

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Indonesia terletak pada posisi geologi di jalur vulkanik aktif dunia, sehingga berpotensi memiliki daya geotermal yaitu potensi sebagai energi panas yang terbentuk secara alami di bawah permukaan bumi. Hal ini ditandai dengan ditemukannya sumber mata air panas yang tersebar di wilayah Indonesia. Dari keseluruhan total potensi sumber panas bumi global terdapat 40% berada di Indonesia (Departemen Energi dan Sumber Daya mineral, 2012)

Kekayaan Indonesia dengan sumber air panas dengan suhu diatas 50 °C, merupakan sumber keanekaragaman bakteri termofil, khususnya bakteri termoxilanolitik. Meskipun sebagian besar sumber air panas berupa kolam yang tidak terlalu luas, tapi berpeluang ditemukannya keanekaragaman bakteri. Kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti suhu yang tinggi dapat menyebabkan perubahan genetik atau mutasi pada bakteri. Hal ini dapat menimbulkan keanekaragaman bakteri yang tinggi dan unik, karena mutasi pada bakteri (prokariot) lebih mudah terjadi dibandingkan dengan eukariot.

Keanekaragaman dan spesiasi bakteri terjadi karena adanya mutasi pada gen melalui proses rekombinasi. Kasus rekombinasi gen pada bakteri lebih banyak terjadi dibandingkan dengan kasus rekombinasi gen pada hewan dan tumbuhan. Bakteri dapat mengalami rekombinasi gen homolog dengan organisme sebagai *divergen* (munculnya spesies baru dari garis keturunan yang sama) adalah sebesar 25%. Sedangkan pada hewan hanya sebesar 16% dan kasus rekombinasi gen yang paling sedikit terjadi ditemukan pada tumbuhan sebesar 3%. Dengan demikian eksplorasi bakteri termofilik pada sumber air panas perlu dilakukan karena berpotensi ditemukannya kelimpahan dan keanekaragaman bermacam jenis bakteri, terutama bakteri termoxilanolitik dengan kemampuannya sebagai penghasil xilanase (Cohan, 2001).

Sumber air panas yang terdapat di Kabupaten Solok Selatan, Sumatera Barat tepatnya pada sumber air panas (SAP) Mudiak Sapan (MS), dan sumber air panas Sapan Sungai Aro (SSA), terletak di Kecamatan Koto Parik Gadang di Ateh berpotensi memiliki keanekaragaman bakteri termofilik cukup tinggi. Berdasarkan survey yang telah dilakukan, kedua sumber air panas ini bersifat basa dengan (pH 8,0), SAP MS memiliki suhu 93 °C sedangkan SAP SSA dengan suhu 75 °C. Jenis vegetasi alami disekitarnya yang cukup beragam dengan kondisi yang masih alami dan pH lingkungan basa diperkirakan akan didapatkan isolat bakteri termofilik dengan jumlah spesies yang beragam serta berpotensi menghasilkan xilanase.

Kandungan mineral yang terdapat pada sumber air panas tersebut memungkinkan mikroorganisme termofilik yang ada di dalam sumber air panas dapat bertahan hidup. Berdasarkan analisis yang dilakukan di Laboratorium Balai Riset Standarisasi Industri Sumatera Barat (2014) terhadap kandungan kimiawi sampel air panas Sapan Sungai Aro, teridentifikasi yaitu kalsium 1,107 mg/L, magnesium 0,262 mg/L, sulfat 163,5 mg/L, nitrat 0,025 mg/L dan besi < 0,050 mg/L. Sedangkan air panas Mudiak Sapan memiliki unsur kalsium sebanyak 2,908 mg/l, magnesium sebesar 0,121 mg/L, sulfat 204, 2 mg/L, dan besi 0, 111 mg/L. Madigan et al., (2010) menyatakan bahwa kandungan mineral berupa kalsium, magnesium, dan besi merupakan elemen yang dibutuhkan bakteri dalam proses msme.

Penapisan atau *screening* merupakan proses pendeteksian terhadap potensi bakteri termofilik dalam menghasilkan xilan seperti *Bacillus* sp. Bakteri ini merupakan salah satu bakteri termoxilanolitik yang berpotensi sebagai penghasil enzim termostabil xilanase ekstraselluler (Bataillon., 1998; Bai et al., 2010; Bharadwaj et al., 2008; Sarenthy et al., 2011). Selain itu beberapa peneliti melaporkan jenis bakteri termoxilanolitik pada beberapa SAP yaitu Singh et al., (2010) pada sumber air panas Manikaran, India sebagai *Paenibacillus ehemensis* , *Bacillus cereus* atau *B. thuringiensis* dan *B. subtilis*. Sumber air Panas Sonai, Sulawesi Utara juga memiliki bakteri termoxilanolitik *Pseudomonas* (Susilowati et al., 2012), sedangkan Ulfah (2011) menemukan bakteri termoxilanolitik *Bacillus halodurans* pada sumber air panas Cimanggung, Jawa Barat. Enzim xilanase juga mampu dihasilkan oleh bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* (Kumar et al., 2017), *B. pumilus* (Sharma et al., 2017) *Geobacillus* sp. (Canakci et al., 2012) dan *Paenibacillus* sp. (Mormeneo et al., 2012).

Beberapa jenis jamur seperti *Streptomyces* (Beg et al., 2000; Zhou et al., 2011 dan Lazim et al., 2009) *Aspergillus terricola* dan *A. ochraceus* (Michelin et al., 2012) juga teridentifikasi penghasil xilanase. Namun beberapa penelitian mikroorganisme termoxilanolitik lebih banyak difokuskan kepada bakteri karena waktu generasinya yang relatif singkat dibandingkan dengan jamur sehingga waktu fermentasi lebih cepat dan produk enzim xilanase lebih banyak dihasilkan (Prescott et al., 2002). Disamping itu kemampuan dari bakteri untuk hidup pada habitat yang lebih basa dan suhu yang lebih tinggi (suhu optimum diatas 50 °C) memungkinkan produk enzim xilanase yang dihasilkan dapat diaplikasikan ketika digunakan pada industri pulp. Industri kertas pada proses *biobleaching* pulp dilakukan pada suhu tinggi dan pH basa. Sedangkan jamur mempunyai kondisi optimum pH dan suhu lebih rendah dari bakteri. (Garg et al., 2011).

Bakteri termofilik merupakan salah satu mikroorganisme spesifik dan khas sebagai penghasil enzim xilanase alami yang aktif dan stabil pada suhu tinggi, pH alkali, sehingga banyak dimanfaatkan dalam dunia industri (Bocchini et al., 2008; Damiano et al., 2006). Mikroorganisme ini sangat mampu beradaptasi pada lingkungan ekstrim dan berpotensi diaplikasikan pada bidang bioteknologi (Morozkina et al., 2010). Enzim xilanase yang dihasilkan oleh bakteri termoxilanolitik berperan penting dalam industri terapan seperti industri pulp dan industri kertas, biokonversi bahan lignoselulosa pada produk fermentasi, penjernihan jus, industri pakan ternak serta bidang farmakologi (Canacki et al., 2012). Potensi bakteri termoxilanolitik juga ditemukan sebagai agen penghasil bioenergi (Marabessy et al., (2011)

Kebutuhan dunia industri terhadap enzim xilanase pada pasar global setiap dekade memperlihatkan peningkatan yang signifikan. Pada saat ini pasar global dunia untuk industri enzim, khususnya enzim xilanase menyumbang 25%-28% dari total penjualan enzim dunia. Peningkatan penjualan xilanase mencapai 2 trilyun dari tahun 2001 sampai pada tahun 2010 (Canacki et al., 2012). Penjualan enzim xilanase hampir 28% dari total penjualan enzim dunia. Xilanase merupakan enzim yang dibutuhkan dalam jumlah besar pada proses industri seperti, industri pulp, makanan ternak, pengelolaan limbah, industri pembangkit energi, produksi senyawa kimia yang memenuhi kebutuhan pasar dunia hampir 2 trilliun rupiah (Kapoor et al., 2007). Industri pulp terbesar adalah Canada yang merupakan produser industri pulp terbesar dunia dan menggunakan enzim xilanase dengan kapasitas hampir 10% untuk proses pemutihan pulp (Tolan et al. , 1996)

Enzim xilanase atau disebut juga Endo β -1,4-xilanase adalah enzim yang berfungsi menghidrolisis xilan. Xilan adalah komponen utama dari hemisellusa. Xilan berikatan secara kovalen dengan sellulosa, lignin, pektin dan polisakarida (Canacki et al. , 2012). Proses pemutihan pada industri pulp yaitu proses penghilangan lignin dari pulp merupakan salah satu tahapan untuk mendapatkan bubur kertas dengan tingkat kecerahan yang lebih sempurna. Aksi xilanase dalam proses pemutihan yaitu memecahkan ikatan xilosa-xilosa dalam rantai xilan sehingga ikatan antara sisa lignin dan karbohidrat menjadi pecah. Artinya xilanase bertindak sebagai enzim yang memfasilitasi pemutusan rantai xilan dengan lignin. (Bajpai et al., 2004). Proses pemutihan memerlukan suhu tinggi dan pH basa serta stabil. Potensi ini bisa ditemukan pada mikroorganisme termofilik yaitu mikroorganisme dengan habitat yang bersuhu tinggi seperti pada jamur dan bakteri termofilik (Garg et al., 2011).

Industri pulp kertas merupakan industri yang paling banyak membutuhkan enzim xilanase. Enzim xilanase berperan dalam meningkatkan ekstraksi lignin dan melepaskan kromofor dari pulp sehingga dapat meningkatkan derajat putih dan kecerahan pulp serta stabil

selama penyimpanan (tidak menguning). Penggunaan Enzim xilanase mengurangi jumlah klorin yang digunakan pada proses pemutihan. Klorin bersifat persisten, mutagenik dan bioakumulatif terhadap manusia. Aktivitas xilanase yang dihasilkan bakteri termofilik *Bacillus* mampu mengurangi penggunaan klorin sebanyak 30% pada industri pulp (Kiddnamoorthy , 2008). *Bacillus pumilus* dalam memproduksi enzim xilanase juga mampu mengurangi pemakaian klorin sebanyak 17% untuk pemutihan kertas pada pulp (Garg et al., 2011)

Jumlah pabrik pulp yang sudah beroperasi di Indonesia saat ini lebih dari 81 perusahaan. Dari kondisi ini dapat diperkirakan berapa besarnya pencemaran yang dihasilkan oleh industri pulp karena pemakaian bahan kimia yang tidak dapat dihindarkan (Haroen dan Artiningsih, 2004). Penggunaan bahan kimia dalam industri pulp dan kertas terjadi pada proses pemutihan (*bleaching*). Proses pemutihan biasanya dilakukan bertahap: tahap klorinasi, ekstraksi, dan penambahan klorin dioksida. Dari tahapan tersebut klorin memegang peranan penting, sedangkan klorin adalah bahan beracun bersifat mutagenik, persisten dan dapat merusak lingkungan.

Pada era bioteknologi, kecenderungan proses industri untuk menggunakan senyawa biologi seperti bakteri merupakan pilihan alternatif karena memiliki keuntungan, antara lain produk yang dihasilkannya murni dan ramah lingkungan.

Saat ini aplikasi xilanase pada industri pulp dan kertas sangat jarang karena adanya beberapa kendala yang dihadapi diantaranya belum tersedianya xilanase komersial yang sesuai dengan kondisi proses prapemutihan pulp yaitu tahan suhu tinggi atau termostabil ($60 - 70^{\circ}\text{C}$) dan pH alkali, enzim bersifat eksotik (bukan organik). Xilanase komersial yang tersedia di pasaran memiliki suhu optimum yang kurang dari 50°C dengan pH asam atau netral, sehingga kurang sesuai dengan kondisi proses prapemutihan pulp. Beberapa contoh xilanase komersial adalah irgazyme (pH 5, suhu 55°C), Cartazym HS-10 (pH 3-6, suhu $30-50^{\circ}\text{C}$), Pulpzyme HB (pH 6-8, suhu $50-55^{\circ}\text{C}$) dan Novozym (pH 8, suhu 40°C)

(Dhillon et al., 2000).

Substitusi penggunaan senyawa klorin dengan enzim xilanase yang dihasilkan bakteri termoxilanolitik menjadi hal yang patut dipertimbangkan. Pemakaian enzim ini memiliki banyak keunggulan seperti dapat menghemat energi, mengurangi kebutuhan bahan kimia dan aman bagi lingkungan serta dapat meningkatkan kekuatan pulp dan kertas.

Produksi xilanase yang tinggi dari bakteri thermoxilanolitik dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain optimisasi mikroba seperti pH, suhu (Garg et al.,2011). Penelitian Susilowati et al., (2012) bahwa bakteri termoxilanolitik *Pseudomonas* mempunyai kemampuan yang tinggi dalam memproduksi enzim xilanase pada sekam padi, dengan pH optimum 9, suhu

optimum 50 °C Sedangkan Nagar et al.,(2010) memanfaatkan dedak gandum sebagai substrat yang akan didekomposisi *Bacillus pumilus* bisa mempertahankan aktivitas enzim 50% setelah diinkubasi 1 jam pada suhu 60 °C. Kiddnamoorthy et al.,(2008) memanfaatkan limbah dedak gandum sebagai substrat yang didekomposisi *Bacillus* dalam menghasilkan aktivitas enzim tertinggi dengan kondisi optimum pH 7 dan suhu 70 °C.

Produksi enzim xilanase dengan aktivitas tinggi dan dalam skala besar memerlukan biaya yang cukup mahal. Teknologi amobilisasi sel bakteri merupakan solusinya, menggunakan metode penjebakan dengan Ca-alginat. Teknik penjebakan tersebut diketahui sel amobilnya dapat digunakan secara berulang dan mudah dipisahkan dari produk juga biayanya murah dan tidak toksik (Kar et al., 2008). Hasil penelitian Kapoor et al., (2007) menyatakan bahwa amobilisasi bakteri *Bacillus pumilus* strain MK001 dengan Ca-alginat menghasilkan aktivitas spesifik enzim xilanase yang lebih tinggi (125 IU/mg) dibandingkan dengan poliakrilamid (120 IU/mg) dan Chitosan (26 IU/mg) serta silica (20 IU/mg).

Berdasarkan latar belakang diatas maka telah dilakukan penelitian tentang keanekaragaman bakteri termoxilanolitik dari habitat air panas Solok Selatan dan potensinya sebagai aditif pemutih pulp.

B. RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimanakah keanekaragaman dari bakteri termofilik penghasil xilanase di dalam sumber Air Panas Solok Selatan (Mudiak Sapan (MS) dan Sapan Sungai Aro (SSA).
2. Bagaimanakah optimasi faktor ekstrinsik dilakukan untuk meningkatkan produktifitas bakteri termoxilanolitik penghasil xilanase.
3. Bagaimanakah karakteristik xilanase dari bakteri termoxilanolitik
4. Apakah xilanase dari bakteri SAP MS dan SSA berpotensi sebagai aditif pemutih pada pulp (bubur kertas)

C. TUJUAN PENELITIAN

1. Menentukan keanekaragaman dari bakteri termofilik penghasil xilanase di dalam sumber air panas Mudiak Sapan dan Sapan Sungai Aro, Solok Selatan.
2. Optimasi lingkungan ekstrinsik (sel bebas dan sel amobil) untuk meningkatkan produktifitas bakteri termoxilanolitik dalam menghasilkan xilanase.

3. Menentukan karakteristik xilanase dari bakteri termoxilanolitik pada suhu, pH dan waktu interaksi Enzim-Substrat.
4. Menguji kemampuan xilanase dari bakteri lokal yang berpotensi sebagai bahan aditif pada pemutihan pulp.

D. HIPOTESIS PENELITIAN

1. Ada perbedaan jumlah taksa bakteri termofilik antara Sumber Air Panas Mudiak Sapan dengan Sapan Sungai Aro
2. Xilanase dari bakteri lokal berpotensi sebagai bahan aditif pada pemutih pulp yang ramah lingkungan

E. MANFAAT PENELITIAN

1. Mengisi kazarah ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang biodiversiti bakteri termoxilanolitik dan pemanfaatanya secara berkelanjutan
2. Memberikan dampak produktifitas dalam penyediaan sumber xilanase termostabil untuk memenuhi kebutuhan industri kertas
3. Memberikan informasi ilmiah yang dapat digunakan terkait dengan dampak mutu lingkungan

F. KEBARUAN PENELITIAN

Menemukan strain bakteri termoxilanolitik baru sebagai bahan pemutih pulp.

