

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Meningkatnya jumlah populasi penduduk di Indonesia berdampak pada tingginya kebutuhan energi. Sumber energi yang paling banyak digunakan di Indonesia dan di dunia adalah energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Meskipun emisi dari bahan bakar fosil memberikan dampak buruk terhadap lingkungan, namun sumber energi fosil ini merupakan yang paling banyak dimanfaatkan untuk pembangkit listrik, pengembangan industri, bahan bakar kendaraan, dan lain-lain. Karenanya ketersediaan bahan bakar fosil yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui terus mengalami penurunan. Sehingga penelitian dilakukan untuk mencari sumber energi yang terbarukan, salah satunya bioetanol. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif merupakan upaya untuk mengurangi konsumsi masyarakat terhadap bahan bakar fosil, hal ini sejalan dengan Peraturan Presiden (Perpres) Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, adalah melalui pengembangan energi terbarukan berbasis nabati atau disebut Bahan Bakar Nabati (BBN).

Bioetanol dengan kadar di atas 99,5% dicampur dengan bensin yang kemudian disebut sebagai gasohol. Saat ini pemanfaatan bioetanol terbanyak yaitu sebagai bahan bakar kendaraan bermotor (92%) sedangkan sisanya digunakan pada industri minuman, pelarut dan juga bahan kimia (Duryatmo, 2015). Peningkatan harga minyak mentah dunia saat ini yang menembus USD 71/barel pada pertengahan tahun 2018 ini, kepedulian masyarakat dunia terhadap lingkungan serta peningkatan permintaan bahan bakar menyebabkan kebutuhan terhadap bioetanol meningkat dengan sangat pesat.

Bioetanol (C_2H_5OH) merupakan etanol yang dibuat dari biomassa tumbuhan. Bioetanol sudah digunakan secara luas di Amerika Serikat sebagai campuran bensin menjadi *biofuel*. Bahan baku yang biasa digunakan dalam pembuatan bioetanol adalah tumbuhan yang mengandung pati seperti gandum, jagung, singkong, dan tebu. Namun penggunaan bahan baku tersebut memakan 40-70% dari keseluruhan total biaya produksi (Classeen *et al.*, 1999). Hal ini kurang disarankan karena mengingat penyebaran teknologi ini sangat penting sehingga dibutuhkan bahan baku

yang lebih murah dan tidak bersaing dengan bahan pangan. Sehingga saat ini dikembangkan bioetanol yang dihasilkan dari lignoselulosa. Dengan prinsip bahwa lignoselulosa merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan maka bioetanol dapat diproduksi dari bagian-bagian tumbuhan yang sudah tidak terpakai seperti tongkol jagung, kulit pisang, ataupun jerami.

Indonesia sebagai negara agraris memiliki wilayah pertanian yang luas sehingga menghasilkan limbah jerami padi yang melimpah setiap tahunnya. Luas lahan pertanian padi tahun 2013 di Indonesia menurut data Badan Pusat Statistik (2014) yaitu 13,84 juta ha. Potensi etanol dari substrat jerami padi menurut Kim dan Dale (2004) adalah sebesar 0.28 L/kg jerami atau sebanyak 280ml etanol dari 1 kg jerami. Data dari BPS (2014) produksi padi di Indonesia tahun 2013 sebesar 71,28 juta ton gabah kering giling (GKG), maka total berat jerami padi yang dihasilkan dapat diperkirakan sebesar 71,28-99,79 juta ton. Limbah jerami merupakan limbah pertanian terbanyak di Indonesia, karena produksinya merupakan yang terbesar di Indonesia dibandingkan dengan makanan pokok lainnya, yaitu jagung dengan total 18,51 juta ton.

Jerami padi diketahui memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu mencapai 34,2% berat kering, 24,5% hemiselulosa serta kandungan lignin hingga 23,4% (Kurniasari *et al.*, 2008). Jerami padi yang merupakan biomassa berselulosa memiliki struktur yang kompleks sehingga lebih sulit didegradasi dibanding material yang berbahan dasar pati. Kandungan polisakarida (selulosa dan hemiselulosa) pada jerami padi harus dikonversi dahulu menjadi gula hidrolisat. Gula hidrolisat dalam istilah industri dikenal dengan gula fermentasi. Gula hidrolisat merupakan gula yang dihasilkan melalui proses sakarifikasi dari polisakarida yang dapat digunakan untuk produksi berbagai komoditas seperti etanol, asam asetat, dan bahan kimia lainnya (Peristiwati *et al.*, 2011). Karenanya produksi bioetanol dari bahan berselulosa dibutuhkan tiga tahapan utama yakni hidrolisis, dan fermentasi (Kurniasari *et al.*, 2008).

Tujuan dari proses praperlakuan adalah untuk memecah struktur lignin, memecah kristal selulosa, meningkatkan porositas bahan, memecah hemiselulosa, dan depolimerisasi hemiselulosa (Sun dan Cheng, 2002). Salah satu proses pada jerami padi dilakukan dengan delignifikasi. Delignifikasi merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks. Proses delignifikasi penting

dilakukan sebelum hidrolisis bahan yang mengandung lignoselulosa, sebab lignin dapat menghambat penetrasi asam atau enzim sebelum hidrolisis berlangsung (Sun dan Tao, 2013). Dengan pemberian perlakuan delignifikasi pada substrat maka selulosa diharapkan menjadi lebih mudah dihidrolisis oleh enzim selulase.

Hidrolisis substrat dengan kandungan lignoselulosa dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu: hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatik. Hidrolisis asam dapat melarutkan hemiselulosa, mengurangi kristalinitas selulosa dan meningkatkan porositas bahan. Asam yang biasa digunakan pada hidrolisis adalah asam sulfat (Saha *et al.*, 2003). Asam ini akan memecah ikatan eter heterosiklik antara monomer gula dalam rantai polimer yang dibentuk oleh hemiselulosa dan selulosa. Produk yang dihasilkan merupakan senyawa campuran berupa xilosa, arabinosa, dan glukosa. Selain itu dihasilkan produk samping berupa oligomer, furfural, dan asam asetat (Faisal, 2008). Menurut Ye Sun dan Cheng (2005) pemberian asam encer pada suhu 140-160°C dapat meningkatkan pelarutan xylan dan derajat penguraian selulosa oleh enzim sebesar 75-90%. Hidrolisis enzimatik dilakukan dengan menggunakan enzim hemiselulase untuk memecah hemiselulosa, dan enzim selulase untuk memecah selulosa menjadi monomer gula yang lebih sederhana.

Zymomonas mobilis merupakan bakteri yang telah digunakan sebagai agen fermentasi pada pembuatan minuman beralkohol. Mikroorganisme ini memiliki sifat-sifat unggul diantaranya produksi etanol yang tinggi, selektivitas fermentasi yang tinggi, toleransi tinggi terhadap alkohol dan inhibitor serta memiliki cakupan pH fermentasi yang luas yaitu pH 3,5-7,5 (Rogers *et al.*, 1984, 2007; Gunasekaran & Raj, 1999; Dien *et al.*, 2003) *Zymomonas mobilis* telah disarankan menjadi salah satu mikroorganisme yang penting dalam proses pembuatan etanol karena mampu mencapai 5-10% etanol lebih tinggi dan hingga lima kali lipat produksi volumetrik dibandingkan dengan fermentasi ragi tradisional (Lawford, 1988).

Zymomonas mobilis mampu menghasilkan etanol dari substrat sampah pertanian, dan dapat mengkonversi glukosa, xilosa dan arabinosa menjadi etanol (Pranavya *et al.*, 2015; Peristiwa, 2011). Dalam penelitian Gu *et al.* (2015) pada fermentasi limbah jagung dengan metode SSF menunjukkan bahwa *Z. mobilis* memiliki kinerja pertumbuhan sel sebesar $2,8 \times 10^8$ CFU/mL dan fermentasi etanol sebesar 54,42 g/L yang lebih baik dibandingkan dengan *S. cerevisiae* dengan pertumbuhan sel $2,9 \times 10^7$ CFU/mL dan etanol 48,6 g/L.

Pichia stipitis dapat menggunakan arabinosa, glukosa dan silosa untuk memproduksi etanol (Peristiwa, 2011). Menurut Laplace (1991) beberapa jenis ragi salah satunya *Pichia stipitis* dapat memfermentasi xilosa dan heksosa dengan hasil etanol relatif tinggi namun memiliki toleransi terhadap etanol yang rendah. Etanol dengan konsentrasi diatas 30 hingga 35 g/L dapat menghambat reaksi fermentasi.

Berdasarkan pemaparan pada paragraf-paragraf sebelumnya, pada penelitian ini akan dilakukan fermentasi terhadap substrat lignoselulosa jerami padi menggunakan khamir *P.stipitis* dan *Z. mobilis*. Sebelum fermentasi, dilakukan praperlakuan pada jerami padi menggunakan larutan NaOH 2% pada suhu 121⁰C, tekanan 15 psi selama 30 menit. Kemudian dilakukan hidrolisis enzimatik terhadap hasil praperlakuan menggunakan enzim komersial selulase dan hemiselulase.

B. Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dirumuskan masalah sebagai berikut: Bagaimana kadar bioetanol hasil fermentasi gula hidrolisat serbuk jerami padi (*Oryza sativa*, Linn) menggunakan kultur tunggal *Z. mobilis* dan *P. stipitis* serta konsorsium keduanya?

C. Pertanyaan Penelitian

1. Berapakah jumlah biomassa sel pada konsentrasi etanol tertinggi hasil fermentasi gula hidrolisat serbuk jerami padi (*Oryza sativa*, Linn) oleh *Z. mobilis*, *P. stipitis* dan konsorsiumnya?
2. Berapakah konsentrasi etanol tertinggi hasil fermentasi gula hidrolisat serbuk jerami padi (*Oryza sativa*, Linn) oleh *Z. mobilis*, *P. stipitis* dan konsorsiumnya?

D. Batasan Masalah

Agar permasalahan dalam penelitian ini sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka terdapat batasan masalah yang meliputi:

1. Substrat yang digunakan adalah jerami padi yang sudah dikeringkan dan digiling sampai berukuran 100 mesh (0,149 mm), yaitu dengan menyaring serbuk menggunakan sieve berukuran 100 mesh.
2. Kultur stren fermenter yang digunakan adalah *Z. mobilis* dan *P. stipitis*.
3. Hidrolisis asam menggunakan H₂SO₄ encer.
4. Hidrolisis enzimatik menggunakan enzim komersial selulase Celluclast 1.5 L Novozyme, dan hemiselulase H2125 Aspergillus niger Sygma-Aldrich.

5. Waktu fermentasi gula hidrolisat jerami padi oleh kultur *Z. mobilis*, *P. stipitis* dan konsorsiumnya yaitu 72 jam.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui jumlah biomassa sel pada fermentasi gula hidrolisat serbuk jerami padi (*Oryza sativa*, Linn) oleh *Z. mobilis*, *P. stipitis* dan konsorsiumnya?
2. Untuk mengetahui konsentrasi etanol tertinggi hasil fermentasi gula hidrolisat serbuk jerami padi (*Oryza sativa*, Linn) oleh *Z. mobilis*, *P. stipitis* dan konsorsiumnya?

F. Manfaat Penelitian

Adanya penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat, diantaranya:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai kemampuan *Z. mobilis* dan *P. stipitis* dalam menghasilkan bioetanol baik sebagai kultur tunggal maupun konsorsiumnya
2. Memberikan informasi tentang metode pengolahan jerami padi sebagai bahan baku penghasil gula hidrolisat yang dapat digunakan sebagai bahan untuk fermentasi penghasil etanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM konvensional.
3. Sebagai bahan acuan bagi penelitian selanjutnya mengenai produksi bioetanol dari jerami padi

G. Asumsi

- a. Jerami padi mengandung selulosa (32-47%), hemiselulosa (19-27%) dan lignin (5-24%) sehingga berpotensi sebagai substrat fermentasi menghasilkan etanol (Saha, 2003).
- b. Enzim selulase dapat menghidrolisis selulosa menghasilkan glukosa, dan enzim hemiselulase dapat menghidrolisis hemiselulosa (Anindyawati, 2009).
- c. Pada konsentrasi gula 5%, nilai konversi tepung empulur sagu yang dihasilkan *Zymomonas mobilis* yaitu sebesar 1,62% (v/v) di jam ke 48, *Pichia stipitis* sebesar 1,18% (v/v) di jam ke 60, sedangkan kultur konsorsium keduanya sebesar 2,37% (v/v) di jam ke 48 (Peristiwa, 2011).
- d. Fermentasi gula yang terdiri dari 30 g/l glukosa dan 20 g/l silosa oleh kultur campuran *Zymomonas mobilis* dan *Pichia stipitis* menghasilkan etanol sebesar 0,49-0,50 g/g (Fu *et al.*, 2009).

H. Hipotesis

Fermentasi gula hidrolisat jerami padi menggunakan kultur konsorsium *Z. mobilis*-*P.stipitis* menghasilkan hasil etanol yang lebih tinggi dibandingkan dengan kultur tunggal *Z. mobilis* dan *P.stipitis*.

I. Struktur Organisasi Skripsi

Gambaran lebih jelas dari keseluruhan skripsi ini disajikan dalam struktur organisasi berikut yang menggambarkan isi dari setiap bab dalam skripsi:

1. Bab 1 Pendahuluan

Bagian ini merupakan bagian awal dari skripsi yang menguraikan latar belakang penelitian yaitu sebab penelitian ini dilakukan yang dikaitkan dengan masalah yang ditemukan serta didukung oleh penelitian sebelumnya yang berkaitan. Secara spesifik, pada bagian latar belakang membahas alasan ilmiah digunakannya jerami padi sebagai substrat fermentasi, alasan penggunaan *Z. mobilis* dan *P.stipitis* sebagai strain fermenter, serta alasan dari metode yang digunakan pada praperlakuan, hidrolisis hingga fermentasi. Selain latar belakang penelitian, terdapat pula rumusan masalah penelitian, pertanyaan penelitian, batasan masalah agar penelitian sesuai dengan tujuan yang diharapkan, tujuan penelitian, manfaat penelitian baik secara teoritis maupun praktis, asumsi berdasarkan penelitian sebelumnya yang dapat mendukung penelitian ini, hipotesis serta struktur organisasi skripsi yang menjabarkan isi dari skripsi secara umum.

2. Bab 2 Kajian Pustaka

Bagian ini berisi tentang kajian teori-teori yang berkaitan dengan judul skripsi yang dikemukakan secara deskriptif, berfokus dan berdasarkan rujukan terkini. Kajian teori dipaparkan secara berurutan dimulai dari objek penelitian kemudian proses yang terjadi pada penelitian. Bagian ini terdiri dari kajian teori mengenai jerami padi yang secara spesifik membahas kandungannya yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Kemudian membahas strain fermentasi, khususnya strain yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu khamir *P. stipitis* dan *S. cerevisiae*. Pada bagian akhir dibahas mengenai fermentasi etanol yang juga memaparkan tinjauan mengenai praperlakuan dan hidrolisis. Selain itu, dipaparkan juga mengenai penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

3. Bab 3 Metode Penelitian

Bagian ini mencakup prosedur penelitian yang dipaparkan secara rinci termasuk desain dan jenis penelitian, populasi dan sampel, waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian secara rinci dan kronologis (mulai dari tahap persiapan, tahap penelitian dan pengukuran parameter), analisis statistik serta bagan alir penelitian secara umum namun mudah dimengerti.

4. Bab 4 Temuan dan Pembahasan

Bagian ini berisi hasil dari penelitian yang terdiri dari temuan dan pembahasan yang dipaparkan secara tematik. Urutan pembahasannya berdasarkan tahapan penelitian dan pertanyaan penelitian, yaitu kurva pertumbuhan dan kurva baku khamir *Z. mobilis* dan *P. stipitis*, praperlakuan pada jerami padi, hidrolisis enzimatis jerami padi serta fermentasi gula hidrolisat jerami padi. Temuan dipaparkan berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data sedangkan pembahasan berisi jawaban dari pertanyaan penelitian yang telah disusun serta menjelaskan temuan dari penelitian. Pada bagian ini, dipaparkan juga kelebihan dari penelitian berdasarkan temuan yang dikaitkan dengan aplikasinya untuk masyarakat.

5. Bab 5 Simpulan, Rekomendasi dan Implikasi

Bagian ini merupakan penutup yang disajikan dalam bentuk uraian padat berisi tentang simpulan, rekomendasi dan implikasi. Simpulan memaparkan hasil penelitian yang menjawab pertanyaan penelitian secara singkat sehingga dapat menjadi pemecahan masalah. Simpulan tidak lagi memunculkan angka-angka hasil uji statistika. Rekomendasi ditujukan kepada pembaca mengenai saran-saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan kelemahan dari penelitian ini agar didapatkan temuan yang lebih baik lagi. Implikasi menjelaskan hal-hal penting yang dapat dimanfaatkan dari penelitian ini.

