al-Qur'an telah merangsang akal dan konsentrasi kita agar selalu berfikir tentang lingkungan sekitar; dengan air, udara, laut dan sungainya yang tak terbatas. Dengan tumbuh-tumbuhan, hewan, serta bebatuan yang tersebar sejauh mata memandang. Begitupun, kita dirangsang untuk memikirkan matahari dan bulan, serta siang dan malam yang kesemuanya itu diciptakan agar bermanfaat bagi manusia.

Begitulah kemuliaan dan nikmat yang telah dikaruniakan Allah kepada manusia. Maka seandainya manusia bisa berfikir dan memiliki ilmu pengetahuan yang memadai, seyogyanya mereka dapat memanfaatkan apa yang telah disediakan Allah tersebut. Dan sudah menjadi tanggung jawab manusia untuk memeliharanya supaya tetap lestari dan dapat dimanfaatkan untuk kemaslahatan umat manusia di seluruh muka bumi ini. Demikian juga dengan adanya sumber daya hayati ini, diharapkan supaya manusia lebih meningkatkan keimanannya dengan lebih mensyukuri nikmat yang telah diberikan bukannya malah mengingkarinya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan dimulai pada bulan November sampai Januari 2008.

3.2. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi. Eksplorasi dengan cara mengisolasi jamur endofit dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) daging buah warna putih dan daun jambu biji daging buah warna merah (*Psidium guajava* L.) yang mempunyai potensi sebagai penghasil senyawa antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* penyebab penyakit diare.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laminar Flow Cabinet, autoklaf, cawan petri, jarum ose, bunsen, kompor listrik, pengaduk kaca, entkas, pinset, kertas saring, incubator, aluminium foil, mikroskop, cover glass, gelas obyek, gelas ukur, tabung reaksi, botol media, erlenmeyer, penggaris, shaker incubator, sentrifugasi, timbangan analitik dan silet.

3.3.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Media PDASV (*Potato Dextro Agar Streptomycin Vancomycin*), media NA (*Nutrient Agar*), larutan NaOCl 1 %, daun jambu biji daging buah warna putih, daun jambu biji daging buah warna merah, aquades steril, spirtus, kapas, biakan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, alkohol 70 %, kertas cakram dan tissue.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dan bahan dengan cara membungkus alat-alat dengan aluminium voil, kemudian memasukkannya ke dalam autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 15 psi (*per square inchi*) selama 15 menit.

3.4.2. Pembuatan Media

a. Media PDASV, cara pembuatannya sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan yang terdiri dari kentang 200 gram, dextro 20 gram, agar-agar 20 gram, streptomycin 100 ml, vancomycin 50 ml dan aquades steril 1000 ml.
- Memasukkan semua bahan tersebut ke dalam labu erlenmeyer kemudian dipanaskan dan diaduk sampai homogen.
- Kemudian memasukkannya ke dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121 °C dengan tekanan 15 psi.

- Setelah itu menuangkan larutan PDASV tersebut ke dalam cawan petri dengan ketebalan media ± 5 ml dan ke dalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 4 ml (untuk media miring) dan menutupnya dengan kapas, kemudian didiamkan sampai membeku.
- Membiarkan media tersebut selama 24 jam pada suhu kamar sebelum digunakan.

b. Media PDA cair, cara pembuatannya sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan yang terdiri dari kentang 200 gram, dextro 20 gram dan aquades steril 1000 ml.
- Memasukkan semua bahan tersebut ke dalam labu erlenmeyer kemudian dipanaskan dan diaduk sampai homogen.
- Kemudian memasukkannya ke dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi.
- Menuangkan larutan PDA cair tersebut ke dalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 4 ml dan menutupnya dengan kapas.
- Membiarkan media tersebut selama 24 jam pada suhu kamar sebelum digunakan.

c. Media NA, cara pembuatannya sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan yang terdiri dari beef ekstrak 3 gram, bacto pepton 5 gram, agar padat 15 gram dan aquades 1000 ml.
- Memasukkan semua bahan tersebut ke dalam labu erlenmeyer kemudian dipanaskan dan diaduk sampai homogen.

- Media miring dan media lempeng disterilkan dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121 °C dengan tekanan 15 psi.
- Menuangkan larutan NA tersebut ke dalam cawan petri dengan ketebalan media \pm 5 ml, kemudian didiamkan sampai membeku.
- Membiarkan media tersebut selama 24 jam pada suhu kamar sebelum digunakan.

3.4.3. Isolasi Jamur Endofit dari Daun Jambu Biji

Jamur endofit diisolasi dari daun jambu biji sehat yang diambil dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) daging buah warna putih dan daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) daging buah warna merah. Bagian daun jambu dari kedua varietas tersebut masing-masing dipotong sepanjang \pm 1 cm lalu dicuci dengan air mengalir selama 5 menit. Setelah pencucian, dilakukan sterilisasi permukaan dengan memasukkannya ke dalam larutan alkohol 70 % selama 2 menit, dilanjutkan ke dalam larutan NaOCl 1 % selama 2 menit kemudian dikeringkan dengan tissue steril. Setelah itu dibilas dengan aquadest steril \pm 1 menit diulang dua kali, lalu ditempelkan di atas cawan petri yang berisi media PDASV, perlakuan ini berfungsi sebagai kontrol. Kemudian potongan daun dibelah menjadi dua dan dikeringkan di atas kertas tissue steril dan ditanam pada cawan petri yang berisi media PDASV. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai tampak jamur yang tumbuh. Kemudian jamur endofit tersebut diisolasi dan dimurnikan pada media PDASV baru. Jamur endofit yang digunakan untuk

penelitian adalah jamur yang tumbuh pada belahan daun bagian dalam (Indriana, 2005).

3.4.4. Pemurnian Jamur Endofit

Medium yang digunakan untuk pemurnian jamur endofit yaitu medium PDASV. Jamur endofit yang tumbuh pada medium PDASV, dimurnikan masing-masing pada medium plat dan media miring PDASV. Kemudian diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 25 °C, setelah inkubasi dilakukan pengamatan terhadap bentuk dan warna koloni. Setiap koloni yang berbeda bentuk maupun warnanya disubkultur lagi pada medium PDASV baru.

3.4.5. Identifikasi Isolat Jamur Endofit

Jamur endofit yang telah diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 25 °C tadi diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan ciri-ciri makroskopis dengan cara langsung melihat bentuk dan warna koloni jamur endofit. Sedangkan ciri-ciri mikroskopis dengan cara mengamatinya di bawah mikroskop.

Adapun cara mengidentifikasi jamur adalah sebagai berikut:

- Media PDA diambil dari cawan petri dengan jarum ose.
- Potongan media tersebut diletakkan di atas obyek glass.
- Jamur dari biakan murni diambil dengan jarum ose.
- Inokulum jamur diletakkan di atas potongan media pada obyek glass.

- Obyek glass ditutup dengan cover glass kemudian ditekan secara perlahan-lahan.
- Preparat tersebut diletakkan di atas tissue basah yang diletakkan di atas nampan plastik dan diinkubasikan selama 3-4 hari.
- Morfologi jamur (bentuk dan ukuran hifa, konidia, spora) yang terbentuk diamati dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x.
- Jamur yang didapat diidentifikasi dengan cara menyocokkan dengan buku kunci identifikasi jamur.

3.4.6. Seleksi Jamur Endofit Penghasil Metabolit Antibakteri

a. Produktifitas Metabolit Antibakteri

Produksi metabolit antibakteri oleh jamur endofit dilakukan dengan cara menumbuhkannya di dalam medium PDA cair. Koloni jamur endofit yang telah diinkubasi pada medium PDASV selama 24 jam, diambil satu sengkeli dengan menggunakan jarum ose dan ditumbuhkan pada medium PDA cair dalam tabung reaksi pada suhu 25 °C selama 7 hari sampai tampak jamur yang tumbuh. Setelah itu, jamur yang telah tumbuh pada tabung reaksi tersebut digoyang-goyang dengan menggunakan shaker incubator 130 rpm selama 72 jam. Setelah selesai, masing-masing medium disentrifugasi dengan kecepatan 2000 g (3800 rpm) pada suhu 4 °C selama 20 menit. Supernatan diambil dan dipergunakan dalam pengujian aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

b. Uji Antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Medium yang digunakan untuk uji aktivitas antibakteri yaitu medium NA. Uji aktivitas antibakteri metabolit jamur endofit terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dilakukan dengan metode difusi agar (*Kirby-Bauer*) menggunakan kertas cakram. Kertas cakram dibuat dari kertas saring Whatman dengan cara mengguntingnya dengan alat pembolong kertas sehingga didapatkan kertas cakram dengan diameter 6 mm.

Secara aseptik, kertas cakram yang sudah disterilkan direndam di dalam supernatan kultur jamur endofit selama 30 menit. Kertas cakram diambil dengan menggunakan pinset steril dan diletakkan di atas medium uji aktivitas antibakteri (medium plat NA). Kemudian diinkubasi selama 18–24 jam pada suhu 37 °C. Setelah masa inkubasi selesai, dilakukan pengamatan terhadap zona jernih yang terbentuk dan diukur diameternya. Sampel yang mempunyai potensi menghasilkan zat antibakteri ditunjukkan dengan adanya zona jernih.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Isolasi Jamur Endofit dari Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti berhasil menemukan beberapa jamur endofit dari daun jambu biji daging buah warna putih dan daun jambu biji daging buah warna merah yang ditumbuhkan pada medium PDASV. Jamur endofit dari daun jambu biji daging buah warna putih yang telah berhasil ditumbuhkan dapat dilihat pada gambar 4.1, sedangkan jamur endofit dari daun jambu biji daging buah warna merah pada gambar 4.2.



Gambar 4.1
Jamur endofit dari potongan daun jambu biji daging buah warna putih, setelah diinkubasi 15 hari pada media PDASV pada suhu kamar.



Gambar 4.2
Jamur endofit dari potongan daun jambu biji daging buah warna merah, setelah diinkubasi 15 hari pada media PDASV pada suhu kamar.

Gambar 4.1 dan 4.2 di atas, membuktikan bahwa jamur endofit dapat ditemukan pada jaringan daun jambu biji (*Psidium guajava* L.), hal ini tampak pada jamur yang tumbuh di sebelah dalam belahan daun. Carrol (1988) dalam (Worang, 2003) menyatakan bahwa jamur endofit berada di dalam sistem jaringan tumbuhan seperti daun, bunga, ranting ataupun akar tumbuhan.

Jamur endofit dari daun jambu biji daging buah warna putih setelah dilakukan tahap pemurnian berdasarkan bentuk dan warna koloni secara makroskopis dihasilkan 7 macam isolat jamur sedangkan pada daun jambu biji daging buah warna merah didapatkan 5 macam isolat jamur, dimana penampakan dari tiap-tiap koloni jamur tersebut sangat beranekaragam.

Tabel 4.1 Hasil isolasi jamur endofit dari daun jambu biji

| Daerah Sampel | Jenis Daun Jambu Biji | Jumlah Jamur | Kode Isolat |
|---------------|---|--------------|-------------|
| Tulungagung | Daun jambu biji daging buah warna putih | 7 | P1 |
| | | | P2 |
| | | | P3 |
| | | | P4 |
| | | | P5 |
| | | | P6 |
| | | | P7 |
| Tulungagung | Daun jambu biji daging buah warna merah | 5 | M1 |
| | | | M2 |
| | | | M3 |
| | | | M4 |
| | | | M5 |

Dua belas isolat jamur endofit hasil isolasi dari daun jambu biji daging buah warna putih dan daun jambu biji daging buah warna merah selanjutnya diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri makroskopis dan mikroskopis sampai tingkat famili berdasarkan buku kunci identifikasi Barnett (1972).

4.1.1. Isolat jamur endofit dari daun jambu biji daging buah warna putih (P)

1. Isolat P1

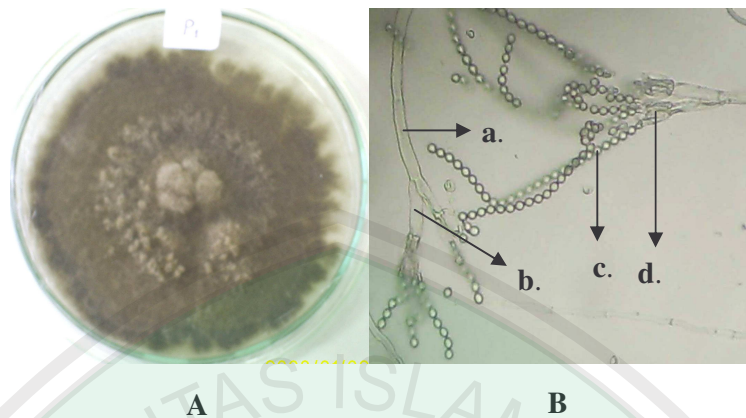
a. Ciri Makroskopis

- Tumbuh cepat, dalam waktu 3 hari koloni mencapai diameter 2 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih keabu-abuan rapat tetapi lama-kelamaan menjadi abu-abu kehijauan gelap dan tebal.
- Koloni seperti beludru, renggang, tebal dan tepi tidak beraturan.
- Dari bawah tampak warna keabu-abuan gelap disertai warna hijau tua.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa septat, hyalin.
- Konidia 1 sel, hyalin, bulat membentuk rantai tasbih dan muncul dari sterigma atau phialid.
- Konidiofor panjang, tunggal, aseptat dan hyalin.
- Pola percabangan konidiofor satu-stage (*biverticillate-symmetrical*).
- Satu konidiofor terdapat 2 metulla.
- Sterigma/phialid seperti botol.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat P1 termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Penicillium* sp.



Gambar 4.3. Isolat P1

A. Koloni Isolat P1, B. Foto mikroskopis Isolat P1
(Ket: a. Konidiofor, b. Metulla, c. Konidia, d. Sterigma/phialid)

2. Isolat P2

a. Ciri Makroskopis

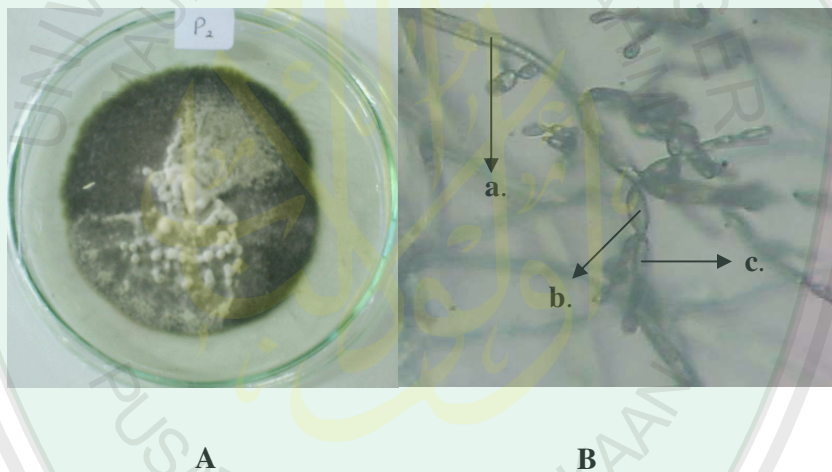
- Tumbuh lama, dalam waktu 7 hari koloni masih mencapai diameter 1,5 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna hijau tebal keputih-putihan dengan bagian tepi disertai warna merah muda, tetapi lama-kelamaan menjadi berwarna abu-abu kehijauan tua.
- Koloni seperti beludru, rapat, halus dengan tepi rata.
- Dari bawah tampak warna hijau tua.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa septat, hyalin.
- Miselium bercabang.
- Sterigma atau phialid seperti botol, hyalin dan terdiri dari 3 sterigma/phialid.

- Konidia hyalin, 1 sel, berbentuk oval dan muncul dari sterigma atau phialid.
- Konidiofor aseptat, hyalin, bercabang banyak dengan percabangan yang menghasilkan sekelompok phialid.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat P2 termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Trichoderma* sp.



Gambar 4.4. Isolat P2
A. Koloni Isolat P2, B. Foto mikroskopis Isolat P2
(Ket: a. Konidiofor, b. Sterigma/Phialid, c. Konidia)

3. Isolat P3

a. Ciri Makroskopis

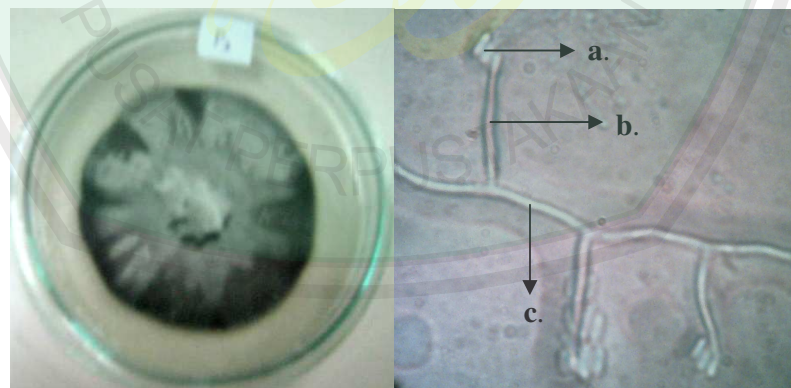
- Tumbuh lama, dalam waktu 7 hari koloni masih mencapai diameter 1 cm pada cawan petri.

- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih kehijauan tetapi lama-kelamaan menjadi hijau tua dengan bagian atas dilapisi warna putih keabu-abuan.
- Koloni seperti beludru halus dan rapat dengan tepi rata.
- Dari bawah tampak warna hijau tua gelap.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa aseptat, hyalin.
- Konidia berbentuk silindris, hyalin, 1 sel dan tumbuh dari ujung konidiofor.
- Konidiofor ramping, pendek, aseptat dan hyalin.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat P3 termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Chepalosporium* sp.



A

B

Gambar 4.5. Isolat P3

A. Koloni Isolat P3, B. Foto mikroskopis Isolat P3
(Ket: a. Konidia, b. Konidiofor, c. Hifa)

4. Isolat P4

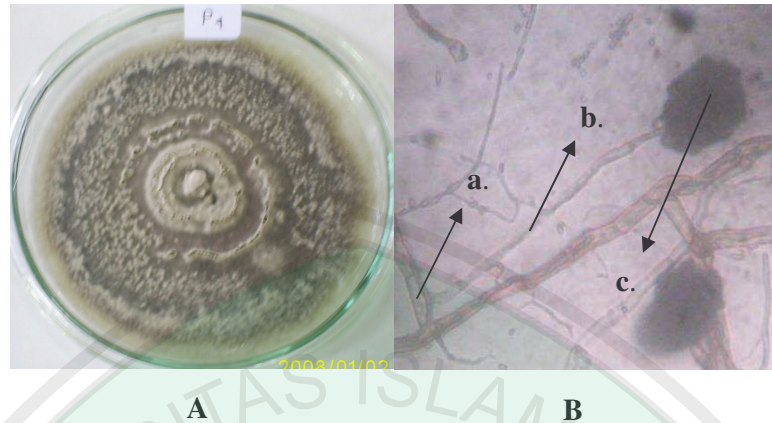
a. Ciri Makroskopis

- Tumbuh lama, dalam waktu 7 hari koloni masih mencapai diameter 2,5 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih kehijauan tetapi lama-kelamaan menjadi kuning kehijauan dengan bagian atas dipenuhi seperti sebaran titik-titik berwarna putih kekuningan.
- Koloni seperti beludru rapat (tidak berbenang renggang).
- Dari bawah tampak warna merah muda gelap.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa septat, hyalin.
- Konidia gelap.
- Konidiofor aseptat, hyalin dan muncul dari foot cell, panjang konidiofor 80 μm .
- Konidiofor panjang dan membengkak menjadi vesikel pada ujungnya membawa sterigma dimana tumbuh konidia.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat P4 termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Aspergillus* sp.



Gambar 4.6. Isolat P4
 A. Koloni Isolat P4, B. Foto mikroskopis Isolat P4
 (Ket: a. Foot cell, b. Konidiofor, c. Konidia)

5. Isolat P5

a. Ciri Makroskopis

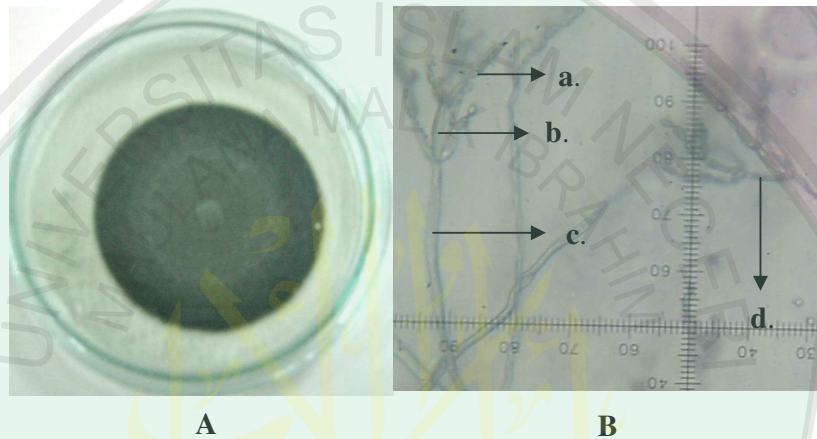
- Tumbuh lama, dalam waktu 9 hari koloni masih mencapai diameter 3,5 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna hijau tua tebal tetapi lama-kelamaan menjadi hijau tua tebal dengan bagian tengah membentuk lingkaran konsentris berwarna hijau keabu-abuan.
- Koloni seperti beludru rapat (tidak berbenang renggang) dengan bentuk membulat.
- Dari bawah tampak warna hijau tua gelap.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa septat, hyalin.
- Konidia oval dan muncul dari sterigma atau phialid.
- Phialid/sterigma berbentuk seperti botol dan terdiri dari 3 phialid.

- Konidiofor panjang, aseptat dan hyalin.
- Pola percabangan konidiofor one-stage (*biverticillate-symmetrical*).

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat P5 termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Penicillium* sp.



Gambar 4.7. Isolat P5
 A. Koloni Isolat P5, B. Foto mikroskopis Isolat P5
 (Ket: a. Konidia, b. Sterigma/Phialid, c. Konidiofor, d. Metulla)

6. Isolat P6

a. Ciri Makroskopis

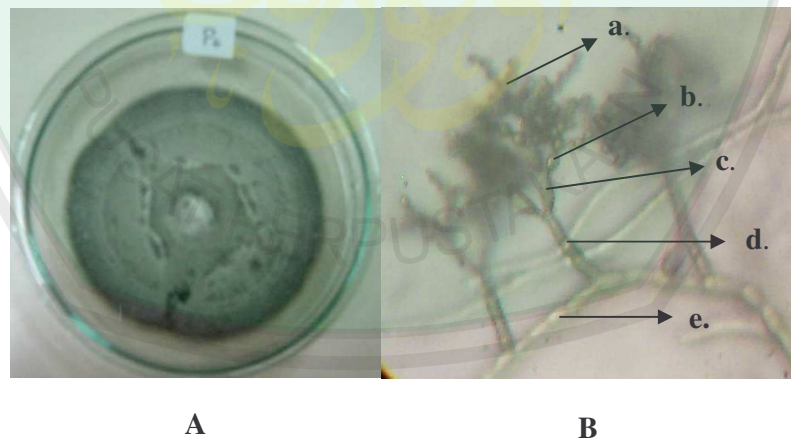
- Dalam waktu 9 hari koloni masih mencapai diameter 2,5 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih kehijauan tetapi lama-kelamaan pada bagian atas tampak warna hijau tua disertai warna abu-abu tipis, sedangkan bagian tepi tampak berwarna hijau transparan dan berserabut.
- Koloni seperti beludru rapat, halus dan tebal dengan bentuk membulat.

- Dari bawah bagian tengah berwarna hijau tua gelap, sedangkan bagian pinggir berwarna hijau muda dan berbenang.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa septat, hyalin.
- Konidia hyalin, 1 sel, berbentuk bulat dan muncul dari sterigma atau fialida.
- Sterigma atau phialid seperti botol.
- Konidiofor pendek yaitu 10,3 μm .
- Konidiofor muncul dari hifa.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat P6 juga termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Penicillium* sp.



Gambar 4.8. Isolat P6
 A. Koloni Isolat P6, B. Foto mikroskopis Isolat P6
 (Ket: a. Konidia, b. Sterigma, c. Metulla, d. Konidiofor, e. Hifa)

7. Isolat P7

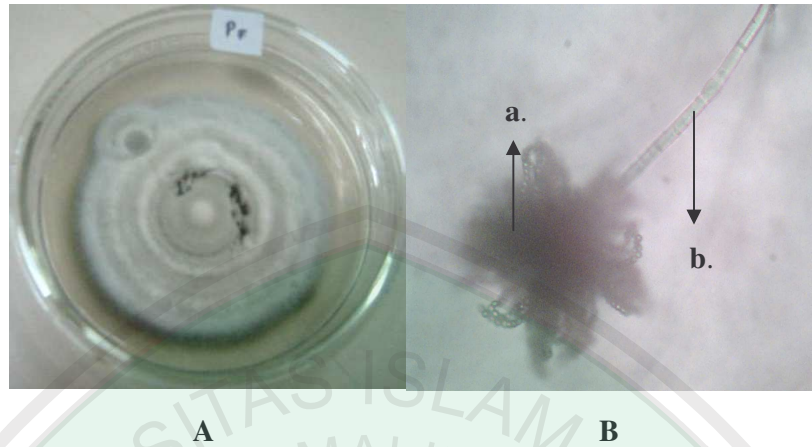
a. Ciri Makroskopis

- Tumbuh lama, dalam waktu 7 hari koloni masih mencapai diameter 1,5 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih bersih, rapat dan tebal tetapi lama-kelamaan pada bagian tengah membentuk lingkaran berwarna putih kehijauan sedangkan bagian pinggir berwarna hijau tua.
- Koloni seperti beludru, putih dan rapat dengan bentuk membulat.
- Dari bawah tampak bagian tengah berwarna hijau tua gelap, sedangkan bagian pinggir berwarna putih.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa septat, hyalin.
- Konidia gelap.
- Konidiofor septat, hyalin dan muncul dari foot cell, panjang konidiofor 70 μm .
- Konidiofor panjang dan membengkak menjadi vesikel pada ujungnya membawa sterigma dimana tumbuh konidia.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat P7 termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Aspergillus* sp.



Gambar 4.9. Isolat P7
 A. Koloni Isolat P7, B. Foto mikroskopis Isolat P7
 (Ket: a. Konidia, b. Konidiofor)

4.1.2. Isolat jamur endofit dari daun jambu biji daging buah merah (M)

1. Isolat M1

a. Ciri Makroskopis

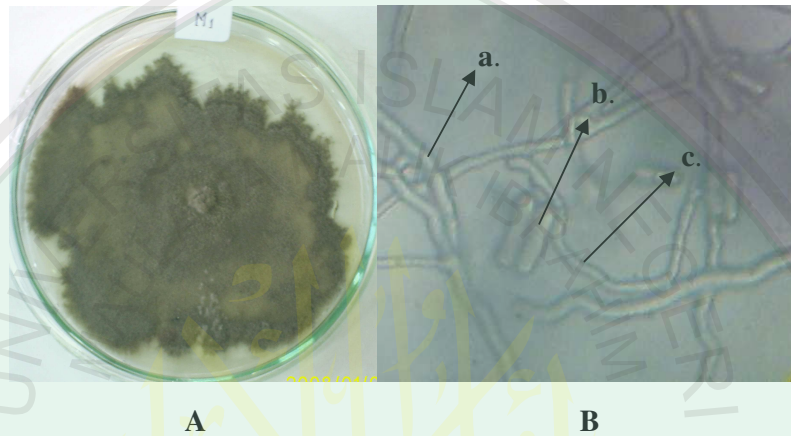
- Tumbuh cepat, dalam waktu 9 hari koloni mencapai diameter 9 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih dan rapat, tetapi lama-kelamaan menjadi berwarna abu-abu kehijauan gelap.
- Koloni seperti beludru halus dan rapat dengan tepi tidak beraturan.
- Dari bawah tampak bagian tengah berwarna hijau tua gelap, sedangkan bagian pinggir berwarna abu-abu gelap disertai warna hijau.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa aseptat, hyalin.
- Konidia berbentuk silindris, 1 sel, hyalin, berukuran $4,1 \times 1,2 \mu\text{m}$ dan tumbuh dari hifa.

- Konidiofor aseptat, hyalin dan ramping.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat M1 termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Chepalosporium* sp.



Gambar 4.10. Isolat M1
 A. Koloni Isolat M1, B. Foto mikroskopis Isolat M1
 (Keterangan: a. Hifa, b. Konidia, c. Konidiofor)

2. Isolat M2

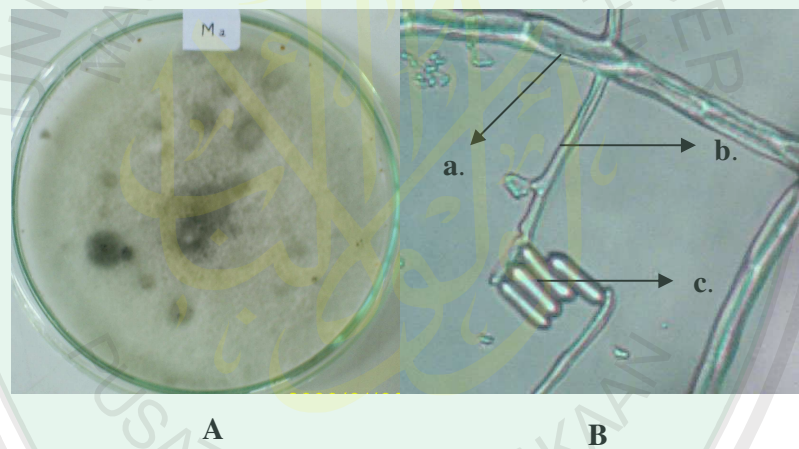
a. Ciri Makroskopis

- Tumbuh cepat, dalam waktu 7 hari koloni mencapai diameter 9 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih dan renggang, tetapi lama-kelamaan menjadi putih disertai bulat-bulat warna abu-abu kehijauan.
- Koloni seperti benang halus, renggang.
- Dari bawah tampak warna putih disertai hijau keabu-abuan.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa septat, hyalin.
- Konidia silindris, hyalin, 1 sel.
- Konidiofor pendek yaitu 10,5 μm , ramping, hyalin dan aseptat.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat M2 juga termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Chepalosporium* sp.



Gambar 4.11. Isolat M2
A. Koloni Isolat M2, B. Foto mikroskopis Isolat M2
(Keterangan: a. Hifa, b. Konidiofor, c. Konidia)

3. Isolat M3

a. Ciri Makroskopis

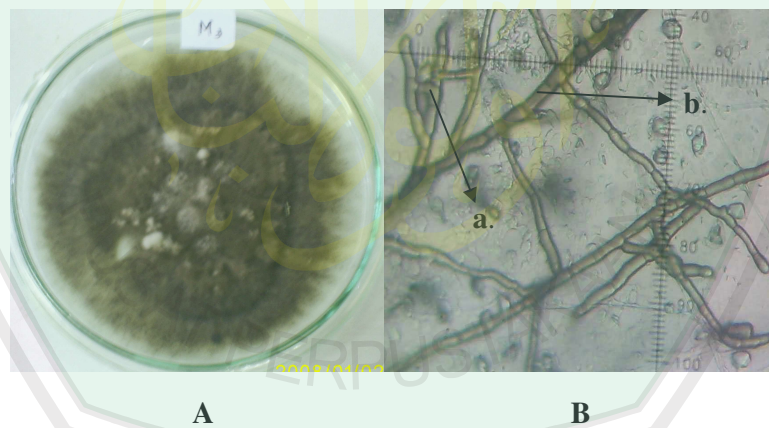
- Dalam waktu 9 hari koloni mencapai diameter 5 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih gelap, tetapi lama-kelamaan menjadi warna abu-abu kehijauan disertai warna putih.

- Koloni seperti beludru, tebal, tidak beraturan dan agak renggang. Pada bagian tengah membentuk lingkaran hijau tua gelap.
- Dari bawah tampak warna abu-abu disertai kehijauan tua.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa septat, hyalin dan bercabang.
- Konidia silindris, hyalin dan 1 sel.
- Konidia terbentuk dari hasil segmentasi hifa.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat M3 termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Geotricum* sp.



Gambar 4.12. Isolat M3
 A. Koloni Isolat M3, B. Foto mikroskopis Isolat M3
 (Keterangan: a. Konidia, b. Hifa)

4. Isolat M4

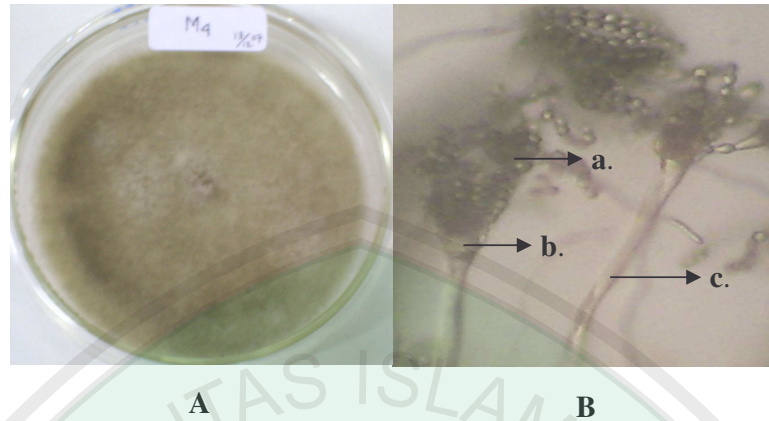
a. Ciri Makroskopis

- Tumbuh cepat, dalam waktu 9 hari koloni mencapai diameter 9 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih renggang, tetapi lama- kelamaan berwarna putih kehijau-hijauan disertai warna kuning cerah.
- Koloni seperti kapas renggang dengan tepi tampak rata teratur dan berserabut.
- Dari bawah tampak warna putih, renggang dan transparan.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa aseptat, hyalin.
- Miselium bercabang dan aseptat.
- Konidiofor panjang dan membengkak menjadi vesikel pada ujungnya membawa sterigma dimana tumbuh konidia.
- Konidia 1 sel, berbentuk bulat dan hyalin.
- Konidiofor hyalin dan aseptat.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui bahwa isolat M4 juga termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Aspergillus* sp.



Gambar 4.13. Isolat M4
 A. Koloni Isolat M4, B. Foto mikroskopis Isolat M4
 (Keterangan: a. Konidia, b. Vesikel, c. Konidiofor)

5. Isolat M5

a. Ciri Makroskopis

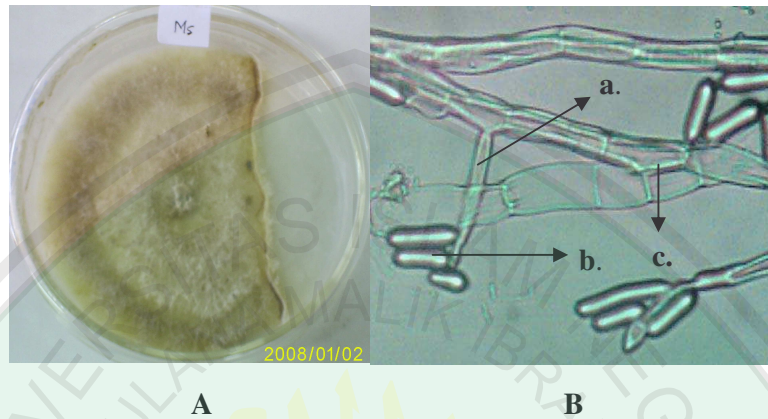
- Tumbuh cepat, dalam waktu 3 hari koloni mencapai diameter 3,5 cm pada cawan petri.
- Pada awal pertumbuhannya koloni berwarna putih renggang, tetapi lama- kelamaan berwarna putih warna putih kekuningan.
- Koloni seperti kapas basah dan melekat pada media.
- Dari bawah tampak berwarna putih kekuningan.

b. Ciri Mikroskopis

- Hifa septat, hyalin.
- Konidia berbentuk silindris, 1 sel, hyalin dan tumbuh dari konidiofor.
- Konidiofor pendek, berbentuk agak silindris, hyalin dan aseptat.

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis di atas dan setelah dibandingkan dengan buku petunjuk klasifikasi jamur, maka dapat diketahui

bahwa isolat M5 termasuk dalam Famili Moniliaceae, genus *Cylindrocephalum* sp.



Gambar 4.14. Isolat M5
A. Koloni Isolat M5, B. Foto mikroskopis Isolat M5
(Keterangan: a. Konidiofor, b. Konidia, c. Hifa)

Adapun ringkasan hasil identifikasi kedua belas jamur endofit dari daun jambu biji baik yang berdaging buah warna putih maupun berdaging buah warna merah dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.2 Hasil identifikasi jamur endofit dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.)

| Jenis Jambu Biji | Kode Isolat | Famili | Genus |
|---|-------------|-------------|-----------------------------|
| Daun jambu biji daging buah warna putih | P1 | Moniliaceae | <i>Penicillium</i> sp. |
| | P2 | Moniliaceae | <i>Trichoderma</i> sp. |
| | P3 | Moniliaceae | <i>Chepalosporium</i> sp. |
| | P4 | Moniliaceae | <i>Aspergillus</i> sp. |
| | P5 | Moniliaceae | <i>Penicillium</i> sp. |
| | P6 | Moniliaceae | <i>Penicillium</i> sp. |
| | P7 | Moniliaceae | <i>Aspergillus</i> sp. |
| Daun jambu biji daging buah warna merah | M1 | Moniliaceae | <i>Chepalosporium</i> sp. |
| | M2 | Moniliaceae | <i>Chepalosporium</i> sp. |
| | M3 | Moniliaceae | <i>Geotricum</i> sp. |
| | M4 | Moniliaceae | <i>Aspergillus</i> sp. |
| | M5 | Moniliaceae | <i>Cylindrocephalum</i> sp. |

Dua belas isolat jamur endofit dari daun jambu biji baik yang diisolasi dari daun jambu biji daging buah warna putih maupun daging buah warna merah, ternyata semuanya terbukti masuk dalam kelas Ascomycetes. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Petrini *et al.*, (1992) dalam Worang (2003) yang menggolongkan jamur endofit selain dalam kelompok Deuteromycetes juga termasuk dalam kelompok Ascomycetes.

4.2. Uji Aktivitas Metabolit Jamur Endofit dari Daun Jambu Biji terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh diameter zona jernih/hambat (dalam mm) melalui pengukuran dengan menggunakan jangka sorong. Pengamatan dilakukan setelah bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C, adapun rata-rata diameter zona hambatan dari uji aktivitas antibakteri metabolit jamur endofit dari daun jambu biji terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.3 Rata-rata diameter zona jernih/hambat pada uji aktivitas metabolit jamur endofit terhadap bakteri *Escherichia coli* (dalam mm)

| Kode Isolat | Genus | Rata-rata diameter zona hambat | Keterangan |
|-------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------|
| P1 | <i>Penicillium</i> sp. | 3,3 | Menghambat |
| P2 | <i>Trichoderma</i> sp. | 4 | Menghambat |
| P3 | <i>Chepalosporium</i> sp. | 2,3 | Menghambat |
| P4 | <i>Aspergillus</i> sp. | 4 | Menghambat |
| P5 | <i>Penicillium</i> sp. | 5,3 | Menghambat |
| P6 | <i>Penicillium</i> sp. | 0 | Tidak menghambat |
| P7 | <i>Aspergillus</i> sp. | 0 | Tidak menghambat |
| M1 | <i>Chepalosporium</i> sp. | 7 | Menghambat |
| M2 | <i>Chepalosporium</i> sp. | 8,7 | Menghambat |
| M3 | <i>Geotricum</i> sp. | 8,3 | Menghambat |
| M4 | <i>Aspergillus</i> sp. | 8,3 | Menghambat |
| M5 | <i>Cylindrocephalum</i> sp. | 13,7 | Menghambat |

Tabel 4.4 Rata-rata diameter zona jernih/hambat pada uji aktivitas metabolit jamur endofit terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (dalam mm)

| Kode Isolat | Genus | Rata-rata diameter zona hambat | Keterangan |
|-------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------|
| P1 | <i>Penicillium</i> sp. | 27,3 | Menghambat |
| P2 | <i>Trichoderma</i> sp. | 23,7 | Menghambat |
| P3 | <i>Chepalosporium</i> sp. | 22,7 | Menghambat |
| P4 | <i>Aspergillus</i> sp. | 23,7 | Menghambat |
| P5 | <i>Penicillium</i> sp. | 24 | Menghambat |
| P6 | <i>Penicillium</i> sp. | 22 | Menghambat |
| P7 | <i>Aspergillus</i> sp. | 0 | Tidak menghambat |
| M1 | <i>Chepalosporium</i> sp. | 19,3 | Menghambat |
| M2 | <i>Chepalosporium</i> sp. | 21,3 | Menghambat |
| M3 | <i>Geotricum</i> sp. | 21 | Menghambat |
| M4 | <i>Aspergillus</i> sp. | 22 | Menghambat |
| M5 | <i>Cylindrocephalum</i> sp. | 24 | Menghambat |

Berdasarkan tabel 4.3 dan 4.4 di atas, tampak bahwa sejumlah 10 (83,3%) isolat berpotensi menghambat bakteri *Escherichia coli* dan sejumlah 11 (91,7%) isolat berpotensi menghambat bakteri *Staphylococcus aureus*. Hal ini menunjukkan bahwa jamur endofit dari daun jambu biji mampu menghasilkan

metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antibakteri. Pernyataan ini didukung oleh pendapat Carrol (1998); Clay (1988) dalam Worang (2003) yang menyatakan bahwa jamur endofit mampu menghasilkan mikotoksin, enzim serta antibiotika. Seperti endofit *Streptomyces* spp. Strain NRRL 30562 yang diisolasi dari tanaman *Kennedia nigricans*, menurut Castillo *et al.*, (2003) dalam Radji (2005) tanaman tersebut mampu menghasilkan metabolit sekunder yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus anthracis* dan *Mycobacterium tuberculosis*, demikian juga endofit dari tanaman *Grevillea pteridifolia* juga terbukti mampu menghasilkan zat antibakteri.

Isolat M5 pada tabel 4.3 di atas, tampak menghasilkan rata-rata diameter zona hambatan tertinggi yaitu 13,7 mm, sedangkan isolat P3 menghasilkan rata-rata diameter zona hambatan terendah yaitu 2,3 mm. Isolat P1 pada tabel 4.4, tampak menghasilkan rata-rata diameter zona hambatan tertinggi yaitu 27,3 mm, sedangkan isolat M1 menghasilkan rata-rata diameter zona hambatan terendah yaitu 19,3 mm.

Tabel 4.5 Ukuran daerah dan interpretasinya untuk kemoterapeutik yang sering digunakan

| Antibiotika atau agen kemoterapeutik | Potensi Lempengan | Diameter daerah penghambatan sampel milimeter terdekat | | |
|--------------------------------------|-------------------|--|-------------|---------------|
| | | Resisten | Pertengahan | Peka |
| Ampisillin | 10 µg | 20 atau kurang | 21-28 | 29 atau lebih |
| Penicillin G | 15 µg | 20 atau kurang | 21-28 | 29 atau lebih |
| Tetrasiklin | 30 µg | 14 atau kurang | 15-18 | 19 atau lebih |
| Vankomisin | 30 µg | 9 atau kurang | 10-11 | 12 atau lebih |
| Kloramfenikol | 30 µg | 12 atau kurang | 13-17 | 18 atau lebih |
| Streptomisin | 10 µg | 11 atau kurang | 12-14 | 15 atau lebih |
| Basitrasin | 10 µg | 8 atau kurang | 9-12 | 13 atau lebih |

(Sumber: Bauer *et al.*, (1966) dalam (Volk, 1993))

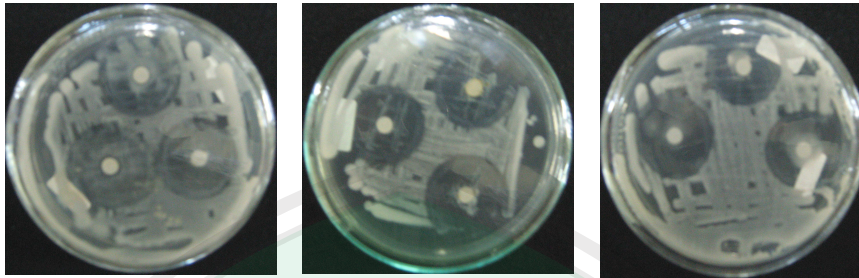
Tabel 4.5 di atas, tampak bahwa antibiotik (yang sering digunakan untuk kemoterapeutik) seperti Tetrasiklin dengan daerah hambatan 19 mm atau lebih dapat digolongkan dalam kategori peka, demikian juga dengan antibiotik Vankomisin dengan daerah hambatan 12 mm atau lebih juga dapat digolongkan dalam kategori peka. Pernyataan ini yang menjadi acuan peneliti bahwa diduga antibiotik yang dihasilkan jamur endofit dari daun jambu biji juga termasuk dalam kategori peka, hal ini ditunjukkan dengan daerah hambatan yang berkisar antara 19,3 mm sampai 27,3 mm (lihat tabel 4.4). Sedangkan pada tabel 4.3 tampak bahwa hanya isolat M5 (13,7 mm) saja yang termasuk dalam kategori peka (terhadap bakteri *Escherichia coli*).

Tabel 4.3 dan 4.4 di atas, menunjukkan bahwa metabolit dari isolat P7 (*Aspergillus* sp.) dan P6 (*Penicillium* sp.) tidak mampu menghambat bakteri, dimana isolat P7 tidak mampu menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* maupun *Escherichia coli* sedangkan isolat P6 tidak mampu menghambat bakteri *Escherichia coli* saja. Ketidakmampuannya metabolit dari isolat P7 (*Aspergillus* sp.) dan isolat P6 (*Penicillium* sp.) dalam menghambat organisme lain diduga disebabkan oleh:

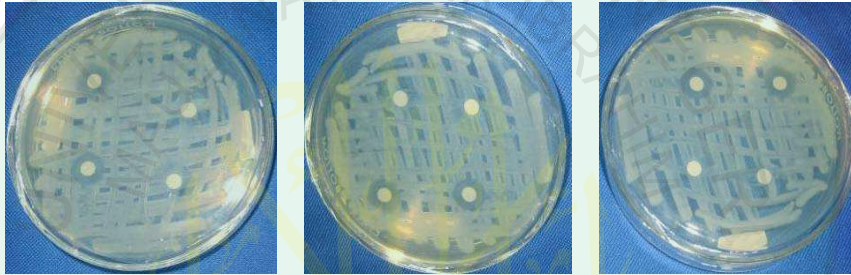
1. Isolat jamur endofit (khususnya isolat P7) tidak menghasilkan metabolit yang berpotensi sebagai senyawa antibakteri.
2. Metabolit yang dihasilkan oleh isolat P6 aktivitasnya lebih dominan terhadap bakteri gram-positif saja. Pernyataan ini didukung oleh pendapat Siswandono (1995) yang menyatakan bahwa antibiotik dapat dikelompokkan berdasarkan spektrum aktivitasnya, yaitu:

- Antibiotik dengan spektrum luas, efektif baik terhadap bakteri gram-positif maupun bakteri gram-negatif.
 - Antibiotik yang aktivitasnya lebih dominan terhadap bakteri gram-positif.
 - Antibiotik yang aktivitasnya lebih dominan terhadap bakteri gram-negatif.
 - Antibiotik yang aktivitasnya lebih dominan terhadap Mycobacteriae.
 - Antibiotik yang aktif terhadap jamur/antijamur.
3. Pada saat dilakukan pengujian aktivitas metabolit, jamur endofit (isolat P7) belum sempat mengekskresikan metabolitnya karena belum mencapai fase stasioner. Menurut Rahman (1989) dalam Utami (2005), bahwa mikroba menghasilkan metabolit sekunder pada fase stasioner di dalam siklus hidupnya.
 4. Metabolit/antibiotik yang dihasilkan isolat P7 jumlahnya sedikit. Menurut Pelczar (1988) bahwa semakin tinggi konsentrasi zat antimikroba maka semakin tinggi daya antimikrobanya, artinya banyak bakteri akan terbunuh lebih cepat bila konsentrasi zat tersebut lebih tinggi.

Adapun zona hambatan yang ditimbulkan metabolit jamur endofit terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* maupun *Escherichia coli* dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.15. Zona hambatan yang ditimbulkan oleh metabolit jamur endofit terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada medium NA



Gambar 4.16. Zona hambatan yang ditimbulkan oleh metabolit jamur endofit terhadap bakteri *Escherichia coli* pada medium NA

Antibiotik yang dihasilkan mikroorganisme termasuk dalam hal ini jamur endofit, dalam melakukan kerjanya menghambat mikroorganisme lain menurut Suwandi (1992) terdapat 4 jalur, yaitu: menghambat sintesis dinding sel, menghambat fungsi selaput sel, menghambat sintesis protein dan menghambat sintesis asam nukleat.

Tabel 4.6 Rata-rata perbandingan diameter zona hambat yang ditimbulkan metabolit jamur endofit terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* maupun *Escherichia coli* (dalam mm)

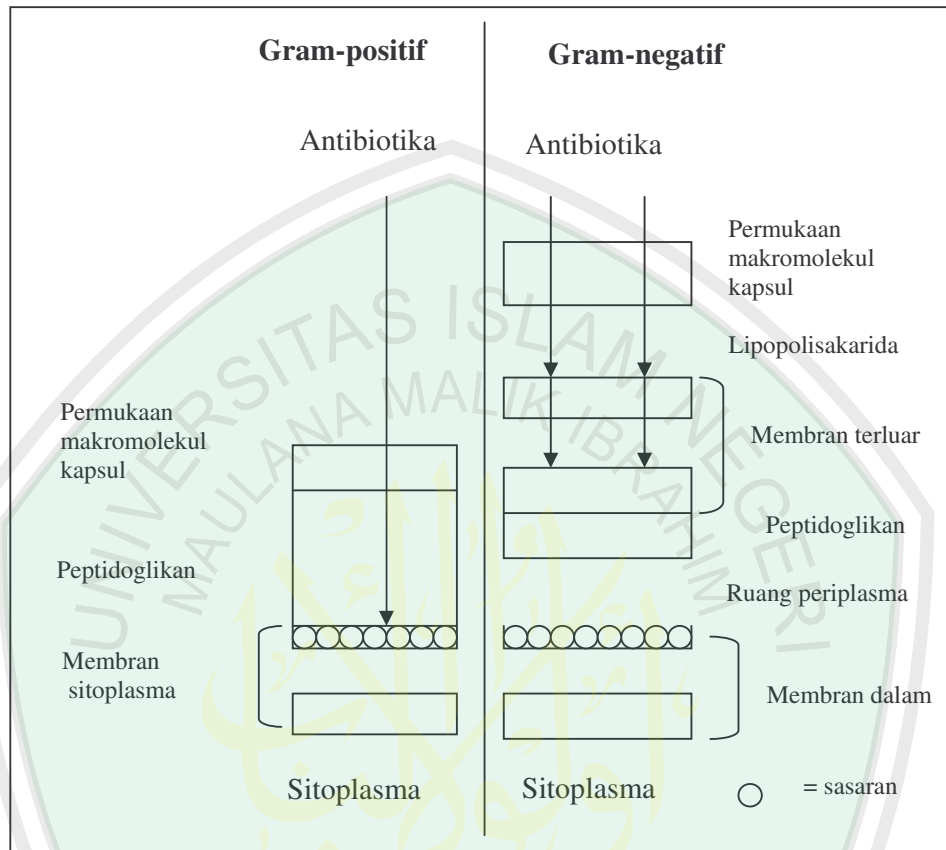
| Kode Isolat | Rata-Rata Perbandingan Diameter Zona Hambat (dalam mm) | |
|-------------|--|-------------------------|
| | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Escherichia coli</i> |
| P1 | 27,3 | 3,3 |
| P2 | 23,7 | 4 |
| P3 | 22,7 | 2,3 |
| P4 | 23,7 | 4 |
| P5 | 24 | 5,3 |
| P6 | 22 | 0 |
| P7 | 0 | 0 |
| M1 | 19,3 | 7 |
| M2 | 21,3 | 8,7 |
| M3 | 21 | 8,3 |
| M4 | 22 | 8,3 |
| M5 | 24 | 13,7 |

Melihat tabel 4.6 di atas, pada uji metabolit jamur endofit terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* tampak menghasilkan rata-rata diameter zona jernih/hambat lebih luas daripada terhadap bakteri *Escherichia coli*, dengan kata lain bakteri *Staphylococcus aureus* lebih peka terhadap metabolit jamur endofit daripada bakteri *Escherichia coli*. Hal ini disebabkan adanya perbedaan struktur dinding sel bakteri gram-positif dan bakteri gram-negatif, dimana pada penelitian ini *Staphylococcus aureus* mewakili bakteri gram-positif, sedangkan *Escherichia coli* mewakili bakteri gram-negatif.

Struktur dinding sel bakteri gram-positif relatif sederhana dibandingkan bakteri gram-negatif yang relatif kompleks. Dinding sel bakteri gram-positif mempunyai lapisan tunggal (mono), sedangkan bakteri gram-negatif tersusun dari 3 lapisan yaitu lapisan luar, lapisan tengah dan lapisan dalam (Pelczar, 1986). Perbedaan utama antara bakteri gram-positif dan bakteri gram-negatif ialah bahwa

pada bakteri gram-negatif memiliki lapisan membran luar yang meliputi peptidoglikan. Lapisan membran luar disebut "*outer wall layer*" yang mempunyai struktur sebagai unit membran. Perbedaannya adalah bahwa lapisan ini tidak hanya terdiri dari fosfolipida saja seperti pada membran plasma tetapi juga mengandung lipida lainnya, polisakarida dan protein. Lipida dan polisakarida ini berhubungan erat dan membentuk struktur khas yang disebut lipopolisakarida (Lay, 1992).

Struktur dinding sel bakteri gram-positif yang relatif sederhana tersebut menyebabkan antibiotik lebih mudah masuk ke dalam sel dan menemukan sasaran untuk bekerja. Hal ini berbeda dengan bakteri gram-negatif, dimana antibiotik harus melewati struktur dinding sel yang relatif kompleks. Adapun untuk menjelaskan kerja antibiotik pada bakteri gram-negatif seperti *E. coli*, antibiotik pertama-tama harus menembus membran terluar selubung bakteri secara difusi pasif melalui saluran yang terbentuk oleh pori protein. Setelah menembus membran terluar, antibiotik masuk melalui dinding sel melewati ruang periplasma dan mencapai sasaran, yaitu enzim serin protease yang terdapat pada membran terdalam (sitoplasma). Enzim inilah yang bertanggung jawab terhadap biosintesis dinding sel (Siswandono, 1995).



Gambar 4.17 Dinding sel bakteri gram-positif dan gram-negatif. Membran terluar bakteri gram-negatif dapat menghalangi penembusan antibiotika pada sasaran, sedang pada bakteri gram-positif tidak ada. (Sumber: Siswandono, 1995)

Lapisan lipopolisakarida yang dimiliki bakteri gram-negatif dapat berfungsi mencegah kerusakan sel terhadap enzim dan bahan kimia yang dapat merusak sel. Seperti Lisozim yang dapat merusak bakteri gram-positif, sedang pada bakteri gram-negatif lapisan membran luar yang dimilikinya mencegah kerusakan sel bakteri, oleh karena enzim tersebut tidak dapat menembus lapisan membran luar (Lay, 1992).

Selain memiliki struktur dinding yang kompleks, bakteri gram-negatif juga mempunyai enzim yang dapat menginaktifkan antibiotika tertentu. Seperti enzim β -Laktamase yang dapat menginaktifkan antibiotika β -laktam. Enzim β -Laktamase terdapat pada ruang periplasma, jadi merupakan suatu posisi yang strategis karena harus dilewati oleh antibiotik β -laktam sebelum mencapai sasaran (Siswandono, 1995).

Jamur endofit menurut Radji (2005) dapat menghasilkan metabolit sekunder sesuai dengan tanaman inangnya. Seperti yang terjadi pada Taxol, senyawa *diterpenoid* yang merupakan agen antikanker terkenal yang ditemukan ditiap jenis pohon Yew (*Taxus* spp.). Demikian juga pada tahun 1993, satu galur kapang baru penghasil Taxol, *Taxomyces andreanae* telah berhasil diisolasi kelompok Dr. Strobel dari tumbuhan *Taxus brevifolia* (Atmosukarta, 2006).

Pernyataan Radji dan Atmosukarta tersebut memperkuat kalau kemungkinan jamur endofit hasil penelitian ini juga menghasilkan senyawa kimia sama seperti tanaman inangnya yaitu dalam hal ini tanaman jambu biji. Jadi, untuk lebih jelasnya perlu adanya penelitian lanjutan tentang identifikasi dan karakterisasi metabolit jamur endofit dari daun jambu biji.

Adapun senyawa kimia yang dikandung tanaman jambu biji khususnya pada organ daunnya dan yang berpotensi sebagai antibakteri terhadap bakteri penyebab diare antara lain yaitu tanin, minyak atsiri, *alkaloid* dan etanol (Ajizah, 2004; Adnyana dkk, 2004).

Simanjuntak dkk (1992) melaporkan bahwa sari daun jambu biji dengan konsentrasi 0,5 g/ml terbukti mampu menghambat bakteri enteropatogen

khususnya bakteri *V. cholera* dengan diameter zona hambat sebesar 13,55 mm. Sedangkan hasil penelitian Yuniarti (1991) dalam Winarno (1998) juga membuktikan rebusan daun jambu dalam kadar terendah 2% dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan kadar 10% dapat menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*. Sedangkan minyak atsiri daun jambu biji pada konsentrasi 200 mg/ml juga mampu menghambat bakteri *Salmonella typhimurium* (Ajizah, 2004). Ekstrak etanol jambu biji daging buah putih dan merah pada kadar konsentrasi 40 mg/ml juga dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Adnyana dkk, 2004).

Kemampuan tanin dalam menghambat pertumbuhan bakteri menurut Masduki (1996) dalam Ajizah (2004) yaitu dengan cara mempresipitasi protein, karena diduga tanin mempunyai efek yang sama dengan senyawa *fenolik*. Efek antibakteri tanin antara lain melalui: reaksi dengan membran sel, inaktivasi enzim dan inaktivasi fungsi materi genetik. Tanin juga mempunyai sifat sebagai pengelat berefek *spasmolitik*, yang menciutkan atau mengkerutkan usus sehingga gerak peristaltik usus berkurang. Akan tetapi, efek *spasmolitik* ini juga mungkin dapat mengkerutkan dinding sel atau membran sel sehingga mengganggu permeabilitas sel itu sendiri. Akibat terganggunya permeabilitas, sel tidak dapat melakukan aktivitas hidup sehingga pertumbuhannya terhambat atau bahkan mati.

Menurut Ajizah (2004) bahwa minyak atsiri dan etanol kemungkinan dalam menghambat pertumbuhan atau mematikan bakteri yaitu dengan mengganggu proses terbentuknya membran dan/atau dinding sel, sehingga membran atau dinding sel tersebut tidak terbentuk atau terbentuk tidak sempurna.

Sedangkan menurut Robinson (1998) dalam (Ajizah, 2004) bahwa *alkaloid* dapat mengganggu terbentuknya jembatan seberang silang komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel.

4.3. Isolasi Jamur Endofit dalam Perspektif Islam

Berdasarkan hasil penelitian di atas, telah membuktikan bahwa daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) baik yang berdaging buah warna putih maupun yang berdaging buah warna merah, keduanya berhasil ditemukan jamur endofit yang berada pada jaringan daun jambu biji, dimana semua senyawa kimia yang dihasilkan jamur endofit telah terbukti mempunyai potensi sebagai antibakteri terhadap bakteri penyebab penyakit diare yaitu *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Dari pernyataan di atas, jelas membuktikan bahwa daun jambu biji yang merupakan salah satu dari sekian banyak kekayaan alam yang telah Allah ciptakan ternyata memiliki manfaat yang sangat penting bagi kemaslahatan umat manusia. Hal ini sesuai dengan firman Allah yang tersirat dalam surat Al-Hijr ayat 19-20.

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوْسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴿١٩﴾
وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعِيشَ وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرَازِقِينَ ﴿٢٠﴾

Artinya: “Dan kami Telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran. Dan kami Telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezki kepadanya”. (QS. Al-Hijr: 19-20)

Lafadz *"wal ardho madadnaahaa"* pada ayat di atas menjelaskan bahwa semua kekayaan alam yang ada di bumi ini diciptakan Allah hanya untuk manusia dan supaya manusia mau mengambil manfaat untuk kemaslahatan hidupnya. Karena semua kekayaan alam yang ada ini baik berupa makhluk hidup maupun benda mati, yang kecil maupun yang besar sudah pasti memiliki manfaat masing-masing (As-Shiddieqy, 2000).

Lafadz *"wa anbatnaa fiha min kulli syaiin mauzuun"* pada ayat di atas menjelaskan bahwa Allah telah menumbuhkan di muka bumi ini segala jenis tumbuhan menurut timbangan dan ukurannya masing-masing. Maka tidak ada di muka bumi yang sangat luas itu sesuatu tumbuhan yang tidak terukur unsur-unsurnya dan yang tidak mengandung faedah. Semua tumbuhan mempunyai hikmah dan maslahat, walaupun tidak diketahui oleh kebanyakan manusia (As-Shiddieqy, 2000).

Lafadz *"wa ja'alnaa lakum fihaa ma'aayisya wa man lastum lahu biraaziqiin"* menjelaskan bahwa Allah telah menyediakan bumi beserta isinya ini untuk keperluan hidup manusia baik berupa makanan, pakaian maupun obat-obatan (As-Shiddieqy, 2000).

Salah satu tanaman yang memiliki manfaat untuk kemaslahatan manusia yaitu tanaman jambu biji, khususnya pada organ daunnya. Daun jambu biji banyak memiliki manfaat khususnya dalam bidang kesehatan. Menurut (Anonymous, 2005), bahwa daun jambu biji dapat digunakan untuk mengobati penyakit maag, diare (sakit perut), masuk angin, beser, sariawan dan sakit kulit.

Kita sebagai manusia yang telah dianugerahi beranekaragam kekayaan alam dengan tanpa harus membeli, hendaklah jangan sampai sedikit pun merusak bahkan memusnahkannya tanpa rasa tanggung jawab. Tetapi sebaliknya harus dijaga dan dipelihara supaya tetap lestari. Allah berfirman dalam surat Al-Qashash ayat 77:

وَأَبْتَعِ فِي مِمَّا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ ۖ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا ۗ
وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ ۖ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ ۚ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ
الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

Artinya: “Dan carilah pada apa yang Telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah Telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan”. (QS. Al-Qashash: 77)

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah telah memerintahkan manusia untuk menikmati dan memanfaatkan semua anugerah yang telah diberikan kepada manusia dengan tanpa harus melupakannya dan Allah juga telah memperingatkan manusia untuk berbuat baik kepada orang lain dan melarang manusia berbuat kerusakan di muka bumi ini.

Salah satu tindakan manusia yang dapat merusak sumber daya hayati adalah penggunaan/pemakaian tanaman sebagai bahan baku obat secara besar-besaran. Pada dasarnya memang semua kekayaan alam ini untuk manusia supaya diolah dan digarap untuk diambil manfaatnya, tetapi apabila penggunaan tanaman

tersebut secara terus-menerus dan berlebihan tanpa disertai upaya pelestariannya maka justru akan berdampak negatif bagi alam.

Manusia sebagai makhluk yang paling tinggi derajatnya dibandingkan makhluk yang lain diharapkan mampu menggunakan akalnyanya untuk berfikir, menemukan cara untuk melestarikan sumber daya hayati yang ada tanpa harus merusaknya. Sebagaimana tersirat dalam firman Allah surat Ali-Imran ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka"*. (QS. Ali-Imran:190-191)

Berdasarkan ayat di atas, Allah memerintahkan kepada manusia yang telah diberi kelebihan akal untuk meneliti dan mengkaji segala sesuatu yang ada di langit dan di bumi, karena tidak ada hasil ciptaan Allah yang sia-sia. Semua ciptaan Allah memiliki manfaat dan harus dimanfaatkan. Dengan terungkapnya rahasia-rahasia alam melalui hasil penelitian, selain dapat mempertebal keyakinan akan kebesaran Allah sebagai pencipta-Nya, juga menambah khasanah pengetahuan tentang alam untuk dimanfaatkan bagi kesejahteraan manusia.

Dari hasil penelitian ini setidaknya sudah dapat memberikan petunjuk untuk menemukan alternatif baru dalam pemanfaatan dan pemeliharaan sumber daya hayati yang ada tanpa harus merusaknya yaitu dengan ditemukannya jamur endofit yang hidup dalam jaringan tanaman.

Menurut Radji (2005), mikroba endofit yang terdiri dari bakteri dan jamur endofit merupakan mikroba yang hidup di dalam jaringan tanaman dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya. Mikroba endofit juga memiliki kemampuan menghasilkan metabolit sekunder sesuai dengan tanaman inangnya.

Hasil penelitian ini telah membuktikan bahwa jamur endofit yang diisolasi dari daun jambu biji dan senyawa kimia yang dihasilkannya ternyata mampu menghambat bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* penyebab penyakit diare, maka hal ini merupakan solusi tepat dan sangat efisien yang dapat memajukan dan mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dibidang kesehatan masyarakat serta tetap dapat memanfaatkan sumber daya hayati yang ada tanpa harus merusaknya. Dan dengan ini diharapkan untuk lebih membuka mata kita akan kebesaran Allah dan supaya lebih meningkatkan keimanan dan ketaqwaan kita kepada Allah SWT.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebanyak 12 isolat jamur berhasil diisolasi dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.), yaitu 7 isolat jamur dari daun jambu biji daging buah warna putih dan 5 isolat dari daun jambu biji daging buah warna merah.
2. Hasil uji aktivitas metabolit 12 isolat jamur endofit dari jaringan daun jambu biji (*Psidium guajava* L.), ditemukan sejumlah 10 (83,3%) isolat memiliki potensi menghasilkan senyawa antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan sejumlah 11 (91,7%) isolat memiliki potensi menghasilkan senyawa antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.

5.2. Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut:

1. Melakukan identifikasi lanjutan terhadap jamur endofit terutama yang mempunyai potensi menghasilkan metabolit yang memiliki aktivitas antibakteri.
2. Melakukan uji lanjutan terhadap metabolit jamur endofit yang paling tepat sebagai penghasil senyawa antibakteri.

3. Melakukan pengujian terhadap konsentrasi bakteri uji dan konsentrasi metabolit jamur endofit yang paling tepat untuk mendapatkan hasil yang maksimal di dalam pengujian aktivitas antibakteri.
4. Melakukan karakterisasi terhadap komponen aktif metabolit jamur endofit yang memiliki potensi sebagai antibakteri.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qaradhawi, Yusuf. 2001. *Islam Agama Ramah Lingkungan*. Jakarta Timur: Pustaka Al-Kautsar.
- Al-Qur'anul Karim
- Adnyana, I Ketut, dkk. 2004. *Efek Ekstrak Daun Jambu Biji Daging Buah Putih Dan Jambu Biji Daging Buah Merah Sebagai Antidiare*. Jurnal Acta Pharmaceutica Indonesia. Vol XXIX, No 1. Bandung: ITB.
- Agusta, Andria. 2000. *Minyak Atsiri Tumbuhan Tropik Indonesia*. Bandung: ITB.
- Ajizah, aulia. 2004. *Sensitivitas Salmonella typhimurium Terhadap Ekstrak Daun Psidium guajava L.* Jurnal Bioscientiae. Volume 1, No 1. Hlm 31-38.
- Anonymous. 2005. *Tanaman Obat Indonesia*.
http://www.iptek.net.id/ind/pd_tanobat/view.php?id=134. Diakses pada 7 mei 2007.
- Anonymous. 2006^a. *Jambu Biji (Psidium guajava L.)*
<http://portal.cbn.net.id/cbprtl/cybermed/detail.aspx?x=Natural+Healing&y=cybershopping%7C10%7C0%7C3%7C92>. Diakses pada 7 mei 2007.
- Anonymous. 2006^b. *Mikrobiologi Pangan*.
<http://rachdie.blogspot.com/2006/10/17/mikrobiologi-pangan/>. Diakses pada 7 mei 2007.
- Ashari, Sumeru. 2004. *Biologi Reproduksi Tanaman Buah-Buahan Komersial*. Jatim: Banyumedia Publishing.
- Asy-Shiddieqy, Tengku Muhammad H. 2000. *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur*. Jilid 3 (Surat 24-41). Semarang: Pustaka Rizqi Putra.
- Anonymous. 2007^a. *Bakteri*. <http://id.wikipedia.org/wiki/Bakteri>. Diakses 6 April 2007. Diakses pada 7 mei 2007.
- Anonymous. 2007^b. *Jambu Batu*. http://id.wikipedia.org/wiki/Jambu_batu. Diakses pada 7 mei 2007.
- Atmosukarto, Inez I.C. 2004. *Pabrik Molekul Kimia Alamiah Tercanggih*. Artikel. Jawa Barat: LIPI.

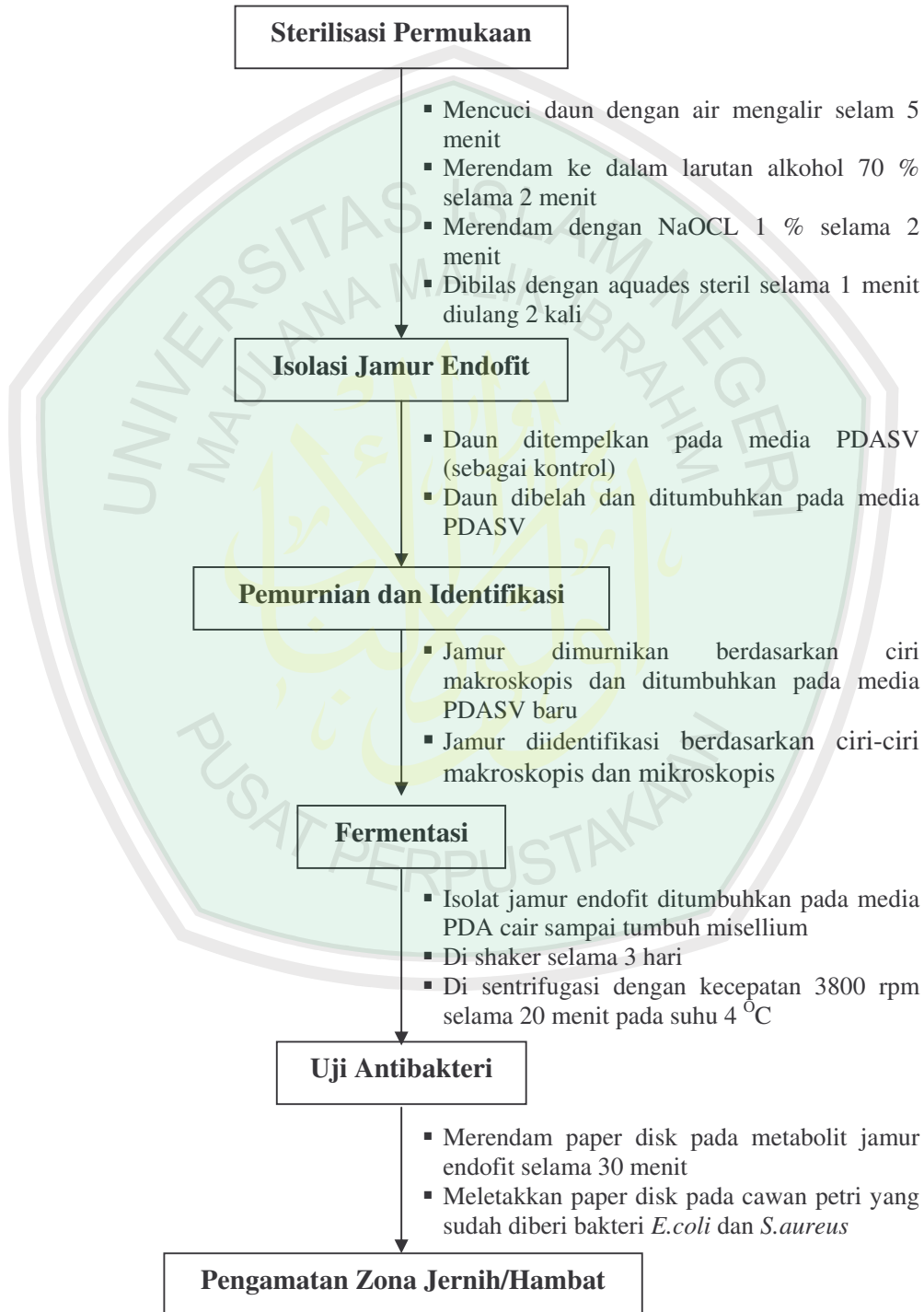
- Atmosukarto, Inez dan Anggia Prasetyoputri. 2006. *Mikroba Endofit: Sumber Molekul Acuan Baru Yang Berpotensi*. Jurnal BioTrends Vol I No. 2. Cibinong: Pusat Penelitian Bioteknologi- LIPI.
- Barnett, H.L. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Second Edition. Virginia: Burgess Publishing Company.
- Brooks, G.F, Janet S. B., L. Nicholas O. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran*. Terjemahan Edi Nugroho dan RF Maulany. Jakarta: EGC.
- Cahyadi, Wisnu. 2005. *Multifungsi Jambu Biji*. <http://www.pikiranrakyat.com/cetak/2005/0605/16/cakrawala/penelitian02.htm>.
- Harborne, J.B. 1987. *Metode Fotokimia*. Bandung: ITB.
- Harismah, Kun. 1996. *Daun Jambu Biji untuk Sariawan*. Suara merdeka.
- Hawwa, Syaikh Sa'id. 2000. *Tafsir Al-Asas*. Jilid I. Jakarta: Robbani Press.
- Hendri, Joni Am.A.K dan Prasetyowati, Heni. 2006. *Waspada! Mikroorganisme Penyebab Diare Waspada! Mikroorganisme Penyebab Diare*. Bandung: Pikiran Rakyat.
- Indriana, Heny H. 2005. *Eksplorasi Jamur Endofit Antagonis Terhadap Phytophthora spp. Penyebab Penyakit Busuk Pada Batang Jeruk*. Skripsi. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Tidak Diterbitkan.
- Jawetz, Ernest, J.L. Melnick dan Edward A.A. 1986. *Mikrobiologi Untuk Profesi Kesehatan*. Terjemahan Tonang. Jakarta: EGC.
- Kartasapoetra, A.G. 1989. *Teknologi Penanganan Pasca Panen*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kompas. 2006. *Setiap Tahun 100.000 Anak Mati karena Diare di Indonesia*. Minggu, 26 November.
- Lay, Bibiana W dan Sugyo Hastowo (1992). *Mikrobiologi*. Jakarta. Rajawali Press.
- Naim, Rochman. 2002. *Senyawa Antimikroba dari Tanaman*. Harian Kompas. Rabu, 15 September 2004.
- Pelczar, Michael J dan Chan, E.S.C. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Edisi 1. Terjemahan Ratna Siri H, Teja Imas, S. Sutarmi dan Sri Lestari A. Jakarta: UI-Press.

- Pelczar, Michael J dan Chan, E.S.C. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Edisi 2. Terjemahan Ratna Siri H, Teja Imas, S. Sutarmi dan Sri Lestari A. Jakarta: UI-Press.
- Purwiyatno, Hariyadi. 2006. *Jambu Biji, 'Gudang' Vitamin C*. Bandung: ITB. http://www.ayahbundaonline.com/info_ayahbunda/info_detail.asp?id=Nutrisi&info_id. Diakses pada 7 mei 2007.
- Radji, Maksum. 2005. *Peranan Bioteknologi dan Mikroba Endofit dalam Pengembangan Obat Herbal*. Majalah Ilmu Kefarmasian. Vol. II. Departemen Farmasi, FMIPA-UI, Kampus UI Depok. 113 – 126.
- Robinson, Trevor. 1991. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Terjemahan Kosasih Padmawinta. Bandung: ITB.
- Samiran. 2006. *Herbal Penyelamat Cinderella*. Bogor: Pusat Biologi Bidang Botani, LIPI.
- Sastroutama, Soetikno. 1990. *Ekologi Gulma*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Schlegel, Hans G. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Edisi Keenam. Penerjemah R.M. Tedjo Wattimena. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Simanjuntak, Cyrus H, Pudjarwoto T dan Nur Indah P. 1990. *Daya Antimikroba Obat Tradisional Diare terhadap Beberapa Jenis Bakteri Enteropatogen*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan RI.
- Siswandono dan Bambang Soekardjo. 1995. *Kimia Medisinal*. Surabaya: Erlangga.
- Supardi, Imam dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Bandung: Alumni.
- Susilowati, dkk. Tanpa Tahun. *Isolasi dan Seleksi Mikroba Diazotrof Endofitik dan Penghasil Zat Pemacu Tumbuh Pada Tanaman Padi Dan Jagung*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan Dan Bioteknologi Tanaman. Balai Penelitian Bioteknologi Dan Sumberdaya Genetic Pertanian.
- Suwandi, Usman. 1992. *Mekanisme Kerja Antibiotik*. Cermin Dunia Kedokteran No. 76. Jakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan P.T. Kalbe Farma.

- Tjay, T.H dan Rahardja, Kirana. 2002. *Obat-Obat Penting: Khasiat, Penggunaan dan Efek-Efek Sampingnya*. Edisi Kelima. Jakarta: PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia.
- Utami, Ulfah. 2005. *Isolasi Bakteri Endofit Penghasil Antimikroba Dari Tanaman Rhizophora mucronata (Makna Tersirat Q.S. Ali-Imran: 190-191)*. Malang: UIN Malang.
- Volk, Wesley A and Wheeler, Margaret F. 1993. *Mikrobiologi Dasar*. Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.
- Waluyo, Lud. 2005. *Mikrobiologi Umum*. Malang: UMM Press.
- Winarno, F.G dan Moehammad Aman. 1981. *Fisiologi Lepas Panen*. Bogor: Sastra Hudaya.
- Winarno, M. Wien. 1998. *Jambu Biji Menyetop Diare*. Puslitbang Farmasi, Balitbang Kesehatan, Departemen Kesehatan RI.
- Worang, Rantje L. 2003. *Fungi Endofit Sebagai Penghasil Antibiotika*. Makalah Individu. Bogor: IPB.

LAMPIRAN 1

DIAGRAM ALIR METODE KERJA



LAMPIRAN 2

Diameter hambatan yang ditimbulkan metabolit jamur endofit dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*

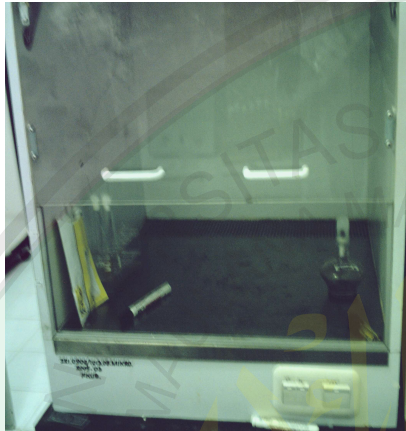
| Jenis Daun Jambu Biji | Kode Isolat | Staphylococcus aureus | | | Total | Rata-Rata | Keterangan |
|-------------------------|-------------|-----------------------|----|-----|-------|-----------|------------------|
| | | I | II | III | | | |
| Daging Buah Warna Putih | P1 | 19 | 34 | 29 | 82 | 27,3 | Menghambat |
| | P2 | 23 | 24 | 24 | 71 | 23,7 | Menghambat |
| | P3 | 22 | 22 | 24 | 68 | 22,7 | Menghambat |
| | P4 | 24 | 24 | 23 | 71 | 23,7 | Menghambat |
| | P5 | 21 | 27 | 24 | 72 | 24 | Menghambat |
| | P6 | 22 | 25 | 19 | 66 | 22 | Menghambat |
| | P7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Tidak menghambat |
| Daging Buah Warna Merah | M1 | 15 | 24 | 19 | 58 | 19,3 | Menghambat |
| | M2 | 22 | 24 | 18 | 64 | 21,3 | Menghambat |
| | M3 | 22 | 22 | 19 | 63 | 21 | Menghambat |
| | M4 | 22 | 23 | 21 | 66 | 22 | Menghambat |
| | M5 | 21 | 27 | 24 | 72 | 24 | Menghambat |

Diameter hambatan yang ditimbulkan metabolit jamur endofit dari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) terhadap bakteri *Escherichia coli*

| Jenis Daun Jambu Biji | Kode Isolat | Escherichia coli | | | Total | Rata-Rata | Keterangan |
|-------------------------|-------------|------------------|----|-----|-------|-----------|------------------|
| | | I | II | III | | | |
| Daging Buah Warna Putih | P1 | 4 | 2 | 4 | 10 | 3,3 | Menghambat |
| | P2 | 6 | 2 | 4 | 12 | 4 | Menghambat |
| | P3 | 3 | 2 | 2 | 7 | 2,3 | Menghambat |
| | P4 | 7 | 2 | 3 | 12 | 4 | Menghambat |
| | P5 | 9 | 3 | 4 | 16 | 5,3 | Menghambat |
| | P6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Tidak menghambat |
| | P7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Tidak menghambat |
| Daging Buah Warna Merah | M1 | 11 | 8 | 2 | 21 | 7 | Menghambat |
| | M2 | 9 | 9 | 8 | 26 | 8,7 | Menghambat |
| | M3 | 10 | 9 | 6 | 25 | 8,3 | Menghambat |
| | M4 | 4 | 2 | 4 | 10 | 8,3 | Menghambat |
| | M5 | 14 | 13 | 14 | 41 | 13,7 | Menghambat |

LAMPIRAN 3

Alat-Alat Penelitian



Laminar Flow (LAF)



Shaker Incubator



Sentrifugasi



Inkubator

LAMPIRAN 4



Daun Jambu Biji Daging Buah Warna Putih



Daun Jambu Biji Daging Buah Warna Merah