

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan Indonesia akan energi minyak bumi telah memberikan dampak terhadap perubahan iklim dunia. Saat ini telah banyak dikembangkan dan mengarah pada pemanfaatan energi yang berasal dari sumber energi terbarukan, salah satu contoh sumber energi terbarukan adalah biomassa dengan kandungan lignoselulosa. Indonesia sebagai negara penghasil biomassa yang cukup melimpah, biomassa di Indonesia berasal dari limbah pertanian, limbah perkebunan, limbah industri maupun limbah rumah tangga. Contoh biomassa dengan kandungan lignoselulosa adalah tandan kosong kelapa sawit, tongkol jagung, bags tebu, dan lain – lain. Dengan demikian Indonesia memiliki peluang dalam pengembangan teknologi konversi biomassa menjadi sumber energi, salah satu energi tersebut yaitu bioetanol (Oktavia dkk, 2011). Bioetanol adalah bahan bakar etanol (*ethyl alcohol*) dengan rumus kimia C_2H_5OH . Sumber bahan baku yang paling mudah untuk dikonversi menjadi bioetanol adalah bahan baku yang mengandung glukosa, karena bahan baku yang mengandung glukosa melewati tahapan proses pembentukan yang lebih sederhana, namun bahan baku yang mengandung glukosa lebih banyak dimanfaatkan dalam bidang pangan, untuk itu produksi bioetanol banyak dikembangkan dari sumber bahan baku yang mengandung selulosa (Gunam dkk, 2011). Ampas tebu termasuk biomassa karena memiliki kandungan lignoselulosa yang dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui proses delignifikasi dan hidrolisis untuk memecah senyawa lignoselulosa menjadi senyawa karbohidrat sederhana.

Ampas tebu mengandung serat kasar berupa senyawa lignoselulosa (senyawa kompleks hemiselulosa, selulosa, dan lignin) yang potensial untuk dikembangkan menjadi sumber energi seperti bioetanol. Ampas tebu merupakan limbah padat sisa penggilingan batang tebu (*Saccharum officinarum*). Ketersediaan ampas tebu cukup melimpah hal ini sejalan dengan banyaknya pabrik gula di Indonesia yang dikelola oleh Negara (PT Perkebunan Nusantara/PTPN) maupun dikelola oleh swasta. Data yang diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara VII tahun 2020 menunjukkan jumlah tebu yang digiling di

PTPN VII sebanyak 971,500 ton. Dari jumlah tebu yang digiling tersebut, ampas tebu yang dihasilkan sebesar 97,15 ton. Sebagian besar pabrik gula memanfaatkan sekitar 50% dari ampas tebu sebagai bahan bakar boiler, termasuk PTPN VII. Sisa ampas tebu tersebut ditimbun sebagai buangan yang memiliki nilai ekonomis rendah. Penimbunan ampas tebu dalam waktu tertentu dapat menimbulkan permasalahan, karena bahan ini mudah terbakar, menyita lahan yang luas untuk penyimpanan dan mencemari lingkungan sekitar seperti menimbulkan bau tidak sedap akibat fermentasi alami, dan dapat meningkatkan ambien suhu (Restiawaty dkk, 2020).

Berbagai upaya pemanfaatan ampas tebu terus dilakukan untuk mengurangi penimbunan ampas tebu dalam jumlah besar dan waktu lama, diantaranya adalah ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, pulp dan *particle board*, namun upaya ini dirasa masih belum mampu mengatasi permasalahan ampas tebu. Salah satu pertimbangan yang mendasari pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan baku bioetanol karena ampas tebu merupakan biomassa lignoselulosa yang memiliki kadar selulosa yang dapat dikonversi menjadi bioetanol sebagai salah satu energi terbarukan. Penelitian ini berupaya untuk memberikan alternatif lain dari pemanfaatan ampas tebu yang sudah ada.

Penelitian produksi bioetanol dengan bahan baku lignoselulosa telah banyak dilakukan salah satu contoh (Jannah dan Tamzil 2017) memanfaatkan sabut kelapa sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dengan proses *acid pretreatment* menghasilkan kadar etanol sebesar 5,78%, sedangkan (Yuniarti dkk, 2018) menggunakan ampas tebu sebagai bahan baku dalam produksi bioetanol menggunakan *alkali pretreatment* menghasilkan kadar etanol sebesar 4,91%. Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti bermaksud untuk mengkaji produksi bioetanol menggunakan bahan baku limbah ampas tebu dengan proses *acid pretreatment* menggunakan H_2SO_4 dan hidrolisis menggunakan HCl. Limbah ampas tebu yang digunakan sebagai bahan baku didapatkan dari PT. Perkebunan Nusantara VII Distrik Bungamayang.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pemanfaatan limbah ampas tebu dalam produksi bioetanol dengan proses *acid pretreatment* adalah :

1. Mengetahui kadar selulosa dan lignin dalam ampas tebu setelah proses *acid pretreatment*.
2. Mengetahui konsentrasi H_2SO_4 terbaik untuk menurunkan kadar lignin.
3. Mengetahui kadar gula pereduksi yang terbentuk dari proses hidrolisis.
4. Mengetahui kadar etanol yang dihasilkan dari limbah ampas tebu dengan proses *acid pretreatment* menggunakan metode berat jenis.

1.3 Kerangka Pemikiran

Ampas tebu yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini adalah limbah padat dari proses penggilingan tebu menjadi gula. Proses penggilingan tersebut menghasilkan residu berupa ampas tebu, dimana ampas tebu tersebut masih mengandung komponen lignoselulosa yang dapat dikonversi menjadi bioetanol, lignoselulosa tersebut berupa 40,59% selulosa, 41,91% hemiselulosa, dan 17,50% lignin (Gunam dkk, 2011). Pada proses produksi bioetanol dengan bahan baku ampas tebu yang mengandung lignoselulosa harus dilakukan *pretreatment* berupa delignifikasi, yang bertujuan untuk memisahkan ikatan antara lignin dan selulosa, mengurangi kristalinitas selulosa dan meningkatkan porositas bahan (Oktavia dkk, 2011).

Pretreatment atau delignifikasi dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan asam yaitu H_2SO_4 dengan 3 konsentrasi berbeda (3, 5, 7)%, dimana menurut (Jannah dan Tamzil 2017) konsentrasi H_2SO_4 yang memberikan hasil optimum dalam mengkonversi sabut kelapa menjadi bioetanol yaitu 5%. Menurut (Herawati dkk, 2019) senyawa asam kuat menghasilkan penurunan kadar lignin paling tinggi dibanding dengan senyawa basa kuat, hal ini terjadi karena asam kuat lebih reaktif dalam memecah dan melarutkan lapisan lignin. Proses *acid pretreatment* termasuk dalam proses *pretreatment* secara kimia, proses ini dipilih karena ditinjau dari aspek keseluruhan biaya operasional produksi yang lebih rendah dibanding dengan *pretreatment* secara biologi menggunakan mikroorganisme pendegradasi kayu, dari proses *acid pretreatment* didapatkan

konsentrasi H_2SO_4 terbaik dalam menurunkan kadar lignin pada bahan baku ampas tebu.

Proses produksi bioetanol akan dilakukan dengan empat tahapan proses yaitu, *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Hidrolisis dilakukan menggunakan HCl sebagai katalis asam untuk mengubah selulosa menjadi glukosa. Fermentasi dilakukan terhadap sampel dengan hasil *pretreatment* terbaik yaitu sampel dengan kadar selulosa tertinggi, fermentasi dilakukan untuk menghasilkan bioetanol dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae* selama 5 hari pada suhu ruangan secara anaerob. Pemilihan *S.cerevisiae* sebagai katalis dalam mengkonversi senyawa gula sederhana menjadi etanol karena *S.cerevisiae* memiliki daya konversi gula menjadi etanol yang tinggi sekitar 18% (Lin dan Tanaka, 2006). Distilasi dilakukan untuk memurnikan produk bioetanol yang dihasilkan.

Melihat kandungan lignoselulosa dalam ampas tebu yang dapat dikonversi menjadi bioetanol, maka penelitian ini mengkaji tentang pemanfaatan limbah ampas tebu sebagai bentuk pengembangan produk dari limbah ampas tebu dan untuk membantu mengoptimalkan pengolahan limbah khususnya limbah ampas tebu. Penelitian produksi bioetanol dengan bahan baku lignoselulosa telah dilakukan oleh (Jannah dan Tamzil 2017) memanfaatkan sabut kelapa sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dengan konsentrasi H_2SO_4 5% pada proses *pretreatment* serta waktu fermentasi optimum dihari kelima menghasilkan kadar bioetanol sebesar 5,7768% dan (Yuniartidkk, 2018) menggunakan ampas tebu sebagai bahan baku dalam produksi bioetanol menghasilkan kadar etanol sebesar 4,91% dengan lama waktu fermentasi 7 hari.

1.4 Hipotesis

Semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 maka semakin tinggi pula kandungan selulosa setelah proses *acid pretreatment* dan semakin rendah kandungan lignin.

1.5 Kontribusi

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi antara lain :

1. Membantu mengoptimalkan pengolahan limbah khususnya limbah ampas tebu.
2. Bermanfaat sebagai bahan informasi tambahan dalam pengolahan limbah ampas tebu untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi bioetanol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Ampas Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula. Tebu hanya dapat ditanam di daerah beriklim tropis dengan umur tanam hingga panen mencapai ± 1 tahun (Anshori, 2008). Ampas tebu (*baggase*) merupakan hasil samping dari proses penghancuran dan ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Menurut (Hidayati, 2016) jumlah ampas tebu sekitar 10% dari berat tebu yang digiling, ampas tebu sebagian besar mengandung lignoselulosa. Ampas tebu memiliki karakteristik secara fisik berwarna kekuningan, berserat (berserabut) dan lunak. Komposisi penyusun tanaman tebu dan ampas antara lain :

Tabel 1. Komposisi Penyusun Tanaman Tebu dan Ampas Tebu

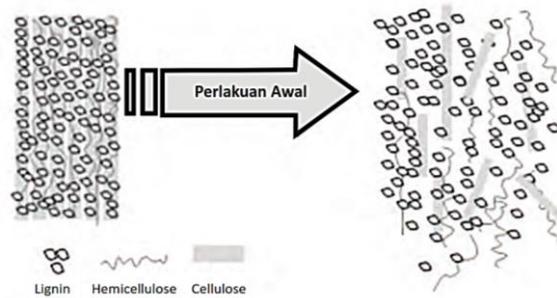
Komposisi Penyusun Tanaman Tebu			Komposisi Penyusun Ampas Tebu	
No	Kandungan	Jumlah (%)	Nama Bahan	Jumlah (%)
1	Gula	8,0	Selulosa	45
2	Tetes	3,5	Pentosa	32
3	Blotong	5,0	Lignin	18
4	Ampas Tebu	83,5	Lain – Lain	5

Sumber : Anshori, 2008

Dalam proses pengolahan tebu menjadi gula, tidak semua tebu dikonversi menjadi gula, masih terdapat residu padat yang mengandung karbohidrat khususnya kandungan selulosa yang tinggi seperti pada Tabel 1. Menjadikan ampas tebu berpotensi menjadi sumber bahan baku bioetanol, penggunaan ampas tebu ini sebagai salah satu alternatif dalam membantu mendaur ulang sumber daya alam dan merupakan salah satu cara pengolahan limbah pabrik gula. Sebagian besar pabrik gula memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar boiler dan beberapa penelitian memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan baku pada industri kertas, *particle board*, makanan ternak dan lain – lain (Anshori, 2008).

2.2 Lignoselulosa

Lignoselulosa merupakan biomassa yang terdiri atas komponen polimer karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa), lignin, dan senyawa – senyawa yang larut dalam air yang jumlahnya bervariasi tergantung sumbernya. Selulosa, hemiselulosa, dan lignin membentuk struktur yang disebut mikrofibril, yang kemudian bergabung membentuk struktur makrofibril. Struktur inilah yang menyebabkan dinding sel tanaman menjadi stabil dan kuat (LIPI, 2019). Komponen terpenting dalam ampas tebu yang dapat dikonversi menjadi bioetanol adalah komponen polisakarida. Namun komponen dari lignoselulosa yang memiliki struktur paling kuat adalah lignin, sehingga keberadaan lignin menjadi penghambat dalam konversi polisakarida menjadi bioetanol. Oleh karena itu banyak penelitian dibidang biomassa yang terus mengembangkan upaya untuk mendegradasi lignin (Trisakti dkk, 2015).

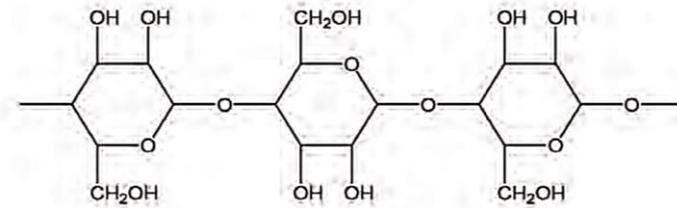


Gambar 1. Perlakuan Awal Lignoselulosa
Sumber : LIPI, 2019

2.2.1 Selulosa

Selulosa dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$ adalah karbohidrat alami golongan polisakarida dan menjadi komponen utama dalam setiap struktur tanaman. Selulosa terdiri atas unit monomer D-glukosa yang terikat melalui ikatan β -1-4-glikosidik, dimana dua unit glukosa yang berdekatan bersatu dengan mengeliminasi satu molekul air diantara gugus hidroksil pada C1 dan C4. Karakteristik glukosa adalah berwarna putih dan berbentuk serat, sukar larut dalam air maupun pelarut organik dan memiliki rantai seragam (Hermiati dkk, 2010). Selulosa melalui ikatan inter dan intramolekul membentuk mikrofibril

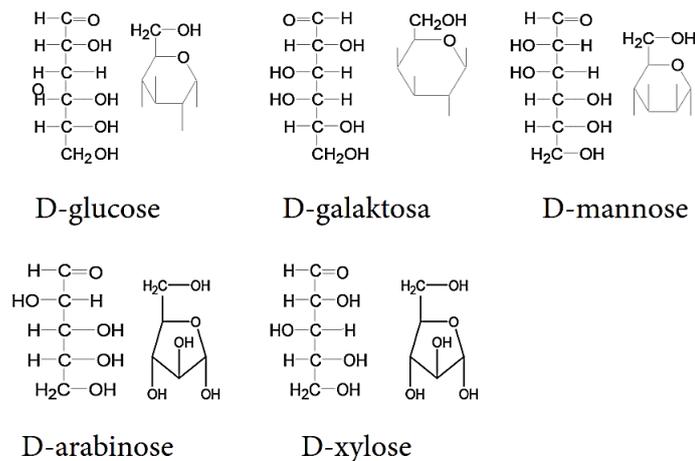
mengakibatkan ikatan yang kuat dan struktur yang sukar larut (LIPI, 2019). Gambar 2 merupakan rumus bangun struktur molekul selulosa.



Gambar 2. Rumus Bangun Struktur Molekul Selulosa
Sumber : LIPI, 2019

2.2.2 Hemiselulosa

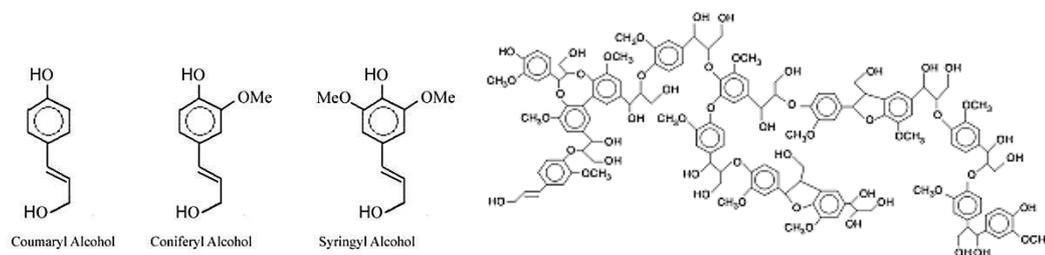
Hemiselulosa berasal dari rantai cabang polisakarida yang termasuk heteropolisakarida. Memiliki rantai lurus yang tersusun atas gula pentosa dan heksosa yaitu silosa, dan arabinosa serta glukosa, manonsa, dan galaktosa seperti pada Gambar 3. (Hermiati dkk, 2010). Karakteristik hemiselulosa yaitu lebih mudah menyerap air, bersifat plastis, dan memiliki permukaan kontak antar molekul yang lebih luas dibanding dengan selulosa. Hemiselulosa memiliki serat amorf dan tidak membentuk daerah kristal. Hal ini menyebabkan glukosa lebih mudah dihidrolisis menjadi gula. Hemiselulosa dapat dihidrolisis menggunakan bantuan asam kuat konsentrasi rendah menghasilkan gula pentosa dan heksosa, namun hidrolisis lebih lanjut dapat mengubah gula menjadi furfural dan senyawa terdekomposisi lain (LIPI, 2019).



Gambar 3. Struktur Molekul Hemiselulosa
Sumber : LIPI, 2019

2.2.3 Lignin

Lignin adalah senyawa polimer yang berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa pada jaringan tanaman. Lignin bukan merupakan polimer gula, melainkan polimer dari gugus aromatik. Hal ini menjadikan lignin tidak dapat dikonversi menjadi bioetanol. Terdapat tiga jenis senyawa fenilpropanoid penyusun lignin antara lain, alkohol kuramil, alkohol koniferil dan alkohol sinapil. Fungsi lignin adalah melindungi selulosa, hemiselulosa dan senyawa lain yang ada pada tanaman. Keberadaan lignin sebagai pelindung mengakibatkan proses hidrolisis selulosa dan hemiselulosa terhambat. Ketahanan terhadap proses hidrolisis ini disebabkan oleh adanya ikatan eter. Oleh karena itu, perlu perlakuan awal untuk menghancurkan ikatan lignin agar konversi polisakarida menjadi etanol optimal (LIPI, 2019).



Gambar 4. Struktur Molekul Lignin
Sumber : LIPI, 2019

2.3 Bahan Baku Pendukung

2.3.1 Asam Sulfat

Asam sulfat dengan rumus molekul H_2SO_4 digunakan dalam proses *pretreatment*. Asam memiliki pengaruh yang kuat pada hemiselulosa dan lignin dibandingkan pada struktur kristal selulosa. Asam sulfat berfungsi melarutkan sebagian hemiselulosa agar enzim selulose dapat menjangkau struktur selulosa (Tomas dkk 2011) :

Rumus molekul	: H_2SO_4
Berat molekul	: 98,08 g/gmol
Wujud pada suhu kamar	: cair
Warna	: tidak berwarna

Titik didih pada 1 atm, °C	: 340
Titik leleh pada 1 atm, °C	: 10,49
<i>Specific gravity</i>	: 1,834

2.3.2 Asam Klorida

Asam klorida atau HCl merupakan senyawa penting dalam pembuatan bahan hidrokarbon terklorinasi. Larutan ini berwujud cair, tidak berwarna, sangat korosif, berbau menyengat dan dapat berakibat kematian bila terhirup dalam jumlah banyak. Warna larutan asam klorida akan berubah menjadi kekuningan jika terdapat kandungan besi dan bahan organik lain. Larutan asam klorida dapat bereaksi dengan logam. Karakteristik fisik asam klorida (Pramono, 2010) :

Rumus kimia	: HCl
Berat molekul	: 36,461
Titik didih (1 atm)	: -85°C
Titik leleh	: -114,1°C
Temperatur kritis	: 51,5°C

2.3.3 *Saccharomyces cerevisiae*

Ragi atau khamir merupakan mikroba bersel tunggal berukuran 5 – 20 mikron. Khamir sejati tergolong eukariot yang secara morfologi hanya membentuk blastospora berbentuk bulat lonjong, silindris, oval atau bulat telur yang dipengaruhi oleh strainnya. Khamir memiliki keadaan lingkungan hidup spesifik. Kisaran suhu optimum dari kebanyakan khamir sama dengan kapang yaitu, antara 25 - 30°C. Khamir lebih menyukai tumbuh pada pH rendah (keadaan asam) yaitu antara 4 – 5, dan tidak dapat tumbuh baik pada medium alkali, kecuali telah beradaptasi. Klasifikasi *Saccharomyces cerevisiae* (Zely, 2014) :

Kingdom	: Fungi
Filum	: <i>Ascomycotina</i>
Kelas	: <i>Saccharomycetes</i>
Ordo	: <i>Saccharomycetales</i>
Famili	: <i>Saccharomycetaceae</i>
Genus	: <i>Saccharomyces</i>