

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri Endofit

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup di dalam jaringan tanaman inang tanpa menyebabkan gejala-gejala penyakit. Bakteri endofit masuk ke dalam jaringan tanaman umumnya melalui akar, namun bagian tanaman yang terpapar udara langsung seperti bunga, batang dan kotiledon, juga dapat menjadi jalur masuk bakteri endofit. Mikroorganisme ini dapat hidup di dalam pembuluh vaskular atau di ruang intersel akar, batang, daun dan Jumlah bakteri endofit di dalam tanaman tidak dapat ditentukan secara pasti, namun bakteri ini dapat dideteksi dengan mengisolasi pada media agar (Desriani, 2014).

Bakteri endofit dapat bersifat obligat ataupun fakultatif dalam mengkolonisasi inangnya dan pada satu tanaman inang umumnya terdiri dari beberapa genus dan spesies. Meskipun bakteri ini memiliki kisaran inang yang luas, namun ada beberapa bakteri endofit yang hanya dapat berasosiasi dengan inang dari famili tertentu. Simbiosis antara tanaman dengan bakteri endofit bersifat netral, mutualisme atau komensalisme. Simbiosis mutualisme antara bakteri endofit dengan tanaman, dalam hal ini bakteri endofit mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman dan memperoteksi tanaman dalam melawan patogen, sedangkan tanaman mendapatkan derivat nutrisi dan senyawa aktif yang diperlukan selama hidupnya (Desriani, 2014).

Menurut Strobel (2002), model interaksi mikroba endofit dengan tanaman inangnya anatar lain :

- a. Tanaman inang menyediakan nutrisi bagi mikroba endofit yang hidup didalamnya.
- b. Tanaman inang menyediakan substrat dan zat yang penting bagi mikroba endofit untuk menyelesaikan siklus hidupnya, untuk tumbuh, serta untuk pertahanan diri.
- c. Mikroba endofit khususnya jamur berperan melalui proses biodegradasi tanaman inangnya setelah tanaman inangnya mati. Proses biodegradasi ini memiliki peran didalam siklus nutrisi.
- d. Ditinjau dari kajian biologi molekuler, interaksi antara mikroba dengan tanaman inangnya melibatkan transfer materi genetik. Hal tersebut berdasarkan fakta bahwa zat-zat bioaktif langka yang dihasilkan oleh tanaman tertentu, dihasilkan pula oleh mikroba-mikroba endofit yang hidup di dalamnya.

Salah satu kelompok mikroba endofit yang telah berhasil diisolasi adalah kapang dari rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). Pertumbuhan mikroba endofit dari rimpang temulawak tersebut diawali dengan terbentuknya koloni yang berwarna putih kemudian tumbuh yang menimbulkan variasi warna yang berbeda untuk setiap jenis koloni. Seperti halnya mikroba yang lain, mikroba endofit pun memiliki fase fase pertumbuhan, yaitu fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Fase-fase pertumbuhan kapang endofit yang telah diisolasi dari

rimpang temulawak tersebut dapat terlihat melalui kurva pertumbuhannya. Berikut merupakan hasil isolasi dan identifikasi bakteri endofit rimpang temulawak (*Curcuma xanthorriza* Roxb.) (Imawati, 2015):

1). *Actinomyces viscosus*

Actinomyces viscosus merupakan bakteri gram positif, tidak tahan terhadap asam, hidup secara fakultatif, memiliki katalase-positif, berfilamen, atau mikroorganisme diphtheroidal. Awal penemuannya diisolasi dari enam infeksi anjing selama periode 1,5 tahun. Bakteri ini akan tumbuh dengan baik secara aerobik dan anaerobik jika dengan penambahan 10% karbon dioksida. Bakteri ini fermentasi laktosa, yang diproduksi oleh enzim katalase dan *acetylmethylcarbinol*, untuk mengurangi nitrat, *Aesculin* terhidrolisis, dan tidak menghasilkan gelatinase atau urease. Karakteristik fisiologis ini membedakan *A. viscosus* dari organisme morfologis serupa lainnya (Imawati, 2015).

2). *Bacillus brevis*

Bacillus brevis termasuk ke dalam jenis bakteri yang menguntungkan. *Bacillus brevis* ini memiliki bentuk basil. Bentuk basil adalah benruk batang atau silinder. Bakteri ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu bakteri *dipobacillus* dan *streptobacillus*. *Dipobacillus* adalah bakteri yang hidup secara berkelompok atau berpasangan dua-dua. Sementara itu, *streptobacillus* adalah bakteri bentuk basil yang juga hidup berkelompok atau bergandengan. Akan tetapi di dalam bergandengan ini, kumpulan bakteri akan membentuk sebuah rantai (Jamil *et al.*, 2007).

Sebagai bakteri yang menguntungkan bagi kehidupan manusia, bakteri *Bacillus brevis* ini juga memiliki fungsi atau manfaat. Manfaat dari bakteri ini adalah menghasilkan zat antibiotik yang dinamakan *terotrisin*. Dalam hal ini, zat antibiotik terotrisin dapat digunakan di dalam pembuatan jenis obat tertentu ataupun jenis antibiotik (Jamil *et al.*, 2007).

Hasil identifikasi ini sesuai dengan hasil penelitian Ebrahimi & Abbas (2008), yang menyatakan *Bacillus brevis* merupakan bakteri gram positif dan bakteri bersifat aerob yang memberikan hasil positif pada tes manitol, dan tes suhu pada 20 °C-75 °C. *Bacillus brevis* merupakan salah bakteri *Bacillus* yang dapat memproduksi metabolit sekunder *gramicidin* dan *tyrocidin* (Jamil *et al.*, 2007).

3). *Pseudomonas stutzeri*

Bakteri *Pseudomonas* merupakan bakteri yang bersifat gram negatif dan berbentuk basil. Bakteri *Pseudomonas* termasuk golongan bakteri mesofil. Bakteri tersebut dapat tumbuh optimal pada kisaran 25-35°C dengan suhu optimum 40°C (Imawati, 2015).

Bakteri *denitrifikasi* adalah kelompok bakteri yang memiliki kemampuan untuk melakukan reaksi reduksi senyawa nitrat (NO₃⁻) menjadi senyawa nitrogen bebas (N₂). Pada beberapa kelompok bakteri *denitrifikasi*, dapat ditemukan senyawa nitrogen oksida (NO) sebagai hasil sampingan metabolisme. Proses ini pada umumnya berlangsung secara anaerobik (tanpa melibatkan molekul oksigen, O₂). Contoh bakteri yang mampu melakukan metabolisme ini adalah *Pseudomonas stutzeri*. Nitrogen bebas ini kemudian akan digunakan oleh tanaman dan

mikroorganisme lain untuk menunjang pertumbuhannya. Hasil uji fitokimia bakteri endofit *Pseudomonas stutzeri* yang diisolasi dari umbi tanaman dahlia adalah positif menghasilkan saponin namun, tannin, saponin, alkaloid tidak terdeteksi atau negatif (Elita,2013).

2.2 Metabolit Primer dan Sekunder

2.2.1 Metabolit Primer

Metabolit primer adalah suatu metabolit atau molekul yang merupakan produk akhir atau produk antara proses metabolisme makhluk hidup yang fungsinya sangat esensial bagi kelangsungan hidup organisme tersebut. Contohnya : protein, lemak, karbohidrat dan DNA. Pada umumnya metabolit primer tidak diproduksi berlebihan. Pada sebagian mikroorganisme, produksi metabolit yang berlebihan dapat menghambat pertumbuhan, dan kadang- kadang dapat mematikan mikroorganisme tersebut, proses metabolisme untuk membentuk metabolit primer disebut metabolisme primer (Entjang, 2001).

Ciri- ciri metabolit primer yaitu (Pratiwi, 2008):

- a). Terbentuk melalui metabolisme primer
- b). Memiliki fungsi yang esensial dan jelas bagi kelangsungan hidup organisme penghasilnya (merupakan komponen esensial tubuh , misalnya asam amino, vitamin, nukleutida, asam nukleat, dan lemak.
- c). Sering berhubungan dengan pertumbuhan organisme penghasilnya
- d). Bersifat tidak spesifik (ada pada hampir semua makhluk hidup)

- e). Dibuat dan disimpan secara intraseluler
- f). Dibuat dalam kuantitas yang cukup banyak
- g). Hasil akhir dari metabolisme, energi dan etanol

Strategi untuk meningkatkan produksi metabolit mikroorganisme dilakukan dengan cara sebagai berikut (Entjang, 2001):

- 1). Mengisolasi mikroorganisme muatan yang tidak menghasilkan hasil akhir yang bersifat inhibitor atau repressor umpan balik. Contohnya adalah produk silisin oleh muatan auksotrof *Corynebacterium glutamicum*.
- 2). Memanipulasi enzim-enzim pengatur sehingga tidak lagi dapat mengenali metabolit yang bersifat inhibitor (muatan resisten terhadap pengaturan umpan balik)
- 3). Memodifikasi permeabilitas dinding sel mikroorganisme, sehingga hasil akhir yang bersifat inhibitor atau reseptor dapat di ekskresikan keluar sel.

2.2.2 Metabolit Sekunder

Metabolit sekunder adalah suatu molekul atau produk metabolit yang dihasilkan oleh proses metabolisme sekunder mikroorganisme dimana produk metabolit tersebut bukan merupakan kebutuhan pokok mikroorganisme untuk hidup dan tumbuh. Meskipun tidak dibutuhkan untuk pertumbuhan, namun metabolit sekunder dapat juga berfungsi sebagai nutrisi darurat untuk bertahan hidup (Pratiwi, 2008).

Fungsi metabolit sekunder bagi mikroorganisme penghasil itu sendiri sebagian besar belum jelas. Metabolisme dibuat dan disimpan secara ekstraseluler. Metabolit sekunder banyak bermanfaat bagi manusia dan makhluk hidup lain karena banyak diantaranya bersifat sebagai obat, pigmen, vitamin, ataupun hormon. Contohnya adalah *Chlorafenicol* dari *Streptomyces venezuellae*, penisillin dari *Penicillium notatum*, serta papaverin yang dihasilkan oleh *Papaver* sp. Ciri-ciri metabolit sekunder adalah (Pratiwi, 2008):

- a. Dibuat melalui proses metabolisme sekunder
- b. Diproduksi selama fase stasioner
- c. Fungsi bagi organisme penghasil belum jelas, diduga tidak berhubungan dengan sintesis komponen sel atau pertumbuhan
- d. Dibuat dan disimpan secara ekstraseluler
- e. Umumnya diproduksi oleh fungi filamentus dan bakteri pembentuk spora
- f. Merupakan kekhasan bagi spesies tertentu
- g. Biasanya berhubungan dengan aktivitas anti mikroba, enzim spesifik penghambatan, pendorongan pertumbuhan, dan sifat-sifat farmakologis

Beberapa komponen yang dapat memberikan efek induksi enzim pada biosintesis metabolit sekunder adalah sebagai berikut (Pratiwi, 2008):

- a) Triptofan

Senyawa ini diduga berkaitan dengan induksi sintesis enzim yang dibutuhkan untuk produksi alkaloid pada *claviceps*.

b) Metionin

Disamping sebagai donor sulfur , metionin juga menginduksi pembentukan enzim yang dibutuhkan untuk sintesis sefalosporin

c) Dietilalbiturat

Dietilbarbiturat berperan pada sintesis rifamisin oleh *Nocardia mediteranei*.

2.3 Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)

2.3.1 Sejarah dan Klasifikasi

Temulawak merupakan tanaman obat berupa tumbuhan rumpun berbatang semu. Di daerah Jawa Barat temulawak disebut sebagai koneng gede sedangkan di Madura disebut sebagai temu lobak. Kawasan Indo-Malaysia merupakan tempat dari mana temulawak ini menyebar ke seluruh dunia. Saat ini tanaman ini selain di Asia Tenggara dapat ditemui pula di Cina, Indo Cina, Bardabos, India, Jepang, Korea, di Amerika Serikat dan Beberapa negara Eropa. Klasifikasi tanaman sebagai berikut (Rahmat, 1995) :

- Divisi : Spermatophyta
 Sub divisi : Angiospermae
 Kelas : Monocotyledonae
 Ordo : Zingiberales
 Keluarga : Zingiberaceae
 Genus : *Curcuma*
 Spesies : *Curcuma xanthorrhiza* Roxb.

2.3.2 Deskripsi

Tanaman terna berbatang semu dengan tinggi hingga lebih dari 1 m tetapi kurang dari 2 m, berwarna hijau atau coklat gelap. Akar rimpang terbentuk dengan sempurna dan bercabang kuat, berwarna hijau gelap. Tiap batang mempunyai daun 2 – 9 helai dengan bentuk bundar memanjang sampai bangun lanset, warna daun hijau atau coklat keunguan terang sampai gelap, panjang daun 31 – 84cm dan lebar 10 – 18cm, panjang tangkai daun termasuk helaian 43 – 80cm. Perbungaan lateral, tangkai ramping dan sisik berbentuk garis, panjang tangkai 9 – 23cm dan lebar 4 – 6cm, berdaun pelindung banyak yang panjangnya melebihi atau sebanding dengan mahkota bunga (Hernani, 2005).



Gambar 2. 1 Daun, bunga, batang dan rimpang Tanaman temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)
(Hernani, 2005)

Kelopak bunga berwarna putih berbulu, panjang 8 – 13mm. Mahkota bunga berbentuk tabung dengan panjang keseluruhan 4.5cm. Helaian bunga berbentuk

bundar memanjang berwarna putih dengan ujung yang berwarna merah dadu atau merah, panjang 1.25 – 2cm dan lebar 1cm (Hernani, 2005)

2.3.3 Manfaat Tanaman

Di Indonesia satu-satunya bagian yang dimanfaatkan adalah rimpang temulawak untuk dibuat jamu godog. Rimpang ini mengandung 48-59,64 % zat tepung, 1,6-2,2 % kurkumin dan 1,48-1,63 % minyak asiri. Hasil analisis rntu rimpang temulawak secara kuantitatif diperoleh kadar air 13,98%, kadar pati 41,45% kadar serat 12,62%, kadar abu 4,62%, kadar abu tak larut asam 0,56%, sari air 10,96%, sari alkohol 9,48% dan kadar kurkumin 2,29% dan dipercaya dapat meningkatkan kerja ginjal serta anti inflamasi. Manfaat lain dari rimpang tanaman ini adalah sebagai obat jerawat, meningkatkan nafsu makan, anti kolesterol, anti inflamasi, anemia, anti oksidan, pencegah kanker, dan anti mikroba (Hayani, 2006).

Tabel 2.1. Hasil analisis serbuk rimpang temulawak (Hayani, 2006)

| No | Jenis Analisis | Nilai (%) |
|----|---------------------|-----------|
| 1 | Kadar air | 13,98 |
| 2 | Kadar minyak atsiri | 3,81 |
| 3 | Pati | 41,45 |
| 4 | Serat | 12,62 |
| 5 | Abu | 4,62 |
| 6 | Abu tak larut asam | 0,56 |
| 7 | Sari dalam alcohol | 9,48 |
| 8 | Sari dalam air | 10,90 |
| 9 | Kurkumin | 2,29 |

Tabel 2.2. Hasil pengujian skrining fitokimia serbuk rimpang temulawak (Hayani, 2006)

| No | Jenis pemeriksaan | Hasil |
|----|-------------------|-------|
| 1 | Alkaloid | ++++ |
| 2 | Flavonoid | ++++ |
| 3 | Tanin | - |
| 4 | Saponin | + |
| 5 | Triterpenoid | ++++ |
| 6 | Steroid | - |
| 7 | Glikosida | ++++ |
| 8 | Fenolik | ++++ |

Tabel 2.1 dan tabel 2.2 adalah tabel persentase hasil analisis serbuk rimpang temulawak dan hasil pengujian skrining fitokimia. Hasil yang diperoleh pada pengujian skrining fitokimia adalah bahwa didalam rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) terdapat senyawa alkaloid, flavonoid, fenolik, saponin, triterpenoid dan glikosida. Senyawa-senyawa tersebut dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri. Senyawa kurkumin termasuk golongan fenolik dan terdapat lebih banyak kadarnya dari senyawa hasil fitokimia lain pada temulawak. (Hayani, 2006).

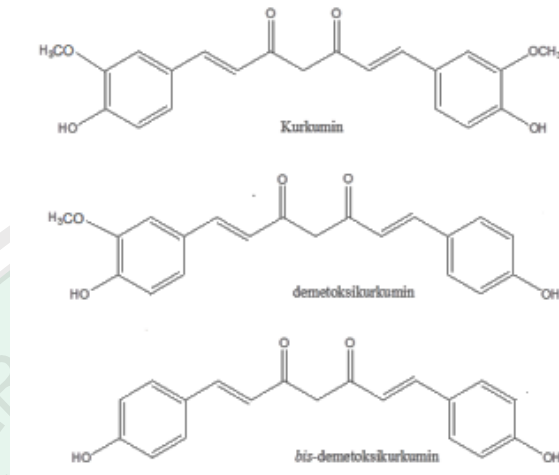
2.4 Kurkumin

Kurkuminoid rimpang temulawak adalah suatu zat yang terdiri dari campuran komponen senyawa yang bernama kurkumin dan demetoksikurkumin pada tanaman temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). Kurkuminoid mempunyai warna kuning atau kuning jingga, berbentuk serbuk dengan rasa sedikit pahit, larut dalam aseton, alkohol, asam asetat glasial, dan alkali hidroksida. Kurkumin tidak larut dalam air dan dietileter. Kurkuminoid mempunyai aroma khas, tidak

bersifat toksik. Kurkumin mempunyai rumus molekul $C_{21}H_{20}O_6$ Bobot molekul = 368) Senyawa kurkumin ini dapat digunakan sebagai alternatif antibiotik seperti halnya senyawa kimia lain yaitu alkaloid, steroid, minyak atsiri, resin, fenol dan lain-lain yang merupakan hasil metabolit sekunder suatu tanaman (Oktaviana, 2010)

Hasil penelitian kurkuminoid rimpang temulawak berkhasiat menetralkan racun, menghilangkan rasa nyeri sendi, menurunkan kadar kolesterol darah, mencegah pembentukan lemak dalam sel hati, antioksidan dan antibakteri. Secara kimiawi, kurkuminoid pada rimpang temulawak merupakan turunan dari diferuloilmetan yakni senyawa dimetoksi diferuloilmetan (kurkumin) dan monodesmetoksi diferuloilmetan (demetoksikurkumin). kandungan kurkuminoid dalam rimpang temulawak kering berkisar 3,16 %. Sedangkan kadar kurkumin dalam kurkuminoid rimpang temulawak sekitar 58 – 71 % dan demetoksikurkumin berkisar 29 – 42 % (Oktaviana, 2010).

Salah satu komoditas bahan alam andalan Indonesia, yakni temulawak (*Curcuma xanthoriza* Roxb.). Temulawak merupakan bahan yang sangat strategis untuk dikembangkan mengingat banyaknya manfaat yang ditunjukkan oleh bahan aktif kurkuminoid. Senyawa kurkuminoid pada temulawak terdiri dari dua komponen senyawa kurkuminoid yaitu kurkumin dan demetoksikurkumin. Lain halnya dengan kunyit mengandung kurkuminoid yang terdiri dari tiga komponen senyawa turunan kurkuminoid yaitu senyawa kurkumin, demetoksikurkumin, serta bisdemetoksikurkumin (Sidik, 1995).

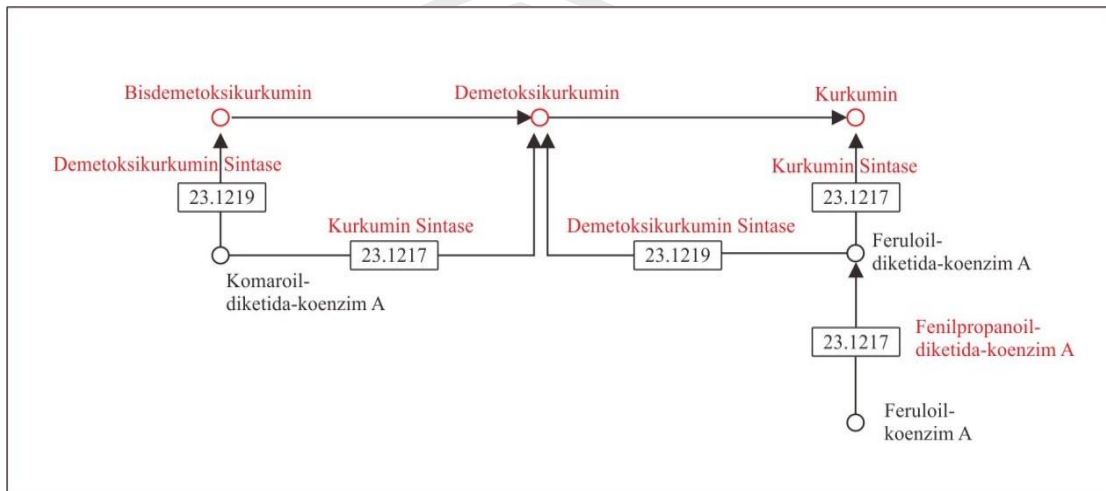


Gambar 2. 2 Struktur kimia kurkumin, *demetoksikurkumin*, dan *bis-demetoksikurkumin* (Cahyono, 2011)

Kurkumin memiliki cara penghambatan mikroba pathogen. Senyawa fenolik mampu merusak dan menembus dinding sel bakteri kemudian mengendapkan protein sel mikroba. Senyawa kurkumin dapat dimanfaatkan sebagai antimikroba yang tepat (Wientarsih, 2013).

Demetoksikurkumin merubah molekul protein dan asam nukleat. Senyawa tersebut dapat mendenaturasikan protein dan asam nukleat sehingga merusak sel tanpa dapat diperbaiki lagi. Senyawa ini terdapat dalam temulawak, sama halnya dengan kurkumin yang dapat dijadikan sebagai antibakteri namun, demetoksikurkumin lebih sedikit jumlahnya dibandingkan dengan kurkumin (Dwi, 2011).

Kurkumin dari rimpang kunyit dan temulawak dihasilkan karena kedua tanaman memiliki enzim pembentuk kurkumin yaitu kurkumin sintase (Katsuyama, 2009):



Gambar 2.3 *Pathway Curcumin Biosynthesis*

Gambar 2.3 menjelaskan bahwa senyawa kurkumin pada tanaman *Curcuma* sp. dihasilkan karena tanaman tersebut memiliki enzim kurkumin sintase sehingga, dapat mensintesis kurkumin. Tanaman *Curcuma longa* (kunyit) memiliki enzim kurkumin sintase dan demetoksikurkumin sintase. Kurkumin dihasilkan dari enzim fenilpropanoil diketida koenzim A yang bereaksi dengan feruloil koenzim A menjadi Feruloil diketida koenzim A. Feruloil diketida koenzim A dikonversi enzim kurkumin sintase menjadi kurkumin. Demetoksikurkumin terbentuk dari enzim demetoksikurkumin sintase bereaksi dengan feruloil diketida koenzim A atau enzim kurkumin sintase bereaksi dengan komaroil diketida koenzim A.

Bisdemetoksikurkumin terbentuk dari enzim demetoksikurkumin sintase bereaksi dengan komaroil diketida koenzim A (Katsuyama, 2009).

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) dapat menghasilkan senyawa kurkumin karena memiliki enzim kurkumin sintase. Enzim ini yang bereaksi dengan substrat Feruloil diketida koenzim A dan menghasilkan senyawa kurkumin. Temulawak juga memiliki enzim demetoksikurkumin sintase yang bereaksi dengan substrat Feruloil diketida koenzim A sehingga, tanaman ini dapat menghasilkan senyawa demetoksikurkumin. Temulawak tidak memiliki substrat komaroil diketida koenzim A sehingga tidak dapat menghasilkan senyawa bisdemetoksikurkumin (Katsuyama, 2009).

Kunyit dan temulawak pada rimpangnya terkandung senyawa kurkumin yang berkhasiat sebagai antibakteri. Tumbuhan merupakan salah satu makhluk hidup ciptaan Allah yang memiliki banyak sekali manfaat. Tumbuh-tumbuhan dapat memunculkan beberapa zat untuk dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya, misalnya mulai beberapa vitamin-vitamin, minyak, senyawa yang bermanfaat dan masih banyak lainnya. Dalam firman-Nya Allah SWT. menjelaskan. QS. Al-an'am (6): 99 yaitu :

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ
 مِنْهُ حَبًّا مَاتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ
 مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكُمْ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ
 يُؤْمِنُونَ

Artinya : “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman”.

Tafsir Al – mishbah menjelaskan bahwa Ayat ini masih mengenai lanjutan bukti-bukti kemahakuasaan Allah SWT. Ayat-ayat yang lalu mengarahkan manusia agar memandang sekelilingnya, supaya ia dapat sampai pada kesimpulan bahwa Allah SWT. Maha Esa dan kehadiran hari kiamat adalah keniscayaan. Yang dipaparkan untuk diamati pada ayat-ayat yang lalu adalah hal-hal yang terbentang di bumi, seperti pertumbuhan biji dan benih, atau yang berkaitan dengan langit seperti matahari dan bulan serta dampak peredarannya yang menghasilkan antara lain malam dan siang, selanjutnya dipaparkan juga tentang manusia, asal usul dan kehadirannya di bumi. Ayat ini menguraikan kumpulan hal-hal yang disebut di atas, bermula dengan menegaskan bahwa “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Untuk lebih menjelaskan kekuasaan-Nya ditegaskan lebih jauh bahwa, Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya

berbuah, dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman". (Shihab, 2002).

Dalam mengomentari tentang ayat ini, para pakar tafsir mengemukakan bahwa ayat tentang tumbuh-tumbuhan ini menerangkan proses penciptaan buah yang tumbuh berkembang melalui beberapa fase, hingga sampai pada fase kematangannya. Pada saat fase kematangannya ini, suatu jenis buah mengandung komposisi zat gula, minyak, protein, berbagai zat karbohidrat dan zat tepung. Semua itu terbentuk atas bantuan cahaya matahari yang masuk melalui klorofil, yang pada umumnya terdapat pada bagian pohon yang mengolah komposisi zat-zat tadi untuk didistribusikan kebagian-bagian pohon yang lain, termasuk biji dan buah (Shihab, 2002). Ayat ini menerangkan bahwa air hujan adalah sumber air bersih satu-satunya bagi tanah. Matahari adalah sumber semua kehidupan. Hanya tumbuh-tumbuhan yang dapat menyimpan daya matahari itu dengan perantaraan klorofil, untuk kemudian menyerahkannya kepada manusia dan hewan dalam bentuk bahan makanan organik yang dibentuknya.

Tafsir Hidayatul Insan Oleh Marwan bin Musa (2013) menjelaskan bahwa Termasuk nikmat yang besar yang diberikan Allah kepada manusia adalah dengan diturunkan-Nya hujan dari langit secara berturut-turut ketika manusia membutuhkannya. Dengan hujan itu, Allah menumbuhkan segala sesuatu yang dibutuhkan manusia dan hewan untuk kelangsungan hidup mereka. Ini semua menghendaki mereka untuk bersyukur kepada yang telah memberikan nikmat ini, beribadah, kembali dan cinta kepada-Nya. Kata-kata "yang serupa" dan "yang tidak serupa" bisa kembalinya kepada zaitun dan delima, yakni serupa pohon dan daunnya, namun berbeda buahnya, dan bisa juga kembalinya kepada semua pohon dan buah, yakni bahwa sebagiannya ada yang serupa dan sebagian lagi tidak serupa. Semuanya

bermanfaat bagi manusia, mereka bersenang-senang dengannya, memakannya dan dapat mengambil pelajaran daripadanya. Yang menu njukan kasih sayang Allah, luasnya ihsan dan kepemurahan-Nya, sempurnanya kemampuan-Nya dan besarnya perhatian Dia terhadap hamba-hamba-Nya. Namun demikian, tidak semua orang yang berpikir dapat mengetahui maksudnya, oleh karenanya Allah Subhaanahu wa Ta'aala menerangkan bahwa hanya orang-orang yang beriman yang dapat mengambil pelajaran daripadanya. Hal itu, karena kaum mukmin dengan keimanan mereka mendorong mereka mengerjakan konsekwensinya berupa amal, yang di antaranya adalah memikirkan ayat-ayat Allah, menggali maksudnya dan apa yang ditunjukkan daripadanya berdasarkan akal, fitrah maupun syara'.

Tafsir al – jalalain oleh Al – imam Jalaluddin Muhammad bin Ahmad, Muhammad Al – mahali (2010) menjelaskan (Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan) dalam ayat ini terkandung iltifat dari orang yang ketiga menjadi pembicara (dengan air itu) yakni dengan air hujan itu (segala macam tumbuh-tumbuhan) yang dapat tumbuh (maka Kami keluarkan darinya) dari tumbuh-tumbuhan itu sesuatu (tanaman yang hijau) yang menghijau (Kami keluarkan darinya) dari tanaman yang menghijau itu (butir yang banyak) yang satu sama lainnya bersusun seperti bulir-bulir gandum dan sejenisnya (dan dari pohon kurma) menjadi khabar dan dijadikan sebagai mudal minhu (yaitu dari mayangnya) yaitu dari pucuk pohonnya; dan mubtadanya ialah (keluar tangkai-tangkainya) tunas-tunas buahnya (yang mengurai) saling berdekatan antara yang satu dengan yang lainnya (dan). Kami tumbuhkan berkat air hujan itu (kebun-kebun) tanaman-tanaman (anggur, zaitun dan delima yang serupa) dedaunannya; menjadi hal (dan yang tidak serupa) buahnya (perhatikanlah) hai orang-orang yang diajak bicara dengan perhatian yang disertai pemikiran dan pertimbangan (buahnya) dengan dibaca fathah huruf tsa dan huruf mimnya, atau dibaca dhammah keduanya sebagai kata jamak dari tsamrah; perihalnya sama dengan kata syajaratun jamaknya syajarun, dan khasyabatun jamaknya khasyabun (di waktu pohonnya berbuah) pada awal munculnya buah; bagaimana keadaannya? (dan) kepada (kematangannya) artinya kemasakannya, yaitu apabila telah masak; bagaimana keadaannya. (Sesungguhnya yang demikian itu ada tanda-tanda) yang menunjukkan kepada kekuasaan Allah swt. dalam menghidupkan kembali yang telah mati dan lain sebagainya (bagi orang- orang yang beriman) mereka disebut secara khusus sebab hanya merekalah yang dapat memanfaatkan hal ini untuk keimanan mereka, berbeda dengan orang-orang kafir (Bin Muhammad Al – mahali, 2010).

Berdasarkan penjelasan tafsir al misbah bahwa surat Al – An'am ayat 99 menegaskan kekuasaan Allah SWT. dari penciptaan tumbuhan. Tumbuhan yang berproses menjadi makhluk hidup yang bermanfaat. Dalam hal ini menegaskan kekuasaan Allah SWT. bahwa tiada sia – sia diciptakannya tumbuhan. Manusia memahaminya dan memanfaatkannya sesuai khasiatnya sebagaimana yang dimanfaatkan pada penelitian ini temulawak dapat diisolasi bakteri endofitnya sebagai antibakteri.

Berdasarkan tafsir hidayatul insan, secara garis besar hampir sama dengan tafsir al misbah dalam menjelaskannya bahwa nikmat yang besar yang diberikan Allah kepada manusia adalah dengan diturunkan-Nya hujan dari langit secara berturut-turut. Dengan hujan itu, Allah menumbuhkan segala sesuatu yang dibutuhkan manusia dan hewan. Kata-kata "yang serupa" dan "yang tidak serupa" bisa kembalinya kepada zaitun dan delima, yakni serupa pohon dan daunnya, namun berbeda buahnya, dan bisa juga kembalinya kepada semua pohon dan buah, yakni bahwa sebagiannya ada yang serupa dan sebagian lagi tidak serupa. Semuanya bermanfaat bagi manusia meskipun berbeda. Sebagaimana tanaman temulawak juga memiliki keserupaan dengan kunyit yang sama – sama memiliki kurkumin tetapi tetap berbeda kadarnya. Apabila diisolasi bakteri endofitnya juga akan berbeda.

Berdasarkan tafsir jalalain tumbuhan yang Allah ciptakan dapat tumbuh segar menjadi tumbuhan yang bermanfaat. Hanya orang – orang yang beriman yang dapat memahami tanda kebesaran Allah SWT. Untuk bisa memanfaatkan tanaman sesuai

khasiatnya perlu adanya penelitian tentang tanaman tersebut. Sebagaimana penelitian ini yang memanfaatkan bakteri endofit dari rimpang temulawak sebagai antibakteri.

2.5 Spesies Mikroba Penyebab Penyakit Ikan

2.5.1 *Streptococcus agalactiae*

2.5.1.1 Karakteristik dan Klasifikasi

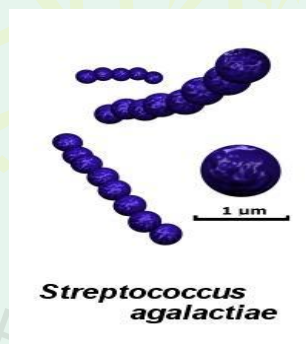
Streptococcus adalah sel yang bulat atau sferis, tersusun berpasangan atau dalam bentuk rantai *Streptococcus* adalah golongan bakteri yang heterogen. Semua spesiesnya merupakan bakteri non motil, termasuk bakteri non-sporing dan menunjukkan hasil negatif untuk tes katalase, dengan syarat nutrisi kompleks. Semuanya anaerob fakultatif, kebanyakan berkembang di udara tetapi beberapa membutuhkan CO₂ untuk berkembang. Semua spesies pada *Streptococcus* tidak dapat mereduksi nitrat. *Streptococcus* memfermentasi glukosa dengan produk utama adalah asam laktat, tidak pernah berupa gas (Maulia, 2013).

Streptococcus lebih ganas dari *Staphylococcus*. Sebagian besar dari *Streptococcus* hidupnya komensal. Banyak diantaranya yang menyebabkan infeksi-infeksi sekunder, misalnya pada penyakit diphtheriae. Gram positif coccus bentuk rantai, coccusnya bulat-oval (spheric). Besar coccus 0,7-1 mikron. Temperatur optimum 37°C. Tumbuh pada media biasa, tetapi lebih baik pada media mengandung darah (agar darah, bouillon darah) atau mengandung serum (Loffler). Dapat meragikan beberapa jenis gula tanpa gas, seperti : glukosa, laktosa, saccharosa,

sedangkan manitol, raffinosa tidak diragikan. Klasifikasi dari bakteri *Streptococcus agalactiae* adalah (Maulia, 2013):

Kingdom : Bacteria
 Phylum : Firmicutes
 Class : Bacilli
 Ordo : Lactobacillales
 Family : Streptococcaceae
 Genus : Streptococcus
 Spesies : *Streptococcus agalactiae*

2.5.1.2 Streptococcus Agalactiae menyerang Ikan



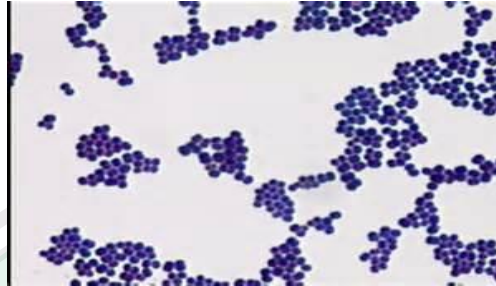
Gambar 2. 4 Penampang ukuran morfologi *Streptococcus agalactiae* (Maulia, 2013)

Streptococcus mengeluarkan eksotoksin, yang dapat diasingkan dari perbenihan cair. Toxin-toxin yang dikeluarkan, ialah : *haemolysin*, *leucocidin*, *erythrogenic (scarlatical toxin)*, *fibrinolysin* (Maulia, 2013). Ikan yang terinfeksi oleh *Streptococcus agalactiae* mengalami *streptococcosis*. Mengalami gejala antara lain: nafsu makan menurun, bergerak tidak beraturan, berenang ke permukaan, lesu, tubuh

menghitam, sisik mudah lepas, luka, pendarahan pada pada operkulum dan anus, mata keruh dan menonjol keluar namun, gejala yang paling signifikan dari penyakit ini pada ikan adalah septikemia dan meningoencephalitis. Organ dalam yang sering terserang adalah limfa, hati dan otak, kemudian menyebar ke ginjal, usus dan jantung. Limfa tampak membesar dan rusak, hati terlihat pucat dan nekrosis di beberapa tempat. Usus mengandung cairan dan sebagian hemoragi. S ering dijumpai meningitis akut, dengan permukaan otak terlihat kekuningan dan mengandung banyak bakteri (Gardenia *et al.*, 2011).

Streptococcus agalactiae pada ikan menyebabkan septisemia dengan pendarahan pada permukaan tubuh, organ eksternal dan internal. Organ dalam yang banyak terserang adalah limfa, hati dan otak, kemudian ginjal, usus dan jantung. Selain itu, *Streptococcus agalactiae* juga dapat diisolasi dari lubang hidung dan mata dari ikan yang terinfeksi. Melalui pengamatan histopatologis diketahui bakteri ini menyebabkan kerusakan pada hati dan limfa. Hasil PCR memperlihatkan bahwa otak, hati, limfa dan ginjal merupakan organ target *Streptococcus agalactiae*. Bakteri ini dapat diisolasi dan diidentifikasi dari keempat organ tersebut (Gardenia *et al.*, 2011).

2.5.1.3 Patogenitas *Streptococcus agalactiae*



Gambar 2. 5 Penampang morfologi dibawah mikroskop *Streptococcus agalactiae* (Maulia, 2013)

Streptococcus agalactiae mempunyai dasar-dasar patogenitas yaitu mempunyai simpai sebagai komponen virulensi utama. *Streptococcus agalactiae* mampu bertahan pada inang dalam temperatur tinggi, tergantung dari kemampuannya untuk melawan fagositosis. Isolat dari *Streptococcus agalactiae* memproduksi kapsul polisakarida. Kapsul polisakarida tersebut tersusun atas galaktosa dan glukosa, berkombinasi dengan 2-acetamido-2-deoxyglucose, N-acetylglucosamine dan pada ujungnya terdapat asam sialik, yang memberikan muatan negatif. Kapsul polisakarida tersebut merupakan faktor virulensi yang penting. Kapsul-kapsul tersebut menghalangi fagositosis dan sebagai komplemen saat tidak ada antibodi (Maulia, 2013).

Streptococcus agalactiae merupakan salah satu agen penyebab penyakit *streptococcosis*. Semua ikan yang mengalami gejala *streptococcosis*, 100% positif terinfeksi *Streptococcus agalactiae* dibuktikan dengan hasil amplifikasi DNA

menghasilkan pita positif pada berat molekul target (192 bp) pada ketiga isolat (Gardenia *et al.*, 2011).

Streptococcus agalactiae sangat patogen dibuktikan dengan bakteri *Streptococcus agalactiae* yang berasal dari lumba-lumba (*Tursiops truncatus*) diinjeksikan ke ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dapat menyebabkan 90% ikan mati. Wabah *Streptococcus agalactiae* bersifat akut. *Streptococcus agalactiae* menyebabkan ikan budidaya mati 100% pada 14 hari pascainfeksi (Hardi *et al.*, 2011). *Streptococcus agalactiae* sangat patogen dibuktikan dengan penelitian Lusiastuti *et al.*, (2010) bahwa hasil yang diperoleh dari upaya vaksinasi tidak cukup untuk memberikan protektif terhadap *Streptococcus agalactiae*.

2.5.2 *Aeromonas hydrophilla*

2.5.2.1 Karakteristik dan Klasifikasi



Gambar 2. 6 Penampang morfologi di bawah mikroskop *Aeromonas hydrophilla* (Endarti, 2009)

Aeromonas hydrophilla adalah jenis bakteri yang bersifat oksidatif, anaerob fakultatif, dapat memfermentasi gula, gram negatif, tidak membentuk spora, bentuk akar, dan merupakan penghuni asli lingkungan perairan dan ditemukan dalam jumlah yang banyak pada musim hangat (Endarti, 2009). Bakteri yang tergolong dalam genus *Aeromonas* terdiri dari tiga spesies utama yang bersifat pathogen terhadap hewan air yaitu *Aeromonas hydrophilla*, *Aeromonas functata*, dan *Aeromonas liquifacienc* (Endarti, 2009).

Aeromonas hydrophilla merupakan bakteri patogen yang menyerang ikan air tawar. Bakteri *Aeromonas hydrophilla* termasuk bakteri Gram negatif dan motil, berbentuk batang dengan ukuran 0,7-0,8 μm . Bakteri ini bersifat fakultatif dan dapat bergerak karena mempunyai satu flagel di salah satu kutub (Robert, 1978; Munajat & Budiana, 2003). Bakteri *Aeromonas hydrophilla* tidak membentuk kapsul maupun spora, koloni berbentuk bulat, permukaan cembung dan berwarna kuning keputih-putihan (krem). Suhu untuk pertumbuhan bakteri *Aeromonas hydrophilla* adalah 4-45°C, sedangkan suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri *Aeromonas hydrophilla* adalah 37°C (Robert, 1978). Bakteri tersebut menyerang semua jenis ikan air tawar daerah tropis, sehingga sangat berbahaya bagi budidaya ikan air tawar. Bakteri ini sering menimbulkan wabah penyakit dalam tingkat kematian tinggi (80-100%) dan dalam waktu singkat (1-2 minggu), *Aeromonas hydrophilla* sulit dikendalikan karena ada di air dan dapat menjadi resisten terhadap obat - obatan (Kamiso, 2004).

Bakteri *Aeromonas hydrophilla* menyerang hampir semua ikan air tawar dan ikan kakap putih yang dipelihara di tambak dengan salinitas rendah. Serangan bakteri ini baru terlihat apabila ketahanan tubuh ikan menurun akibat stress yang disebabkan oleh penurunan kualitas air, kekurangan pakan, atau penanganan ikan yang kurang baik (Kordi & Ghufron, 2004). Klasifikasi *Aeromonas hydrophilla* menurut Holt *et al.* (1998) adalah sebagai berikut :

Phylum : Protophyta
Class : Schizomycetes
Ordo : Pseudanonadeles
Family : Vibrionaceae
Genus : *Aeromonas*
Species : *Aeromonas hydrophilla*

2.5.2.2 Patogenitas *Aeromonas hydrophilla*

Bakteri *Aeromonas hydrophilla* menyebabkan infeksi keseluruhan tubuh ikan disertai dengan pendarahan pada organ dalam tubuh. Bakteri ini dapat menyebar secara cepat pada padat penyebaran yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan kematian benih sampai 90% (Kabata, 1985). Penyakit yang dapat timbul oleh serangan *Aeromonas hydrophilla* adalah penyakit bercak merah pada permukaan tubuh, kulit meradang yang diakhiri dengan luka yang seperti bisul. Ikan yang terinfeksi ini biasanya akan mati dalam waktu satu minggu (Dana & Angka, 1990).

Hal yang sama juga dinyatakan oleh Austin *et al.* (1996) bahwa penyakit yang ditimbulkan oleh *Aeromonas hydrophilla* adalah busuknya sirip dan ekor, *haemorrhagic septicemia*, pengelupasan sisik dan pendarahan pada bagian insang dan anus, mata menonjol, dan abdomen membengkak. Gejala internal yang muncul adalah pendarahan pada ginjal atau limpa, bintil merah pada otot daging. Usus tidak berisi makanan tetapi berisi cairan kuning, dan rongga mulut dipenuhi cairan kuning. Namun gejala eksternal akibat penyakit tersebut adalah adanya ulser (bisul) yang berbentuk bulat atau tidak teratur dan berwarna merah ke abuabuan, mata membengkak dan menonjol (Munajat & Budiana, 2003). Hal yang membedakan *Aeromonas hydrophilla* dengan bakteri lain adalah kemampuannya yang dapat menyebabkan *exophthalmia*. Hal tersebut menunjukkan bahwa *Aeromonas hydrophilla* mempunyai mekanisme patogenitas yang berbeda terhadap ikan (Austin, 1999).

Penyakit ikan yang ditimbulkan akibat bakteri *Streptococcus agalactiae* dan *Aeromonas hydrophilla* sangat merugikan bagi manusia yang membudidayakan ikan dan tentunya apabila dikonsumsi manusia akan menginfeksi manusia. Maka dari itu, diperlukan penawar yang tepat untuk mengendalikan penyakit ikan tersebut yaitu dengan metabolit sekunder penghasil senyawa antibakteri yang dihasilkan dari bakteri endofit rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). Segala alternatif penemuan obat yang tepat harus dilakukan karena Allah SWT. tidak menciptakan penyakit tanpa obatnya. Sebagaimana penjelasan hadits bahwa Allah SWT.

menciptakan suatu penyakit dan Allah pula yang memberikan obatnya. Dalam sabda Nabi yang diriwayatkan jabir R.A. menyebutkan:

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ، فَإِذَا أَصَابَ الدَّوَاءُ الدَّاءَ، بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ

Artinya: “Setiap penyakit ada obatnya, apabila obat suatu penyakit telah tepat, sembuhlah dia dengan izin Allah ‘Azza wa jalla”

Hadits diatas merupakan hadist riwayat Jabir. Hadits no 2204. Oleh karena itu, jika ada penyakit, manusia hendaknya berobat. Apabila penyakit tersebut belum ada obatnya, maka manusia hendaknya mencari sesuatu yang bisa mengobati penyakitnya. Manusia haruslah yakin bahwa semua penyakit pasti ada obatnya (Shihab, 2007).

Sesungguhnya Nabi SAW. merupakan contoh teladan yang baik dalam memberikan petunjuk menuju kedokteran yang benar yang berdiri diatas ilmu dan uji coba, bukan diatas khayalan dan omong kosong (Qordhawi, 1998). Oleh karena itu, hendaknya manusia selalu berusaha mencari obat suatu penyakit dengan ilmu yang dia miliki, dalam hal ini yang di maksud adalah ilmu yang berkaitan dengan kesehatan.

Beberapa tanaman banyak yang sudah diteliti dapat menghasilkan senyawa antibakteri dari metabolit sekundernya. Sebagai contoh tanaman yang disebutkan dalam surat An – Nahl (16): 11, yaitu:

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَبَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ

يَتَفَكَّرُونَ

Artinya: "Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang

demi kian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan". (QS. An-Nahl (16): 11)

Penjelasan Tafsir Ibnu katsir oleh Dr. Abdullah Muhammad bin Abdurrahman Bin Ishaq Alu Syaikh (2004) yaitu Allah menumbuhkan semuanya dari bumi dengan air yang sama, tetapi hasilnya berbeda jenis, rasa, warna, bau. dan bentuknya. Karena itulah disebutkan dalam firman-Nya: Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan. (An-Nahl : 11) Yakni petunjuk dan bukti yang menyatakan bahwa tidak ada Tuhan selain Allah. Makna ayat ini sama dengan yang disebutkan oleh Allah dalam ayat lain melalui firman-Nya: Atau siapakah yang telah menciptakan langit dan bumi dan yang menurunkan air untuk kalian dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu kebun-kebun yang berpemandangan indah, yang kalian sekali-kali tidak mampu menumbuhkan pohon-pohonnya? Apakah di samping Allah ada tuhan (yang lain)? Bahkan (sebenarnya) mereka adalah orang-orang yang menyimpang (dari kebenaran). (An-Naml: 60).

Tafsir surat An – Naml dengan penafsiran Jalalain oleh Al- imam Jalaluddin Muhammad bin Ahmad, Muhammad Al – mahali (2010) (Atau siapakah yang telah menciptakan langit dan bumi dan yang menurunkan air dari langit buat kalian, lalu Kami tumbuhkan) di dalam ungkapan ini terdapat Itifaf yakni sindiran dari Ghaibah kepada Mutakallim (dengan air itu kebun-kebun) lafal Hada-iq bentuk jamak dari lafal Hadiqatun artinya kebun yang dipagari (yang berpemandangan indah) tampak indah (yang kalian sekali-kali tidak mampu menumbuhkan pohon-pohonnya?) karena kalian tidak akan mempunyai kemampuan dan kekuasaan untuk itu. (Apakah ada tuhan) a-ilahun dapat dibaca Tahqiq dan Tas-hil (di samping Allah) yang membantu-Nya untuk melakukan hal-hal tersebut? Maksudnya tidak ada tuhan lain di samping Dia. (Bahkan sebenarnya mereka adalah orang-orang yang menyimpang) yakni menyekutukan Allah dengan selain- Nya.

Tafsir Jalalain diatas menjelaskan bahwa hanya Allah yang mampu menumbuhkan segala tumbuh – tumbuhan. Tak ada satupun makhluk yang dapat menyamai-Nya. Dan sungguh kekuasaan Allah SAW. telah ada wujudnya dengan segala penciptaan-Nya yang sempurna.

Penjelasan tafsir jalalain QS. An-Nahl (16): 11 oleh Al- imam Jalaluddin Muhammad bin Ahmad, Muhammad Al – mahali (2010) yaitu Dia

menumbuhkan bagi kalian dengan air itu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. (Sesungguhnya pada yang demikian itu) hal yang telah disebutkan itu (benar-benar ada tanda) yang menunjukkan akan keesaan Allah swt. (bagi kaum yang memikirkan) mengenai ciptaan-Nya sehingga mereka mau beriman karenanya.

Tafsir al – mishbah menjelaskan ayat ini menyebutkan beberapa yang paling bermanfaat dan populer dalam masyarakat Arab tempat dimana turunnya Al – Qur’an, dengan menyatakan bahwa Allah SWT. menumbuhkan bagi kamu dengannya yakni dengan air hujan itu tanam – tanaman, dan yang paling cepat layu sampai dengan yang paling panjang usianya dan paling banyak manfaatnya. Dia menumbuhkan zaitun salah satu pohon yang paling panjang usianya, demikian juga kurma yang dapat dimakan mentah atau matang, mudah dipetik dan sangat bergizi. Dan anggur yang dapat dijadikan makanan yang halal dan minuman yang haram dan dari segala macam atau sebagian buah – buahan selain yang disebut itu Sesungguhnya pada yang demikian yaknni pada curah hujan dan akibat – akibatnya itu benar – benar tanda kekuaasaan Allah SWT. (Shihab, 2002).

Ayat di atas menunjuk buah kurma dengan nama an-nakhil yang digunakan untuk menunjuk pohon dan buahnya secara keseluruhan, berbeda dengan al-a’nab yang menunjuk pada buah anggur saja. Hal ini menurut Al-Biq’a’i, untuk mengisyaratkan bahwa terdapat banyak sekali manfaat pada pohon kurma. Bukan hanya pada buahnya, berbeda dengan anggur, yang manfaatnya . Selain buahnya, sangat sedikit (Shihab, 2002).

Berdasarkan tafsir ibnu katsir dan jalalain dapat disimpulkan bahwa Allah SWT telah menunjukkan tanda – tanda keesan-Nya dengan menumbuhkan tumbuh –

tumbuhan yang berbeda spesies dan memiliki khasiatnya masing – masing. Tanaman yang disebutkan dalam Ayat di atas adalah zaitun, kurma dan anggur. Ketiga tanaman tersebut memiliki ciri yang berbeda – beda. Berbeda dari jenis, rasa, warna, bau. dan bentuknya dan memiliki khasiat yang bermacam – macam, termasuk sebagai antibakteri.

Berdasarkan tafsir al-mishbah menjelaskan keadilan Allah SWT. Allah menciptakan beberapa tanaman memiliki kelebihan dan kekurangannya. Begitu pula dengan manfaatnya ada yang memiliki banyak manfaat ada yang sedikit. Segalanya merupakan tanda kebesaran Allah bagi orang yang memikirkan. Pada penelitian ini, ingin mengetahui seberapa besar manfaat tanaman temulawak yang diuji sebagai antibakteri karena segala yang Allah ciptakan tiada tanpa manfaat.

Surat Al – Insan menyebutkan jahe yang menjadi hidangan di surga kelak bagi orang – orang yang beriman:

وَيُسْقَوْنَ فِيهَا كَأْسًا كَانَ مِزَاجُهَا زَنْجَبِيلًا

Artinya : “Di dalam Surga itu mereka diberi minum segelas (minuman) yang campurannya adalah jahe.” (QS. Al – Insan (76):17)

Tafsir Ibnu Katsir oleh Dr. Abdullah Muhammad bin Abdurrahman Bin Ishaq Alu Syaikh (2004: 364) menjelaskan yaitu maksudnya, mereka, yaitu orang-orang yang berbuat baik, juga akan diberi minum dengan gelas-gelas ini (gelas-gelas yang terbuat dari perak). yakni, segelas minuman yang campurannya adalah jahe. Terkadang mereka diberi minuman yang dicampur dengan kafur yang dingin, dan pada saat lain diberi minuman yang bercampur dengan jahe yang hangat, agar ada keseimbangan bagi mereka. Terkadang minuman dingin dan terkadang panas. Allah berfirman: “(yang didatangkan dari) sebuah mata air Surga yang dinamakan salsabil.” Yaitu, zanjabil (jahe) ini merupakan sebuah mata air Surga yang bernama salsabil. ‘Ikrimah mengatakan: “Ia merupakan nama sumber mata air di Surga.” Sedangkan

Mujahid mengatakan: “Disebut demikian karena alirannya yang lembut dan tajam”

Tafsir Hidayatul insan oleh Marwan bin Musa (2013: 384) menjelaskan bahwa “Dan di sana mereka diberi segelas minuman bercampur jahe”. Jahe surga yang berbeda dengan jahe dunia. Jahe surga tidak mengandung kekurangan dan mudharat sedikitpun. Kalau di dunia, jahe ada yang terasa sangat pedas, mengurangi kenikmatan, agak menyakitkan di tenggorokan. Tidak demikian dengan jahe surga, yang ada adalah kenikmatan dan kenikmatan. Yaitu minuman arak yang bercampur jahe agar rasa dan aromanya enak.

Tafsir jalalain oleh Al – imam Jalaluddin Muhammad bin Ahmad, Muhammad Al – mahali (2010) menjelaskan “Di dalam Surga itu mereka diberi minum segelas (minuman) yang campurannya adalah jahe”. (Di dalam surga itu mereka diberi minum segelas) khamar (yang campurannya) atau sesuatu yang dicampurkan ke dalam minuman itu (adalah jahe). Minuman itu nantinya dihidangkan untuk mereka yang berada di surga. Hanya orang – orang yang beriman yang akan merasakan nikmatnya minuman surgawi.

Berdasarkan ketiga tafsir dapat disimpulkan bahwa Allah SWT sudah menyiapkan segalanya untuk umat-Nya yang bertakwa. Di surga telah ada segala macam yang disukai umat-Nya di dunia termasuk hal – hal yang haram seperti khamr. Di surga nanti tidak ada lagi hal yang haram bagi umat-Nya yang bertaqwa saat di dunia. Jahe sebagaimana minuman yang biasa diminum oleh manusia di dunia. Rasanya yang hangat dan menyehatkan sangat digemari penduduk. Jahe memiliki khasiat yang sangat baik untuk kesehatan. Yang disebutkan Allah dalam al-Qur’an pasti memiliki keistimewaan. Jahe termasuk kelas *zingiberaceae* sama seperti temulawak. Keistimewaan yang dimiliki jahe hampir sama dengan temulawak. Sama

– sama dapat menanggulangi infeksi terhadap bakteri. Maka dari itu, dilakukan penelitian untuk menelusuri khasiatnya.

Tanaman yang disebutkan dalam Surat An- Nahl ayat 11 adalah zaitun, anggur dan delima. Dan pada surat Al – Insan ayat 17 Allah berfirman nikmatnya jahe surga. Masing – masing tanaman memiliki khasiat yang dapat digunakan obat bagi manusia. Sebagaimana tanaman temulawak yang diteliti memiliki antibakteri. Isolat bakteri endofit temulawak bisa dijadikan sebagai obat untuk pengendalian penyakit ikan. Dapat ditarik kesimpulan bahwa segala tanaman yang Allah ciptakan memiliki khasiatnya masing – masing dan tiada tidak berguna bagi makhluk-Nya. Demikianlah beberapa khasiat dari tanaman dalam surat An – Nahl ayat 11 dan Al – insan ayat 17 yang diantaranya mengandung senyawa yang dapat berpotensi juga sebagai antibakteri (Johansyah, 2014) :

1. Kurma : Kurma matang mengandung gula sekitar 80%, sisanya terdiri dari protein, lemak dan produk mineral termasuk tembaga, besi, magnesium dan asam folat. Kurma mengandung antibakteri dan antioksidan yang dikenal sebagai tanin. Tanin diketahui bersifat antibakteri, anti-infeksi, anti-inflamasi dan anti-hemoragik
2. Anggur : Tidak hanya buahnya tetapi juga daunnya. Salah satu tanaman yang memiliki banyak manfaat dan dapat digunakan sebagai alternatif pengobatan adalah daun anggur (*Vitis vinifera* L.) (Orhan *et al.*, 2009 dalam Nurcahyanti, 2014). Daun anggur mempunyai aktivitas antibakteri (Askary *et al.*, 2012 dalam Nurcahyanti, 2014) yang banyak mengandung senyawa fenolik seperti mirisetin,

asam elagat, kaempferol, kuersetin, dan asam galat (Bonilla *et al.*, 2003 Nurcahyanti, 2014). Penelitian Parekh & Chanda (2006) dalam Nurcahyanti, (2014) menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun anggur memiliki aktivitas antibakteri secara *in vitro* terhadap beberapa bakteri Gram positif dan negatif yang ditunjukkan dengan diameter zona hambat, yaitu *Enterobacter aerogenes* 14 mm, *Bacillus cereus* 21 mm, *Bacillus subtilis* 12 mm, *Escherichia coli* 15 mm, *Klebsiella pneumoniae* 16 mm, *Staphylococcus aureus* 15 mm, *Pseudomonas aeruginosa* 11 mm, dan *Staphylococcus epidermidis* 12 mm.

3. Delima : Selain kandungan vitamin A, C dan E, dan asam folik yang sudah terkenal manfaatnya, berikut beberapa zat aktif yang terkandung dalam buah delima yang menjadikan buah ini sarat akan manfaat. Zat Tanin Buah Delima Bermanfaat Bagi Pencernaan. Buah delima mengandung zat tanin yang tinggi, yaitu salah satu senyawa yang terdapat pada tanaman yang merupakan salah satu komponen astrigen dengan kemampuan mengikat dan mengendapkan protein sehingga bisa diaplikasikan dalam pengobatan perdarahan (hemostatik). Zat Antioksidan Buah Delima Bermanfaat Bagi Sel-sel Dalam Tubuh. Senyawa tannin dan flavonoid yang dimiliki delima bisa dimanfaatkan sebagai antibakteri.
4. Jahe : Rimpang jahe mengandung minyak atsiri yang terdiri dari senyawa-senyawa seskuiterpen, zingiberen, zingeron, oleoresin, kamfena, limonen, borneol, sineol, sitral, zingiberal, felandren. Disamping itu terdapat juga pati, damar, asam-asam organik seperti asam malat dan asam oksalat, Vitamin A, B, dan C, serta senyawa-senyawa flavonoid dan polifenol. (Warintek, 2011).

Tumbuhan merupakan salah satu makhluk hidup ciptaan Allah yang memiliki banyak sekali manfaat. Tumbuh-tumbuhan dapat memunculkan beberapa zat untuk dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya. Zat tersebut adalah beberapa vitamin-vitamin, minyak, senyawa yang bermanfaat masih banyak lainnya.

2.6 Antimikroba

2.6.1 Pengenalan Antimikroba

Antimikroba adalah obat pembasmi mikroba, khususnya mikroba yang merugikan manusia. Antibiotik adalah zat yang dihasilkan oleh suatu mikroba, terutama fungi, yang dapat menghambat atau dapat mikroba jenis lain. Obat yang digunakan untuk membasmi mikroba, penyebab infeksi pada manusia, ditentukan harus memiliki sifat toksisitas selektif setinggi mungkin. Artinya obat tersebut haruslah bersifat sangat toksik untuk mikroba, tetapi relatif tidak toksik untuk hospes. Sifat toksisitas selektif absolut belum atau mungkin tidak akan diperoleh. Berdasarkan sifat toksik selektif, ada antimikroba yang bersifat menghambat pertumbuhan mikroba, dikenal sebagai aktifitas bakteriostatik dan ada yang bersifat membunuh mikroba, dikenal sebagai aktifitas bakterisid. Antimikroba tertentu aktifitasnya dapat meningkat dari bakteriostatik menjadi bakterisid bila kadar antimikrobanya ditingkatkan melebihi KHM (Pelczar, 1988).

Pemakaian bahan antimikroba merupakan suatu usaha untuk mengendalikan mikroorganisme. Pengendalian adalah segala kegiatan yang dapat menghambat,

membasmi atau menyingkirkan mikroorganismenya. Menurut Pelczar (1988) tujuan utama pengendalian adalah :

- a) Mencegah penyakit infeksi
- b) Membasmi mikroorganismenya pada inang yang terinfeksi
- c) Mencegah pembusukan dan kerusakan bahan oleh mikroorganismenya

Menurut Pelczar (1986) Obat antimikroba sebaiknya mempunyai sifat-sifat berikut :

- 1) Menghambat atau membunuh pathogen tanpa merusak hospes
- 2) Bersifat bakterisidal dan bukan bakteriostatik
- 3) Tidak menyebabkan resistensi pada kuman
- 4) Berspektrum luas
- 5) Tidak bersifat alergenik atau tidak menimbulkan efek samping bila digunakan dalam jangka waktu yang lama
- 6) Tetap aktif dalam plasma cairan tubuh
- 7) Larut didalam air dan stabil
- 8) Kadar bakterisidal di dalam tubuh cepat tercapai dan bertahan dalam waktu lama.

2.6.2 Mekanisme kerja

Berdasarkan mekanisme kerja, antimikroba dibagi menjadi 5 (Entjang, 2001):

1. Antimikroba yang menghambat metabolisme sel mikroba: yang termasuk dalam kelompok ini adalah sulfonamid, trimetoprim, asam p-aminosalisilat (PAS) dan sulfon. Mekanisme kerja ini diperoleh efek bakteriostatik.
2. Antimikroba yang menghambat sintesis dinding sel mikroba: Obat yang termasuk dalam kelompok ini ialah penisilin, sefalosporin, basitrasin, vankomisin, dan sikloserin. Dinding sel bakteri, terdiri dari polipeptidoglikan.
3. Antimikroba yang mengganggu keutuhan membran sel mikroba: Obat yang termasuk dalam kelompok ini ialah polimiksin, golongan polien, serta berbagai antimikroba kemoterapeutik umpamanya antiseptik surface active agents. Polimiksin sebagai senyawa amonium-kuartener dapat merusak membran sel setelah bereaksi dengan fosfat pada fosfolipidmembran sel mikroba.
4. Antimikroba yang menghambat sintesis protein sel mikroba : Obat yang termasuk dalam kelompok ini ialah golongan aminooglikosid makrolit, linkomisin, tetrasklin dan kloramfenikol. Untuk kehidupannya, sel mikroba perlu mensintesis berbagai protein. Sintesis protein berlangsung di ribosom dengan bantuan mRNA dan tRNA.
5. Antimikroba yang menghambat sintesis asam nukleat sel mikroba : Obat yang termasuk dalam golongan ini adalah rifamfisin, dan golongan kuinolon. Yang lainnya walaupun bersifat antimikroba, karena sifat sitotoksitasnya, pada umumnya hanya digunakan sebagai obat antikanker; tetapi beberapa obat dalam kelompok terakhir ini dapat pula digunakan sebagai antivirus. Yang

akan dikemukakan di sini hanya kerja obat yang berguna sebagai antimikroba, yaitu rifampisin dan golongan kuinolon.

2.7 Pengujian Antibakteri

Pengujian mikrobiologi memanfaatkan mikroorganisme sebagai indikator pengujian. Dalam hal ini mikroorganisme digunakan sebagai penentu konsentrasi komponen tertentu pada campuran kompleks kimia, untuk mendiagnosa penyakit tertentu serta untuk menguji bahan kimia untuk menentukan potensi mutagenik atau karsinogenik suatu bahan. Kegunaan uji antimikroba adalah diperolehnya suatu sistem pengobatan yang efektif dan efisien. Terdapat bermacam-macam metode difusi uji antimikroba seperti dijelaskan berikut ini (Tortora, 2001) :

- a. Metode *disc diffusion*, untuk menentukan aktivitas agen antimikroba. Piringan agen yang berisi antimikroba diletakkan pada media agar yang telah ditanami mikroorganisme yang akan berdifusi pada media agar tersebut. Area jernih mengindikasikan adanya hambatan pertumbuhan mikroorganisme oleh agen antimikroba pada permukaan media agar.
- b. Metode E-test, digunakan untuk mengestimasi MIC (minimum inhibitor cocentration), yaitu konsentrasi minimal suatu agen antimikroba untuk dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Pada metode ini digunakan strip plastik yang mengandung agen antimikroba dari kadar terendah hingga kadar tertinggi dan diletakkan pada permukaan media agar yang ditanami mikroorganisme. Pengamatan dilakukan pada area jernih yang ditimbulkan yang

menunjukkan kadar agen antimikroba yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada media agar.

- c. *Ditch-plate technique*, pada metode ini sampel uji berupa agen antimikroba yang diletakkan pada parit yang digunakan dengan cara memotong media agar dalam cawan petri pada bagian tengah secara membujur dan mikroba uji (maksimum enam macam) digoreskan ke arah parit yang berisi agen antimikroba.
- d. *Cup-plate technique*, metode ini serupa dengan disc diffusion, dimana dibuat sumur pada media agar yang telah ditanami dengan mikroorganisme dan pada sumur tersebut diberi agen antimikroba yang akan diuji.
- e. *Gradient plate technique*, pada metode ini konsentrasi agen antimikroba pada media agar secara teoritis bervariasi dari nol hingga maksimal. Media agar dicairkan dan larutan uji ditambahkan. Campuran kemudian dituangkan ke dalam cawan petri dan diletakkan dalam posisi miring. Nutrisi kedua kemudian dituangkan di atasnya. Plate inkubasi selama 24 jam untuk memungkinkan agen antimikroba berdifusi dan permukaan media mengering. Mikroba uji (maksimum enam macam) digoreskan pada arah mulai dari konsentrasi tinggi ke rendah. Hasil diperhitungkan sebagai panjang total pertumbuhan mikroorganisme maksimum yang mungkin dibandingkan dengan panjang pertumbuhan hasil goresan. Yang perlu diperhatikan adalah dari hasil perbandingan yang didapat dari lingkungan padat dan cair, faktor difusi agen antimikroba dapat mempengaruhi keseluruhan hasil pada media padat.

2.8 Mekanisme Resistensi

Pemakaian antibakteri yang berlebihan menyebabkan mikroba yang semula sensitif terhadap antibiotik menjadi resisten. Oleh karena itu senyawa antibakteri diperlukan untuk mengatasi bakteri resisten tersebut (Lenny, 2006). Resistensi sel mikroba ialah suatu sifat tidak terganggunya kehidupan sel mikroba oleh antimikroba. Sifat ini merupakan suatu mekanisme alamiah untuk bertahan hidup. Resistensi dibagi dalam kelompok resistensi genetik, resistensi nongenetik dan resistensi silang. Mekanisme resistensi terhadap antimikroba antara lain: perubahan tempat kerja (*target site*) obat pada mikroba; mikroba menurunkan permeabilitasnya hingga obat sulit masuk ke dalam sel; inaktivasi obat oleh mikroba; mikroba membentuk jalan pintas untuk menghindari tahap yang dihambat oleh antimikroba; dan meningkatkan produksi enzim yang dihambat oleh antimikroba (Ganiswara, 2003).

2.9 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Aktivitas Zat Antibakteri

Banyak faktor dan keadaan yang mempengaruhi kerja zat antibakteri dalam menghambat atau membasmi organisme patogen. Semuanya harus dipertimbangkan agar zat antibakteri tersebut dapat bekerja secara efektif. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kerja zat antibakteri menurut Pelczar (1988), adalah sebagai berikut:

1). Konsentrasi atau Intensitas Zat Antimikroba

Semakin tinggi konsentrasi suatu zat antimikroba semakin tinggi daya antimikrobanya, artinya banyak bakteri akan terbunuh lebih cepat bila konsentrasi zat tersebut lebih tinggi.

2). Jumlah Mikroorganisme

Semakin banyak jumlah organisme yang ada maka makin banyak pula waktu yang diperlukan untuk membunuhnya.

3). Suhu

Kenaikkan suhu dapat meningkatkan keefektifan suatu disinfektan atau bahan mikrobial. Hal ini disebabkan zat kimia merusak mikroorganisme melalui reaksi kimia. Reaksi kimia bisa dipercepat dengan meninggikan suhu.

4). Spesies Mikroorganisme

Spesies mikroorganisme menunjukkan ketahanan yang berbeda-beda terhadap suatu bahan kimia tertentu.

5). Keasaman Atau Kebasahan (pH)

Mikroorganisme yang hidup pada pH asam akan lebih mudah dibasmi pada suhu rendah dan dalam waktu yang singkat bila dibandingkan dengan mikroorganisme yang hidup pada pH basa.

2.10 Bioinformatika

Secara definisi, bioinformatika adalah ilmu yang mengaplikasikan teknologi informatika yaitu teknologi komputasi dan komunikasi terutama internet pada ilmu biologi. Contoh klasik biologi komputasi yang lazim dilakukan di Indonesia misalnya adalah analisis pertumbuhan bakteri. Bakteri penghasil enzim chitosanase dikultur dalam media dengan berbagai komposisi yang berbeda untuk mencari kondisi terbaik produksi enzim itu dan dari data eksperimen pembiakkan bakteri itu, seluruh parameteranya kemudian dianalisis dengan komputer untuk mendapatkan kurva-kurva pertumbuhan bakteri sehingga dapat dipilih komposisi medium terbaik. Di tingkat dunia biologi komputasi juga digunakan pada ilmu biologi struktur untuk menjelaskan struktur protein (Witarto, 2010).

Banyak penelitian yang bisa dilakukan dengan bioinformatik agar lebih efisien biaya dan waktu dengan hasil yang akurat. Beberapa contoh aplikasi bioinformatika dalam dunia virologi, khususnya dalam klasifikasi virus, penentuan tingkat mutasi, prediksi rekombinasi, serta prediksi bagian antigen (antigenic sites) yang ada pada permukaan virus (Utama, 2003).

Aplikasi bioinformatika pasti berkaitan dengan DNA, RNA dan protein misalnya, mengetahui kekerabatan tingkat spesies dilihat dari sekuens DNA. Hal ini sangat mudah dilakukan dengan bioinformatik. Melihat kesamaan DNA dan protein dari beberapa spesies organisme juga bisa dilakukan dengan bioinformatika dari teknik BLAST (*Basic Local Allighment Search Tools*) (Felix, 2011) seperti halnya,

pada penelitian ini yaitu menggunakan teknik BLAST untuk mensejajarkan sekuens enzim penghasil kurkumin dengan spesies bakteri.

Pencarian data utama untuk sekuens asam nukleat saat ini adalah *Genbank* (Amerika Serikat), EMBL (the European Molecular Biology Laboratory, Eropa), dan DDBJ (DNA Data Bank of Japan, Jepang) dan lain - lain. Masing – masing database tersebut menyimpan data terkait informasi genetik yang dibutuhkan untuk peneliti. Sumber data sekuens asam nukleat adalah pengumpulan langsung dari peneliti individual, proyek sekuensing genom. Selain berisi sekuens asam nukleat, entri dalam database sekuens asam nukleat pada umumnya mengandung informasi tentang jenis asam nukleat (DNA atau RNA), nama organisme sumber asam nukleat tersebut, dan segala sesuatu yang berkaitan dengan sekuens asam nukleat tersebut (Fatchiyah, 2009).

Selain asam nukleat, beberapa contoh database penting yang menyimpan sekuens primer protein adalah PIR (Protein Information Resource, Amerika Serikat), Swiss-Prot (Eropa), dan TrEMBL (Eropa). Ketiga database tersebut telah digabungkan dalam UniProt, yang didanai terutama oleh Amerika Serikat. Entri dalam UniProt mengandung informasi tentang sekuens protein, nama organisme sumber protein, pustaka yang berkaitan, dan komentar yang pada umumnya berisi penjelasan mengenai fungsi protein tersebut (Fatchiyah, 2009). Penelitian ini juga menggunakan uniProt untuk mencari urutan asam amino dari enzim penghasil kurkumin yang akan diBLAST.

Perangkat bioinformatika yang berkaitan erat dengan penggunaan data sekuens Biologi ialah BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*). Penelusuran BLAST (*BLAST search*) pada data sekuens memungkinkan ilmuwan untuk mencari sekuens baik asam nukleat maupun protein yang mirip dengan sekuens tertentu yang dimilikinya. Hal ini berguna misalnya untuk menemukan gen sejenis pada beberapa organisme atau untuk memeriksa keabsahan hasil sekuensing atau untuk memeriksa fungsi gen hasil sekuensing. Algoritma yang mendasari kerja BLAST adalah pensejajaran sekuens (Fatchiyah, 2009).

2.11 Analisis Pensejajaran Sekuens

2.11.1 Pencarian data sekuens

Sekuen yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium dapat dianalisis dengan data serupa yang telah dipublikasikan sebelumnya di *Genbank*. Salah satu bentuk analisis yang dapat dilakukan misalnya adalah analisis pensejajaran. Analisis pensejajaran dapat digunakan untuk membandingkan dua sekuen atau lebih. Program yang digunakan untuk analisis pensejajaran yaitu program BLAST (*Basic Local Alignment Search Tools*). Program ini dapat diakses melalui website *National Center for Biotechnology Information at The National Library of Medicine in Washington*. Begitu pula untuk mencari dan mendapatkan data dari *Genbank*, melalui program NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) pada *location* bar pencarian (Perdana, 2011).

2.11.2 Aplikasi BLAST

Perangkat bioinformatika yang berkaitan erat dengan penggunaan database sekuens Biologi ialah BLAST (Basic Local Alignment Search Tool). Penelusuran BLAST (BLAST search) pada pangkalan data sekuens memungkinkan ilmuwan untuk mencari sekuens baik asam nukleat maupun protein yang mirip dengan sekuens tertentu yang dimilikinya. Hal ini berguna misalnya untuk menemukan gen sejenis pada beberapa organisme atau untuk memeriksa keabsahan hasil sekuensing atau untuk memeriksa fungsi gen hasil sekuensing. Algoritma yang mendasari kerja BLAST adalah pensejajaran sekuens (Fatchiyah, 2009).

BLAST dari program NCBI digunakan untuk mencari similaritas suatu sekuens nukleotida atau protein dengan sekuens database pada *Genbank*. Similaritas tersebut dapat digunakan untuk mengetahui fungsi dari suatu gen, memperkirakan anggota baru dari suatu famili gen dan mengetahui hubungan kekerabatan. BLAST sangat berguna untuk mengetahui similaritas suatu sekuens nukleotida atau protein (Perdana, 2011).

Langkah – langkah dalam menggunakan program BLAST yaitu: urutan nukleotida dan proteinnya yang diperoleh disimpan melalui fasta. Urutan nukleotida dan protein sudah ditemukan selanjutnya pengerjaan dengan program BLAST. Pengerjaan BLAST mengacu pada petunjuk manual dalam situs NCBI. Sekuen yang diperoleh dimasukkan pada kotak *entry sequence*. pilih nama *organism* yang ingin

diBLAST. Pilih BLAST p untuk BLAST protein dan BLAST n untuk BLAST nukleotida kemudian di klik *show result*, lalu klik BLAST (Perdana, 2011).

