

PEMBUATAN BIOETANOL DARI RUMPUT GAJAH DENGAN PROSES HIDROLISIS ASAM

Netty Herawati^{1)*}, Kiagus Ahmad Roni²⁾, Sinta Fransiska²⁾, Rifdah²⁾

¹Program studi S3 Ilmu Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

²Program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang

*email: Nettyherawati76@gmail.com

Abstrak

Bioetanol dapat dihasilkan dari tanaman yang banyak mengandung selulosa. Bioetanol adalah cairan biokimia yang didapat melalui proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati), selulosa dan glukosa menggunakan bantuan mikroorganisme. Salah satu sumber lignoselulosa yang ada di Indonesia adalah rumput gajah (*pennisetum purpureum*). Pembuatan bioetanol dari bahan-bahan lignoselulosa hingga menjadi etanol melalui proses utama: hidrolisa, fermentasi dan distilasi (pemurnian). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: proses pretreatment NaOH konsentrasi 8, 10, 12, 14 dan 16 %, jenis asam saat hidrolisis yaitu Asam Sulfat dan Asam Klorida, konsentrasi asam: 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 N dan waktu hidrolisis 120, 150, 180, 210 dan 240 menit. Hasil terbaik dari penelitian ini yaitu menggunakan pretreatment konsentrasi NaOH 14 %, hidrolisis asam klorida pada konsentrasi 3 N terhadap waktu 210 menit. Hasil HCL terbaik yaitu 90,5423 % yield. Sedangkan asam sulfat yaitu 77,9560 % yield.

Kata Kunci : Rumput gajah, NaOH, H₂SO₄, HCL, bioethanol

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah populasi manusia seiring dengan meningkatnya pertumbuhan industri dan ekonomi di Indonesia dimana ketergantungan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) semakin tinggi sedangkan cadangan sumber bahan bakar semakin menipis. Bioetanol merupakan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak yang ramah lingkungan dengan memiliki angka oktan yang lebih tinggi dari premium yaitu 115, premium 88 dan pertamax 98. Bioetanol dapat dihasilkan dari tanaman yang banyak mengandung selulosa. Bioetanol merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga tidak perlu di khawatirkan lagi persediaan sumber energi di Indonesia akan semakin menipis. Bioetanol adalah cairan biokimia yang didapat melalui proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati), selulosa dan glukosa menggunakan bantuan mikroorganisme (Aryeni, dkk, 2017). Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki sumber energi non fosil relatif sangat besar. Namun pemanfaatannya energi non fosil jauh lebih kecil dibandingkan dengan potensi yang ada. Salah satu energi alternatif yang berasal dari energi non fosil yang dapat diperbaharui adalah bioetanol. Salah satu sumber lignoselulosa yang ada di Indonesia adalah rumput gajah (*pennisetum purpureum*). Tanaman rumput gajah sangatlah banyak dan tersebar secara merata di seluruh pelosok tanah air dikarena iklim di Indonesia mempermudah tumbuhnya rumput gajah, terutama di daerah Sumatera Selatan kota Palembang di daerah Jakabaring. Dimana ketersediaan rumput gajah dapat secara kontinyu melimpah. Rumput gajah

merupakan salah satu tanaman yang kurang dimanfaatkan. Selama ini rumput hanya digunakan sebagai makanan ternak, bahkan masyarakat menganggap rumput gajah sebagai tanaman pengganggu. Tetapi rumput gajah mempunyai kadar selulosa tinggi (40,58 %) yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil bioetanol. Kandungan gizi rumput gajah yaitu bahan kering 19,9 %, protein kasar 10,2 %, lemak 1,6 %, serat kasar 34,2 %, bahan ekstrak tanpa nitrogen 42,3 % dan abu 11,7 %. Kandungan lain dari rumput gajah adalah : Glukosa : 2,84 % ; Air : 43,61 %. (Yuni Erlita, S.Pt. 2016). Penelitian ini menggunakan proses hidrolisis asam kuat dimana proses hidrolisis itu meliputi proses pemecahan ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan. Rusaknya kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi gula sederhana, yaitu glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentose, xilosa, dan arabinose. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan etanol (Mosier et al., 2005).

Rumput Gajah

Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) merupakan tanaman bernutrisi tinggi yang hidup dengan tingkat curah hujan lebih kurang 2.500 ml. Dan tumbuh pada ketinggian 0-3000 m diatas permukaan laut dengan pH lebih kurang 6,5. Kondisi tanah yang diperlukan agar menghasilkan produksi rumput gajah yang optimal adalah memiliki kelembapan 60-70%. Rumput gajah disebut juga naper atau rumput uganda adalah tegak lurus hingga tinggi batang dapat mencapai 2-6 meter, merumpun lebat, berbatang tebal dan keras dengan diameter batang dapat mencapai lebih dari 2 cm, daun panjang seperti daun pada tanaman tebu dengan panjang mencapai lebih dari 1 meter dan terdiri sampai lebih dari 15 ruas/buku.



Gambar 1. Rumput Gajah

Komposisi nutrien rumput gajah dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Komposisi nutrien rumput gajah

| Komponen | Kg |
|----------------|-------|
| N (Nitrogen) | 10-30 |
| P (Protein) | 2-3 |
| K (Kalium) | 30 |
| Ca (Kalsium) | 3-6 |
| Mg (Magnesium) | 2-3 |
| S (Sulfur) | 2-3 |

Sumber : (Rukmana, 2005).

Bioetanol

Bioetanol (C₂H₅OH) adalah cairan biokimia hasil dari proses fermentasi gula dari karbohidrat (pati) dengan menggunakan mikroorganisme. Bioetanol yang dihasilkan dari bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula atau glukosa dengan beberapa metode salah satunya dengan metode hidrolisis asam dan secara enzimatik (Djojonegoro, W., (2005). Metode hidrolisis secara enzimatik lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan katalis asam. Glukosa yang diperoleh selanjutnya dilakukan proses fermentasi atau peragian dengan menambahkan yeast atau ragi. Bioetanol dapat dihasilkan dari macam-macam tanaman yang banyak mengandung nira bergula (sukrosa) : nira tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, nira siwalan, sari buah mete ; bahan berpati : tepung-tepung sorgum biji, sagu, singkong, ubi jalar, ganyong, garut, umbi dahlia ; bahan berselulosa (lignoselulosa) : kayu, jerami, batang pisang, bagas dan lain-lain.

Tabel 2. Sifat Kimia dan Fisik Bioetanol

| SIFAT KIMIA | | SIFAT FISIK | |
|-----------------|-------|---------------|---------------------------|
| Komponen | Berat | Komponen | Berat |
| Karbon | 52,1 | Berat Molekul | 46,07 gr/mol |
| Hydrogen | 13,1 | Densitas | 0,7894 gr/cm ³ |
| Oksigen | 34,7 | Titik didih | 78 °C |
| Karbon/Hidrogen | 4,0 | Titik leleh | -112 °C |
| Keperluan udara | 9,0 | Titik nyata | 17 °C |
| | | Indeks bias | 1,36014 |
| | | Viscositas | 1,17 |

Sumber : Berdasarkan Lembar Data Keselamatan Bahan Menurut Peraturan UE No 1907/2006

Pembuatan Bioetanol

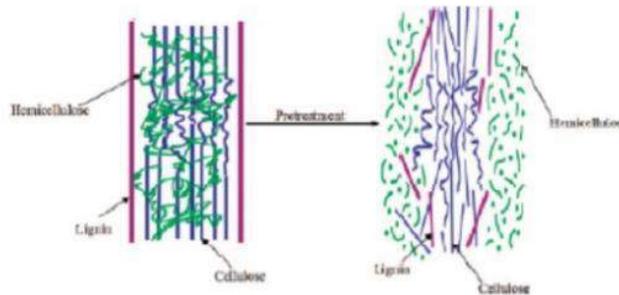
Pembuatan bioetanol dari bahan-bahan lignoselulosa hingga menjadi etanol melalui proses utama: hidrolisa, fermentasi dan terakhir adalah pemisahan serta pemurnian produk etanol (Mosier et al., 2005). **Proses Pretreatment** Proses *pretreatment* dan hidrolisa merupakan tahapan proses yang sangat penting yang dapat mempengaruhi perolehan yield etanol. Proses *pretreatment* dilakukan untuk mengkondisikan bahan-bahan lignoselulosa baik dari segi struktur dan ukuran. Proses perlakuan awal dilakukan karena beberapa faktor seperti kandungan lignin, ukuran partikel serta kemampuan hidrolisis dari selulosa dan hemiselulosa (Hendriks dan Zeeman, 2009). Proses *pretreatment* yang sekaligus proses hidrolisa meliputi : perlakuan secara fisik, fisik-kimiawi, kimiawi dan enzimatik (Mosier et al., 2005; Sun and Cheng, 2002).

Tabel 3. Metode Pretreatment

| Metode Pretreatment | Contoh |
|---------------------------|--|
| Mekanik panas | Digerus, digiling, digunting, ekstruder |
| Autohydrolysis | Super critical, carbon dioxide explosion |
| Perlakuan asam | Asam sulfat dan asam klorida encer, asam sulfat dan asam klorida pekat |
| Perlakuan alkali | Sodium hidroksida, ammonia, alkali hydrogen peroksida |
| Perlakuan larutan organik | Methanol, etanol, butanol, phenol |

Sumber : Mosier et al., 2005; Sun and Cheng, 2002

Tujuan dari pretreatment adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polimer sakarida menjadi monomer gula. Pretreatment menyediakan akses yang lebih mudah untuk enzim sehingga akan mengalami peningkatan hasil glukosa dan xilosa (Isroi, dkk (2013). Tujuan pretreatment secara skematis ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



Gambar 2. Skematik dari proses perusakan struktur lignin (Kumar et al, 2009).

Selama beberapa tahun terakhir berbagai teknik pretreatment telah dipelajari melalui pendekatan biologi, fisika, kimia. Menurut (Sun dan Cheng, 2002), pretreatment seharusnya memenuhi kebutuhan berikut ini:

- 1) Meningkatkan pembentukan gula atau kemampuan menghasilkan gula pada proses berikutnya melalui hidrolisis enzimatik
- 2) Menghindari degradasi atau kehilangan karbohidrat
- 3) Menghindari pembentukan produk samping yang dapat menghambat proses hidrolisis dan fermentasi
- 4) Biaya yang dibutuhkan ekonomis

Hidrolisis

Hidrolisis adalah reaksi organik dan anorganik dimana terdapat pengaruh air terhadap dekomposisi ganda dengan komponen yang lain. Hidrolisis meliputi proses pemecahan ikatan lignin yang bertujuan menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal selulosa dan meningkatkan porositas bahan (Sun and Cheng, 2005).

Reaksi Hidrolisis:



Reaksi antara air dan pati berlangsung sangat lambat sehingga diperlukan bantuan katalisator untuk memperbesar kereaktifan air. Katalisator asam yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat dan asam sulfat. Sedangkan didalam industri, asam yang dipakai yaitu H_2SO_4 dan HCl . Hidrolisis asam merupakan hidrolisis menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati, selulosa) menjadi gula (Retno Dyah, 2011). Hidrolisi asam biasanya menggunakan asam klorida atau asam sulfat dengan konsentrasi tertentu. Hidrolisis secara asam dapat dilakukan dengan menggunakan asam kuat encer pada temperatur tinggi dan tekanan tinggi, dan dapat dilakukan dengan asam pekat dengan temperatur dan tekanan rendah. Proses hidrolisis yang terjadi pada suhu tinggi berkisaran pada suhu $160-240^{\circ}C$, sedangkan pada suhu rendah berkisaran pada suhu $80-140^{\circ}C$. Namun demikian, konsentrasi asam yang digunakan sangat tinggi (30 – 70 %). Hidrolisis asam encer biasa juga dikenal dengan hidrolisis asam dua tahap (*Two Stage Acid Hidolysis*) dan merupakan metode hidrolisis yang banyak berkembang dan diteliti saat ini. Hidrolisis asam encer pertama kali dipatenkan oleh H.K. Moore pada tahun 1919. Potongan (*Chip*) kayu dimasukkan kedalam tanki kemudian diberikan uap panas pada suhu $300^{\circ}C$ selama satu jam. Selanjutnya dihidrolisis dengan asam fosfat. Hidrolisis dilakukan dalam dua tahap. Hidrolisis yang dihasilkan kemudian difermentasi untuk menghasilkan etanol. Asam yang biasanya digunakan untuk hidrolisis selulosa adalah asam sulfat, asam fosfat dan asam klorida (Oktavianus, 2013). Hidrolisis menggunakan asam pekat menghasilkan gula yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisis menggunakan asam encer, dan dengan demikian akan menghasilkan etanol yang lebih tinggi (Hamelinck, Hooijdonk & faaij, 2005). Di dalam metode hidrolisa asam, biomassa lignoselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu. Yang akan menghasilkan monomer gula dari polimer sellulosa dan hemiselulosa (Taherzadeh, 2007). Kelemahan dari hidrolisa asam pekat adalah proses ini sangat korosif karena adanya pengenceran dan pemanasan asam. Proses ini juga membutuhkan biaya investasi yang mahal dan pemeliharaan yang tinggi (Taherzadeh dan Karimi, 2008). Karena itu hidrolisis ini biasanya menggunakan tanki khusus yang terbuat dari baja tahan karat atau tembaga yang dihubungkan dengan pipa saluran pemanas dan pipa saluran udara untuk mengatur tekanan dalam udara selulosa dari rumput dapat diubah menjadi etanol dengan proses hidrolisis asam dengan kadar tertentu. Proses hidrolisis selulosa harus dilakukan dengan asam pekat agar dapat menghasilkan glukosa (Sari, 2009). Rusaknya Kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi gula sederhana : glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentose, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula tersebut akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan etanol (Mosier et al, 2005). Pada penelitian Ni Ketut Sari (2009), menyatakan bahwa ketersediaan rumput gajah dapat diperoleh secara kontinyu dan melimpah, merupakan salah satu tanaman yang kurang dimanfaatkan. Tetapi rumput gajah mempunyai kadar selulosa, glukosa, pati yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil ethanol. Kadar ethanol yang diperoleh dari kajian produksi bioethanol dari rumput gajah antara 23-28 %, untuk meningkatkan kemurnian kadar ethanol dilakukan pemisahan menggunakan distilasi batch. Penelitian produksi bioethanol dari rumput gajah secara kimia bertujuan untuk mencari bahan baku alternatif bioethanol dan mengkaji proses hidrolisis asam dan fermentasi. Dalam penelitian produksi bioethanol dari rumput gajah secara kimia dilakukan proses hidrolisis pada kondisi tetap : suhu $30^{\circ}C$, air 7 liter, waktu hidrolisis 1 jam dan kondisi berubah: berat rumput gajah 50, 100, 150, 200, 250, 300 (gram), volume larutan HCl 10, 20, 30, 40, 50 (ml). Kemudian dilanjutkan proses fermentasi pada kondisi tetap: suhu $30^{\circ}C$, pH 4,5 ; volume fermentasi 500 ml dan kondisi berubah: waktu fermentasi 4, 5, 6, 7 dan 8 (hari), starter 8 %, 10 %, 12 %. Dari penelitian produksi bioethanol dari rumput gajah

secara kimia diperoleh hasil, pada proses hidrolisis kadar glukosa yang terbaik 26,29 %, berat rumput gajah 200 gram. Pada proses fermentasi kondisi terbaik menggunakan starter *Saccharomyces Cerevisiae* 10 % selama 6 hari, menghasilkan ethanol sebesar 27,71 % dan kadar glukosa sisa 8.09 %. Untuk memperoleh produk ethanol yang lebih murni dilakukan proses pemisahan lanjutan dengan distilasi batch, setelah dilakukan pemisahan lanjut diperoleh kadar ethanol (90–95) %. Dari hasil yang diperoleh yaitu kadar ethanol (90–95)%, rumput gajah dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan bioethanol. Penelitian lain oleh Hafni Indriati Nasution; Ratna Sari Dewi dan Primajogi Hasibuan (2016), melakukan penelitian pembuatan etanol dari rumput gajah dengan menggunakan hidrolisis asam dengan berat rumput gajah 28,5 gram dengan waktu hidrolisis 2 jam, volume katalis 30 tetes dan jumlah starter (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 10 % dan waktu fermentasi 2, 4, 6, 8 hari. Dalam penelitian ini didapat kadar optimum sebesar 20-30 % didapat pada waktu fermentasi 6 hari. Penelitian ini dilakukan oleh Setiawati, D.R., Sinaga, A.R., Dewi, T.K., (2013), ia menggunakan kulit pisang yang digunakan adalah kulit pisang yang telah dikeringkan dan dihidrolisis menggunakan H_2SO_4 0,5 N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi semakin banyak dihasilkan etanol sampai pada waktu tertentu dan semakin banyak ragi yang ditambahkan akan dihasilkan etanol semakin rendah. Pada variasi waktu fermentasi diperoleh waktu optimum fermentasi pada waktu 144 jam dengan kadar etanol 13,5406%. Pada variasi penambahan berat ragi diperoleh kadar etanol 13,5353% dengan kadar berat ragi 0,0624 gram.

METODELOGI PENELITIAN

Peralatan dan Bahan

Peralatan hidrolisis: Blender, cutter, ayakan, peralatan gelas, alat pemanas, thermometer, kondensor, batang pengaduk; **Peralatan analisis:** pH meter, peralatan fermentasi, fermentor (wadah fermentasi), selang, dan **Peralatan Pemurnian:** alat destilasi, **Peralatan analisa:** Pikometer. Rumput Gajah, Bakteri *Saccharomyces Cerevisiae*, H_2SO_4 , HCL, NaOH, $Na_2S_2O_3$, KI, NPK dan Urea.

Rumput Gajah, Bakteri *Saccharomyces Cerevisiae*, H_2SO_4 , HCL, NaOH, $Na_2S_2O_3$, KI, NPK dan Urea.

Rancangan Penelitian

Variabel tetap adalah massa bahan baku (rumput gajah) sebesar 100 gram, volume fermentasi 1 liter, waktu hidrolisis, volume dan konsentrasi katalis 1,5; 2; 2,5; 3 dan 3,5 N. **Variabel tidak tetap** yaitu Konsentrasi katalis, waktu hidrolisis dan jumlah *Saccharomyces Cerevisiae*.

Proses Pembuatan bioetanol

Alkaline Delignifikasi

1. Rumput gajah dihaluskan menggunakan *blender* dan diayak.
2. Serbuk rumput gajah sebanyak 200 gr dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 1000 ml.
3. Tambahkan larutan NaOH (8, 10, 12, 14 dan 16 %) dengan perbandingan bahan dan larutan NaOH sebesar 1:4 (b/v) untuk 200 gram rumput gajah kemudian diinkubasi dalam *water bath* pada suhu 121°C selama 1 jam.
4. Sampel disaring dan dicuci hingga pH netral kemudian dikeringkan dalam *oven* pada suhu 105°C.

5. Analisa kadar lignin selulosa dan hemiselulosa dengan metode *Chesson Datta* dan kadar lignin dengan metode kappa.

Hidrolisa Asam H₂SO₄ dan HCL

1. Rumput gajah yang telah halus sebanyak 100 gram dihidrolisis dengan menambahkan aquadest 1 liter dan katalis H₂SO₄, HCL pada konsentrasi 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 dan 3,5
2. Campuran tersebut kemudian kita hidrolisa pada temperatur 100°C dengan waktu untuk tiap variasi temperaturnya adalah 120, 150, 180, 210, 240 menit

Fermentasi

Hasil hidrolisis disaring dengan kertas saring, filtrat selanjutnya difermentasi dengan penambahan starter (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 8% dari jumlah filtrat yang difermentasi, pH fermentasi 4 dan dilakukan penambahan Nutrisi NPK (16% P), 0,4 gr/L dan Urea (46% P) 0,5 gr/L dari volume hasil hidrolisis. Proses fermentasi dilakukan dalam keadaan anaerob dengan menutup rapat botol dan mengamati pada waktu (4 hari)

Distilasi

Pemurnian produk bioetanol dengan cara mendestilasi hasil fermentasi pada suhu 70-80 °C (suhu tetap dijaga) setelah volume larutan tinggal 10% destilasi dihentikan dan dianalisis kadar etanolnya.

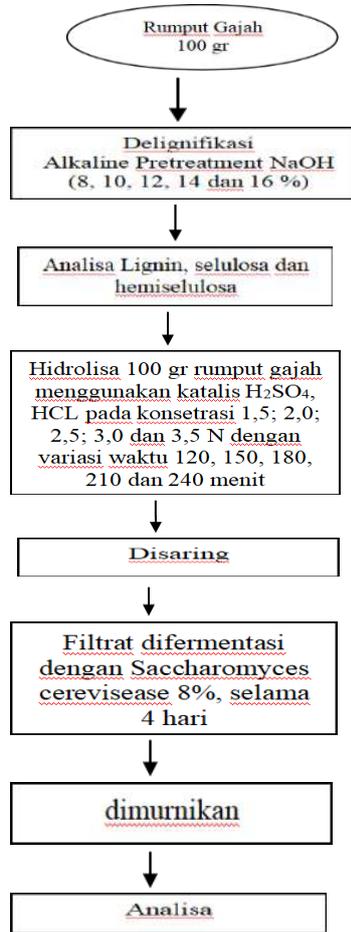
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi Alkaline Acid Delignifikasi Terhadap Kadar Lignin

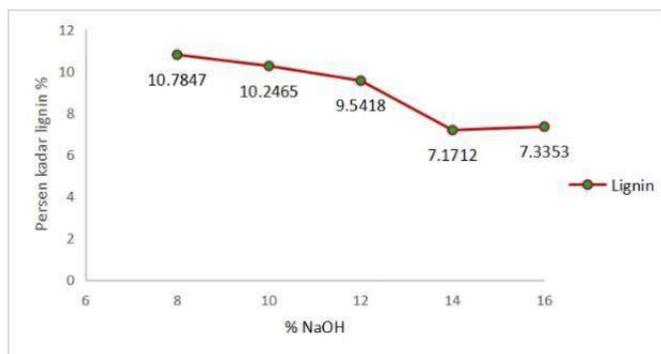
Rumput gajah adalah salah satu tanaman yang dianggap pengganggu yang mengandung selulosa dan hemiselulosa. Rumput gajah dapat dikonversi menjadi bioetanol dengan proses hidrolisis asam. Namun penggunaan asam pekat mengalami hambatan dalam merubah bahan menjadi bioetanol akibat adanya lignin yang melindungi selulosa dan hemiselulosa. Lignin mengurangi keefektifan hidrolisis asam pekat. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu dilakukan perlakuan pendahuluan terhadap rumput gajah dengan tujuan merusak struktur lignin agar selulosa dan hemiselulosa bisa terlepas dan bereaksi sehingga bisa menghasilkan bioetanol. Proses yang biasa dilakukan untuk merusak struktur lignin adalah proses hidrolisis basa atau disebut proses delignifikasi (Sahare et al., 2012; Laopaiboon et al, 2009). Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit dihidrolisa (Badger dkk., 2002). Oleh karena itu, proses delignifikasi merupakan tahapan proses yang sangat penting yang dapat mempengaruhi jumlah kadar bioethanol yang didapat. Proses delignifikasi dilakukan untuk mengkondisikan bahan-bahan lignoselulosa baik dari segi struktur dan ukuran dengan memecah dan menghilangkan kandungan lignin (Sun Y., Cheng, 2002).

Proses delignifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variabel bebas berupa larutan NaOH dengan konsentrasi (8, 10, 12, 14, 16)% proses ini dengan temperatur sebesar 121°C dan dengan waktu delignifikasi selama 60 menit. Setelah dilakukan proses delignifikasi, kadar lignin dianalisa dengan metode kappa dan hasilnya dapat dilihat pada grafik berikut.

Proses Penelitian Pembuatan Bioetanol



Gambar 3 Diagram Alir Pembuatan Bioetanol



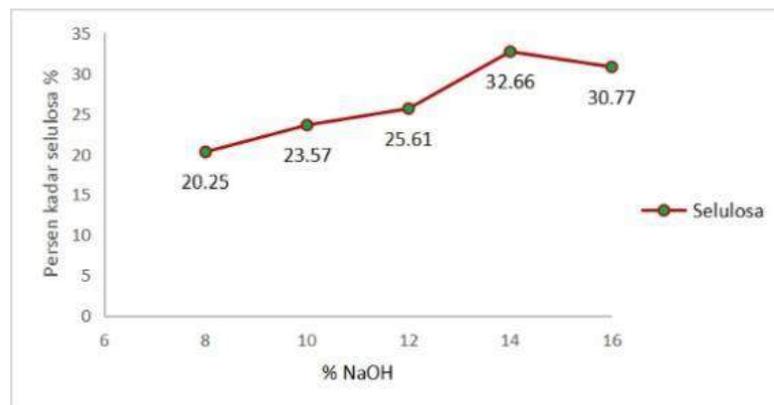
Gambar 4. Pengaruh konsentrasi alkaline delignifikasi terhadap penurunan kadar lignin

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan proses delignifikasi menggunakan basa kuat terjadi penurunan kadar lignin dari 10,7847% menjadi 7,1712% pada penggunaan NaOH. Proses delignifikasi

menggunakan basa kuat, semakin besar konsentrasi dari suatu larutan maka akan semakin banyak molekul dari larutan itu yang dapat memecah struktur lignin. Peningkatan konsentrasi NaOH semakin menurunkan kadar lignin dan meningkatkan kadar lignin terurai, yaitu pada konsentrasi 8% kadar lignin sebesar 10,7847%, konsentrasi 10% kadar lignin 10,2465%, konsentrasi 12% menghasilkan kadar lignin 9,5418%, konsentrasi 14% menghasilkan kadar lignin 7,1712% dan pada konsentrasi 16% delignifikasi rumput gajah menghasilkan kadar lignin sisa sebanyak 7,3353%. Berdasarkan keterangan diatas dapat diketahui bahwa peningkatan kadar lignin terurai sejalan dengan peningkatan konsentrasi NaOH. Kadar lignin terurai terus mengalami peningkatan hingga mencapai titik konstan pada konsentrasi 14% dan 16%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi NaOH yang menghasilkan kadar lignin paling sedikit pada konsentrasi 14%.

Menurut Sahare et al. (2012) dalam Mardina et al. (2013). Pengurangan kadar lignin yang semakin besar menyebabkan semakin banyak selulosa yang reaktif untuk proses hidrolisis.

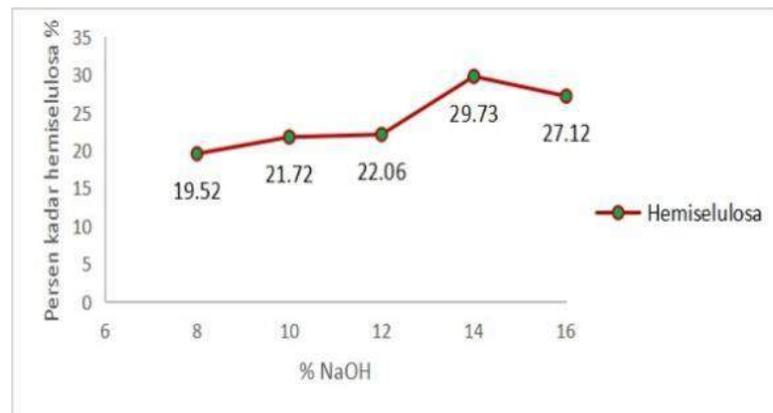
Pengaruh Konsentrasi Alkaline Acid Delignifikasi Terhadap Kadar Selulosa Dan Hemiselulosa Pada Rumput Gajah



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi alkaline delignifikasi terhadap kadar selulosa

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan alkaline delignifikasi maka kandungan selulosa akan meningkat mulai dari 20,25% hingga 32,66% pada alkaline delignifikasi. Peningkatan selulosa tertinggi terjadi pada konsentrasi 14% sebesar 32,66%.

Pada saat dilakukan treatment kimia, komponen selulosa dan hemiselulosa didapatkan sebagai residu yang digunakan sebagai bahan untuk proses analisis sedangkan lignin didapatkan sebagai filtrat yang terbuang. Sehingga didapatkan komponen selulosa dan hemiselulosa yang meningkat dari kondisi sebelum treatment kimia.

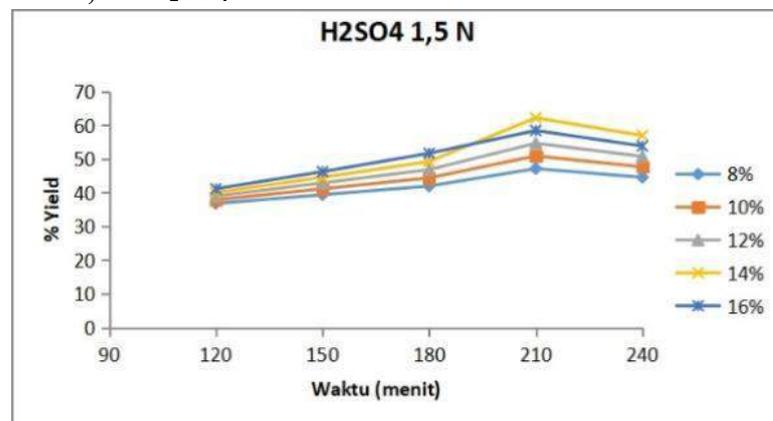


Gambar 6. Pengaruh konsentrasi alkaline delignifikasi terhadap kadar hemiselulosa

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan alkaline delignifikasi maka kandungan hemiselulosa akan meningkat mulai dari 19,52% hingga 29,73% pada alkaline delignifikasi. Peningkatan selulosa tertinggi terjadi pada konsentrasi 14% sebesar 29,73%.

Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan proses delignifikasi menggunakan alkaline delignifikasi kadar hemiselulosa terus meningkat. Untuk dapat mengambil hemiselulosa dan selulosa dari rumput gajah dibutuhkan proses delignifikasi yang bertujuan untuk melepaskan kandungan lignin tanpa merusak kandungan selulosa dan hemiselulosa yang diambil dari proses tersebut.

Pengaruh konsentrasi 1,5 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis



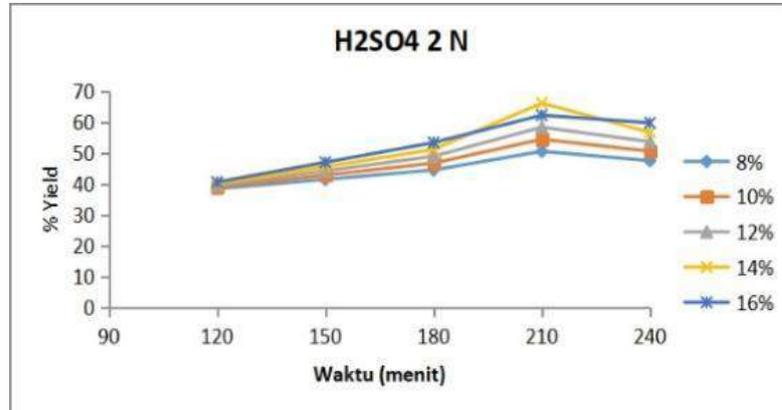
Gambar 7. Grafik Pengaruh konsentrasi 1,5 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan waktu hidrolisis dan katalis asam sulfat yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dari waktu, konsentrasi katalis dan waktu fermentasi selama 4 hari terhadap hasil analisis kadar % yield yang menggunakan basa kuat saat proses delignifikasi.

Gambar 7. menunjukkan konsentrasi delignifikasi NaOH terhadap analisis kadar % yield. Pada gambar terlihat jelas bahwa semakin lama waktu pada proses hidrolisis maka semakin besar pula kadar % yield yang dihasilkan. Kadar % yield paling besar terjadi pada sampel dengan delignifikasi NaOH 14% dengan waktu hidrolisis 210 menit yaitu 62,2198 %. Hal ini terjadi karena pada sampel dengan

delignifikasi NaOH 16 % terjadinya pengurangan lignin paling besar mengakibatkan kadar lignin yang tersisa pada sampel paling sedikit.

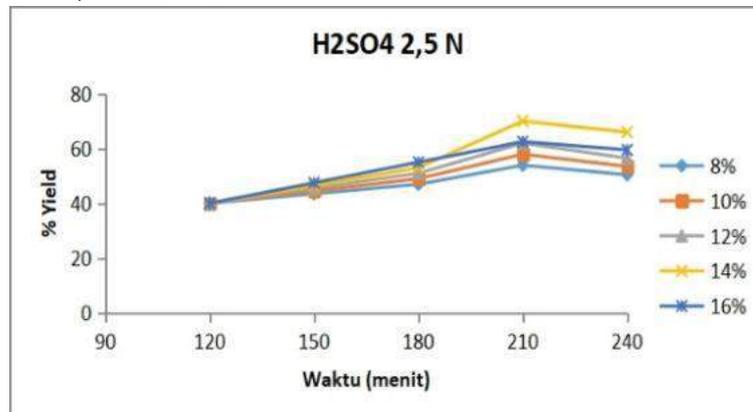
Pengaruh konsentrasi 2 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis



Gambar 8. Grafik Pengaruh konsentrasi 2 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Gambar 8. menunjukkan hasil dari konsentrasi delignifikasi NaOH terhadap analisis kadar % yield. Pada gambar diatas terlihat jelas bahwa semakin lama waktu pada proses hidrolisis maka hasil kadar % yield yang dihasilkan semakin besar. Hasil kadar % yield paling besar terjadi pada sampel dengan delignifikasi NaOH 14% dengan waktu hidrolisis 210 menit yaitu 66,1538 %.

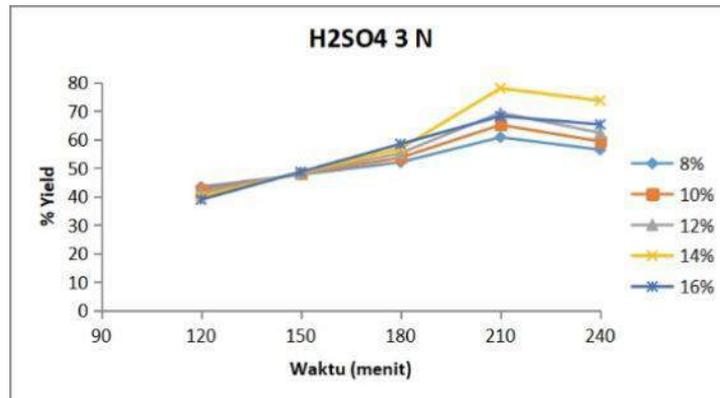
Pengaruh konsentrasi 2,5 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis



Gambar 9. Grafik Pengaruh konsentrasi 2,5 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Pada gambar 9, grafik hasil % yield bioetanol menunjukkan hasil terbaik pada sampel delignifikasi NaOH dengan konsentrasi 14% dalam waktu hidrolisis 210 menit yaitu 70,0879%.

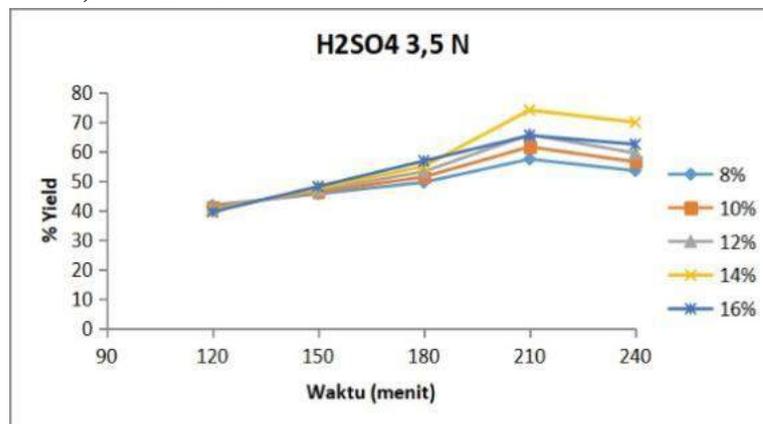
Pengaruh konsentrasi 3 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis



Gambar 10. Grafik Pengaruh konsentrasi 3 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Gambar 10. menunjukkan konsentrasi delignifikasi NaOH terhadap analisis kadar % yield. Pada gambar grafik konsentrasi asam sulfat 3 N terlihat jelas bahwa semakin lama waktu pada proses hidrolisis maka semakin besar pula kadar % yield yang dihasilkan. Kadar % yield yang dihasilkan paling besar terjadi pada sampel delignifikasi dengan konsentrasi NaOH 14% pada waktu hidrolisis 210 menit yaitu 77,9560 %. Hal ini terjadi karena pada sampel dengan delignifikasi NaOH 16 % terjadinya pengurangan lignin paling besar mengakibatkan kadar lignin yang tersisa pada sampel paling sedikit.

Pengaruh konsentrasi 3,5 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis



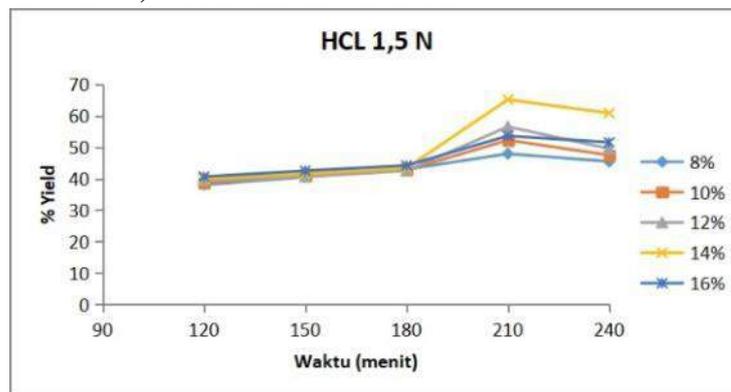
Gambar 11. Grafik Pengaruh konsentrasi 3,5 N H₂SO₄ dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Gambar 11. menunjukkan hasil % yield pada konsentrasi delignifikasi NaOH konsentrasi 14% pada waktu hidrolisis 210 menit yaitu 74,0220% yield bioetanol. Pada gambar grafik konsentrasi asam sulfat 3,5 N terlihat jelas bahwa semakin lama waktu pada proses hidrolisis maka semakin besar pula kadar % yield yang dihasilkan. Dari 10 grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa kadar % yield bioetanol yang dihasilkan pada sampel delignifikasi NaOH 14% dengan waktu hidrolisis 210 menit pada konsentrasi H₂SO₄ 3 N adalah 77,9560% yield dan kadar % yield yang paling sedikit dihasilkan pada sampel delignifikasi NaOH 8% dengan waktu hidrolisis 120 menit pada konsentrasi H₂SO₄ 1,5 N adalah

36,8132%. Jadi semakin besar konsentrasi larutan asam sulfat dan waktu yang digunakan ketika proses hidrolisis maka semakin besar pula kadar % yield bioetanol yang dihasilkan.

Secara teori asam kuat adalah asam yang terionisasi secara sempurna dalam air dan menghasilkan suatu proton (H⁺) yang ditransferkan ke dalam molekul air. Proton dari asam akan berinteraksi cepat dengan oksigen pada ikatan glikosida yang menghubungkan antar gula. Menurut Fengel dan Wagener (1995) langkah ini diikuti dengan pemecahan yang lambat dari ikatan C-O menghasilkan zat antara kation karbonium siklis. Akhirnya kation karbonium mulai mengadisi molekul air dengan cepat, membentuk hasil akhir (glukosa) yang stabil dan melepaskan proton.

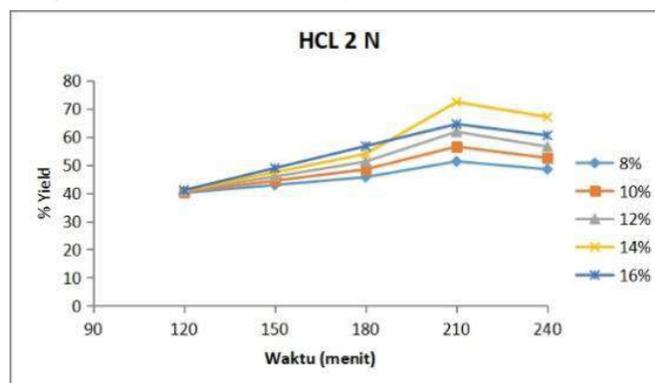
Pengaruh konsentrasi HCL 1,5 N dan waktu hidrolisis



Gambar 12. Grafik Pengaruh konsentrasi 1,5 N HCL dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan waktu hidrolisis dan katalis HCL yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dari waktu, konsentrasi katalis dan waktu fermentasi selama 4 hari terhadap hasil analisis kadar % yield yang menggunakan basa kuat saat proses delignifikasi. Gambar 12. menunjukkan konsentrasi delignifikasi NaOH terhadap analisis kadar % yield. Pada gambar terlihat jelas bahwa semakin lama waktu pada proses hidrolisis dan semakin besar konsentrasi pada proses delignifikasi NaOH maka semakin besar pula kadar % yield yang dihasilkan. Kadar % yield bioetanol paling besar terjadi pada sampel dengan delignifikasi NaOH 14% pada waktu hidrolisis 210 menit yaitu 65,1627%.

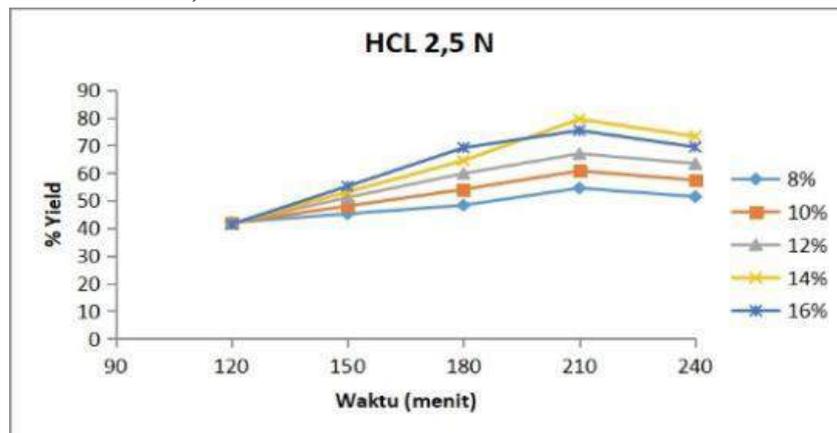
Pengaruh konsentrasi HCL 2 N dan waktu hidrolisis



Gambar 13. Grafik Pengaruh konsentrasi 2 N HCL dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Gambar 13. menunjukkan hasil Kadar % yield bioetanol paling besar terjadi pada sampel dengan delignifikasi NaOH 14% pada waktu hidrolisis 210 menit yaitu 72,3210%. Pada gambar terlihat jelas bahwa semakin lama waktu pada proses hidrolisis dan semakin besar konsentrasi pada proses delignifikasi NaOH maka semakin besar pula kadar % yield yang dihasilkan.

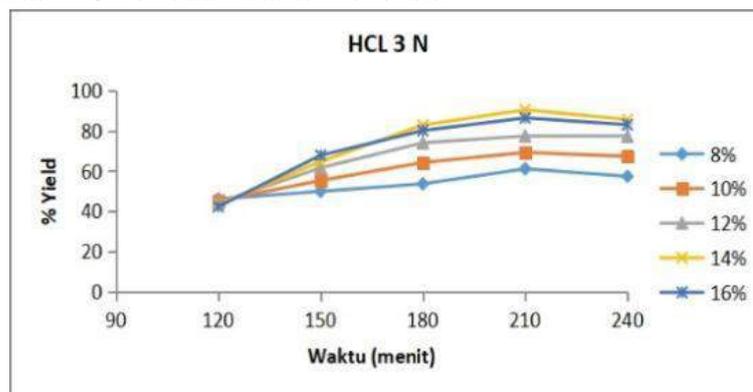
Pengaruh konsentrasi HCL 2,5 N dan waktu hidrolisis



Gambar 14. Grafik Pengaruh konsentrasi 2,5 N HCL dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Dari gambar 14. Kadar % yield yang dihasilkan paling besar terjadi pada sampel delignifikasi dengan konsentrasi NaOH 14% pada waktu hidrolisis 210 menit yaitu 79,4794%. Pada gambar terlihat jelas bahwa semakin lama waktu pada proses hidrolisis dan semakin besar konsentrasi pada proses delignifikasi NaOH maka semakin besar pula kadar % yield yang dihasilkan. Namun pada hal ini terjadi penurunan pada sampel dengan delignifikasi NaOH 16 % karena terjadinya pengurangan lignin paling besar mengakibatkan kadar lignin yang tersisa pada sampel paling sedikit.

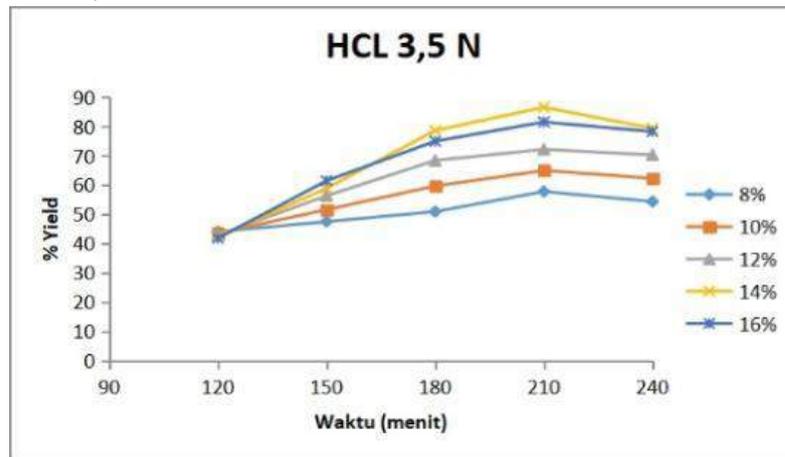
Pengaruh konsentrasi HCL 3 N dan waktu hidrolisis



Gambar 15. Grafik Pengaruh konsentrasi 3 N HCL dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Gambar 15. menunjukkan konsentrasi delignifikasi NaOH terhadap analisis kadar % yield. Pada gambar grafik konsentrasi HCL 3 N terlihat jelas bahwa semakin lama waktu pada proses hidrolisis maka semakin besar pula kadar % yield yang dihasilkan. Kadar % yield yang dihasilkan paling besar terjadi pada sampel delignifikasi dengan konsentrasi NaOH 14% pada waktu hidrolisis 210 menit dengan konsentrasi HCL 3 N yaitu 90,5423 %. Hal ini terjadi karena pada sampel dengan delignifikasi NaOH 16 % terjadinya pengurangan lignin paling besar mengakibatkan kadar lignin yang tersisa pada sampel paling sedikit.

Pengaruh konsentrasi 3,5 N HCL dan waktu hidrolisis



Gambar 16. Grafik Pengaruh konsentrasi 3,5 N HCL dan waktu hidrolisis terhadap kadar yield yang dihasilkan dengan konsentrasi alkaline delignifikasi

Gambar 16. menunjukkan hasil Kadar % yield bioetanol paling besar terjadi pada sampel dengan delignifikasi NaOH 14% pada waktu hidrolisis 210 menit dengan konsentrasi HCL 3,5 N yaitu 86,6377%. Pada gambar terlihat jelas bahwa semakin lama waktu pada proses hidrolisis dan semakin besar konsentrasi pada proses delignifikasi NaOH maka semakin besar pula kadar % yield yang dihasilkan. Kesimpulan dari 5 grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa kadar % yield bioetanol yang dihasilkan pada sampel delignifikasi NaOH konsentrasi 14% dengan waktu hidrolisis 210 menit pada konsentrasi HCL 3 N adalah 90,5423% yield dan kadar % yield yang paling sedikit dihasilkan pada sampel delignifikasi NaOH 8% dengan waktu hidrolisis 120 menit pada konsentrasi HCL 1,5 N adalah 38,0694%. Jadi semakin besar konsentrasi larutan HCL dan waktu yang digunakan ketika proses hidrolisis maka semakin besar pula kadar % yield bioetanol yang dihasilkan.

Secara teori asam kuat adalah asam yang terionisasi secara sempurna dalam air dan menghasilkan suatu proton (H+) yang ditransferkan ke dalam molekul air. Proton dari asam akan berinteraksi cepat dengan oksigen pada ikatan glikosida yang menghubungkan antar gula. Menurut Fengel dan Wagener (1995) langkah ini diikuti dengan pemecahan yang lambat dari ikatan C-O menghasilkan zat antara kation karbonium siklis. Akhirnya kation karbonium mulai mengadisi molekul air dengan cepat, membentuk hasil akhir (glukosa) yang stabil dan melepaskan proton.

KESIMPULAN

Penurunan kadar lignin paling tinggi ditunjukkan pada *pretreatment* menggunakan basa kuat yaitu NaOH dengan konsentrasi tertinggi (14%) penurunan mulai dari 10,7847 % menjadi 7,1712 %. Persen kandungan selulosa optimum sebanyak 32,66% dan hemiselulosa optimum sebanyak 29,73% pada konsentrasi NaOH 14%. Hasil didapat melalui proses delignifikasi menggunakan basa kuat (NaOH). kadar % yield bioetanol pada sampel delignifikasi NaOH konsentrasi 14% dengan waktu hidrolisis 210 menit dengan menambahkan H₂SO₄ konsentrasi 3 N pada proses hidrolisis adalah 77,9560% yield. Hasil kadar % yield bioetanol pada sampel delignifikasi NaOH konsentrasi 14% dengan waktu hidrolisis 210 menit pada konsentrasi HCL 3 N adalah 90,5423% yield. Hasil terbaik yang didapat dari penelitian ini yaitu pada sampel delignifikasi NaOH konsentrasi 14%, waktu hidrolisis terbaik 210 menit dengan menggunakan penambahan katalis asam kuat HCL pada konsentrasi 3 N.

DAFTAR PUSTAKA

- Asyeni, Tamzil. 2017. *Pemanfaatan Sabut Kelapa Menjadi Bioetanol dengan Proses Delignifikasi Acid-Pretreatment*. Jurnal Teknik Kimia No 4, Vol 23
- Badger, P.C. 2002. Ethanol from cellulose: A general review. *Janick and A. Whipkey (Ed.). Trends in New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexandria, VA: 17–21.
- Berdasarkan Lembar Data Keselamatan Bahan Menurut Peraturan UE No 1907/2006, revisi tanggal 03.04.2018
- Djojonegoro, W., (2005), Pemanfaatan BioEtanol sebagai Bahan Bakar Kendaraan Berbahan Bakar Premium <http://www.renewableenergypartners.org/ethanol.html>
- Erlita yuni. 2016. Upsus siwab mendongkel populasi sapi. Dinas peternakan dan kesehatan hewan provinsi sumatera barat. <http://www.sumbarprov.go.id/details/news/9178>
- Fengel, D. & Wegener, G. 1995. Kimia Kayu, Reaksi Ultrastruktur: Terjemahan Hardjono, S. UGM Press, Yogyakarta.
- Hafni Indriati Nasution; Ratna Sari Dewi, Primajogi Hasibuan 2016, **Pembuatan** Etanol dari Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum schumach*) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan fermentasi *Saccharomyces cerevisiae*, *Jurnal pendidikan kimia*, ISSN:2085-3653, Vol. 8, No. 2, Agustus 2016, 144-151
- Hendriks, A.T. and Zeeman, G. (2009) Pretreatments to Enhance the Digestibility of Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Technology*, 100, 10-18.
- Hamelinck, C.N., Van Hooijdonk, G. and Faaij, A.P.C. (2005) Ethanol from Lignocellulosic Biomass: Techno-Economic Performance in Short-, Middleand Long Term. *Biomass and Bioenergy*, 28, 384-410.
- Isroi, dkk., (2013), *Effect of Manganese and Copper on Biological Pretreatment of Oil Palm Empty Fruit Bunches by Pleurotus Floridanus LIPIMC99*
- Kumar P, Barrett DM, Delwiche MJ, Stroeve P. 2009. Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. *Ind. Eng. Chem. Res.* 48, 3713–3729.
- Laopaiboon, P, Thani, A., Leelavatcharamas, V., dan Laopaiboon, L., 2009. Acid hydrolysis of sugarcane bagasse for lactic acid production. *Bioresource Technology*. 101(3), 1036-1043

- Mosier, N., *et al.* 2005. Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Technology* 96(2005): 673-686.
- Mardina, P, Adelina I. Talalangi , Jhon F. M. Sitinjak, Andri Nugroho , M. Reza Fahrizal, 2013, Pengaruh proses delignifikasi pada produksi glukosa dari tongkol jagung dengan hidrolisis asam encer, *jurnal Konversi*, Volume 2 No. 2, Oktober 2013, hal 17-23
- Oktavianus, F., Sigiro, R.M., Bustan, M.D., (2013), Pembuatan Bioetanol Dari Batang Jarak Menggunakan Metode Hidrolisa Dengan Katalis Asam Sulfat, *Jurnal Teknik Kimia*
- Retno Dyah dan Nuri Wasir. 2011. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” ISSN 1693 – 4393 Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta.
- Rukmana, Rahmat dan Yudirachman, Herdi. 2015. *Untung Selangit dari Agribisnis Teh*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Rukmana, R., (2005), *Budi Daya Rumput Unggul Hijauan Pakan Ternak*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Sun Y., Cheng J. 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A Review. *Bioresource Technology*.
- Sahare, P., Singh, R., Laxman, S., dan Rao, M., 2012. Effect of alkali pretreatment on the structural properties and enzymatic hydrolysis of corn cob. *Applied biochemistry and biotechnology*. 168(7), 1806-1819.
- Sari, N. K. 2009. *Produksi Bioethanol dari Rumput Gajah secara Kimia*. JTKI Vol. 4(1), p. 265-273.
- Setiawati , D.R., Sinaga, A.R., Dewi, T.K., (2013), Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok, *Jurnal Teknik Kimia*
- Taherzadeh, Mohammad J. 2007. Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials. *Bio Resources* 2(3), 472-499.
- Taherzadeh MJ dan Karimi K. 2008. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: A Review. *Int. J. Mol. Sci.* 9: 1621-1651.