

## OPTIMASI PELARUT NaOH DAN HCl PADA PROSES PEMBUATAN PULP SELULOSA DARI LIMBAH JERAMI PADI (*Oryza Sativa*)

Zulmanwardi<sup>1)</sup>, Rosalin<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

The purpose of this study was to find the optimum concentration of NaOH and HCl in the making of pulp from rice straw with the main indicator was cellulose content in pulp products. The method of this research was carried out using an alkaline process by varying the concentration of the solvent NaOH, i.e. 1%, 2%; 3%; and 4%, as well as the HCl at various concentration of 0.1 M; 0.2 M; 0.3 M; and 0.4 M, with a heating temperature of 90°C for 1 hour, and analysis the levels of cellulose, hemicellulose, and lignin.

The results showed that the optimum concentration of NaOH was 2%, and the HCl was 0.4 M, yielded the highest cellulose content, namely 80.37%, from 35.45% of the cellulose content of raw material, the hemicellulose level decreased to 6.16%. from the raw material hemicellulose content of 48.04%, the lignin content also decreased to 2.19% from the lignin content of raw material of 9.55%. In the future, this research is expected to increase the utilization of rice straw waste as an alternative raw material for the cellulose pulp industry that could increase economic value thereby increasing the welfare of farmers. Cellulose pulp can be also used as a biopolymer for the bioplastic industry and raw material for the paper industry.

**Keyword:** pulp, cellulose, rice straw, hemicellulose, lignin.

### 1. PENDAHULUAN

Jerami padi (*Oryza sativa*) adalah bagian batang dan tangkai tanaman padi setelah dipanen butir-butir buahnya. Jerami padi mengandung 37,71% selulosa, 21,99% hemiselulosa, dan 16, 62% lignin [1]. Kandungan selulosa yang cukup tinggi ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal antara lain sebagai bahan biopolymer untuk meningkatkan kuat tarik bioplastik. Limbah jerami padi merupakan bahan lignoselulosa yang tersedia dalam jumlah besar dan belum dimanfaatkan secara optimal di Indonesia. Biasanya jerami padi digunakan untuk pakan ternak dan sisanya dibiarkan membusuk atau dibakar. Hal ini akan menghasilkan polutan (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>x</sub>) yang dapat merusak lingkungan. Pemanfaatan jerami padi untuk keperluan industri, mempunyai beberapa kendala salah satunya perlu mengubah beberapa komponen penyusun jerami padi. Selulosa jarang ditemui dalam bentuk murni karena masih berbentuk lignoselulosa. Lignoselulosa merupakan gabungan antara selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen jerami padi terdiri atas selulosa (35-50 %), hemiselulosa (20-35 %) dan lignin (10-25 %). Jerami padi yang mengandung selulosa dapat dijadikan sebagai bahan pembuat pulp, karena selain persediaannya yang banyak di Indonesia, dan juga dapat menggantikan bahan baku kayu di hutan sebagai bahan baku pembuatan pulp. Selulosa, hemiselulosa, dan lignin merupakan komponen penyusun tumbuhan yang berfungsi membentuk bagian struktural dan sel tumbuhan. Selulosa adalah senyawa yang tidak larut di dalam air dan ditemukan pada dinding sel tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan, dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Selulosa adalah polimer yang tersusun atas unit-unit glukosa melalui ikatan β-1,4-glikosida. Bentuk polimer ini memungkinkan selulosa saling menumpuk atau terikat menjadi bentuk serat yang sangat kuat. Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa dengan menggunakan asam atau enzim. Proses hidrolisis sangat penting karena selulosa yang terkandung pada tumbuhan berasosiasi dengan hemiselulosa di dalam lignoselulosa sehingga hidrolisis yang tidak optimal akan menurunkan kualitas selulosa yang dihasilkan [2]. Hemiselulosa mirip dengan selulosa, namun tersusun dari bermacam-macam jenis gula. Monomer gula penyusun hemiselulosa terdiri dari monomer gula berkarbon 5 (C-5) dan 6 (C-6), seperti; xylosa, mannose, glukosa, galaktosa, arabinosa, dan sejumlah kecil rhamnosa, asam glukoroat, asam metal glukoroat, dan asam galaturonat. Sedangkan lignin adalah molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Lignin merupakan salah satu bagian yang berbentuk kayu dari tanaman seperti janggol, kulit keras, biji, bagian serabut kasar, akar, batang dan daun. Lignin mengandung substansi yang kompleks dan merupakan suatu gabungan beberapa senyawa yaitu karbon, hidrogen dan oksigen.

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Zulmanwardi, Telp 081243924542, [zulward@yahoo.com](mailto:zulward@yahoo.com)

Pulp adalah hasil pemisahan lignin untuk memperoleh selulosa dari bahan berserat melalui berbagai proses pembuatannya. Pulp terdiri dari serat-serat (selulosa dan hemiselulosa). Untuk proses pembuatan pulp tersebut ada tiga metode yang dapat digunakan, yaitu secara mekanis, semikimia, dan kimia. Pada penelitian ini proses pembuatan pulp dari jerami padi menggunakan metode semikimia, yaitu pemisahan serat-serat dari bahan pencampur memakai alat penghancur dan bahan natrium hidroksida (NaOH) dan asam chlorida (HCl). Jerami padi merupakan bahan baku yang mengandung banyak serat pendek. Proses basa merupakan proses yang paling cocok untuk memperoleh pulp dari jerami dengan sifat kekuatan yang paling tinggi. Proses basa adalah salah satu proses pembuatan pulp dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH) sebagai bahan kimia pemasak. Pemakaian natrium hidroksida (NaOH) ini bertujuan untuk meluruhkan lignin (proses delignifikasi). Delignifikasi dilakukan karena lignin dapat meningkatkan kekakuan suatu bahan, sedangkan pemakaian asam chlorida (HCl) untuk meluruhkan hemiselulosa sehingga hanya selulosa yang terkandung dalam pulp. Hemiselulosa perlu dihilangkan karena dapat meningkatkan kerapuhan bahan. Prinsip dasar pembuatan pulp adalah mengambil sebanyak-banyaknya serat selulosa (*fiber*) yang ada dalam jerami padi dan menghilangkan kandungan lignin dan ekstraktif [2].

Penelitian pendahuluan pembuatan pulp yang sudah pernah dilakukan, antara lain: Mucklin (2009), pembuatan *pulp* secara semi kimia yaitu kombinasi antara mekanis dan kimia, mekanis yakni dengan pengikisan dengan menggunakan alat seperti gerinda. Proses semi kimia termasuk ke dalam proses ini diantaranya CTMP (*Chemi Thermo Mechanical Pulping*) dengan memanfaatkan suhu untuk mendegradasi lignin sehingga diperoleh pulp yang memiliki rendemen yang lebih rendah dengan kualitas yang lebih baik daripada pulp dengan proses mekanis [3]. Sun dan Cheng (2012), menggunakan proses delignifikasi atau *pretreatment* lignoselulosa yaitu proses pemecahan ikatan lignin. Lignin merupakan komponen makro molekul kayu yang berikatan secara kovalen dengan selulosa dan hemiselulosa. Proses delignifikasi bertujuan untuk mendegradasi lignin secara selektif dan menguraikan ikatan kimianya baik ikatan kovalen, ikatan hidrogen maupun ikatan van der Waals, dengan komponen kimia lain pada bahan berlignoselulosa (selulosa dan hemiselulosa), diusahakan komponen lain tersebut tetap utuh. Dengan demikian, substrat selulosa dan hemiselulosa yang tersisa akan lebih mudah diakses oleh enzim pengurai termasuk enzim hidrolisis [3]. Sedangkan [4], proses pembuatan *pulp* atau *pulping* adalah dengan proses pemisahan serat dari bahan yang mengandung lignoselulosa seperti kayu, bambu, kapas, atau sisa bahan hasil pertanian (tandan kosong kelapa sawit, ampas tebu, jerami dan serat nenas). Ada beberapa macam proses pulping yaitu proses pembuatan *pulp* konvensional, dan proses pembuatan pulp non-konvensional (*pulp organosolve*) [4]. Sedangkan pembuatan pulp dari jerami pada penelitian ini menggunakan metode *proses basa*. Namun demikian hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan menjadi dasar penelitian ini.

Secara umum penelitian ini bertujuan membuat pulp selulosa dengan memanfaatkan jerami padi. Secara khusus penelitian ini bertujuan: 1) Mencari kondisi optimum konsentrasi NaOH, 2) Mencari kondisi optimum konsentrasi HCl, 3) Menguji kadar selulosa, hemiselulosa, dan kadar lignin pulp jerami padi.

Hasil penelitian ini ditargetkan untuk mendapat kondisi proses produksi pulp selulosa dari jerami padi yang optimum dan memungkinkan industri dapat memproduksi dengan biaya yang lebih murah tanpa mengurangi mutu produk.

## 2. METODE PENELITIAN

Peralatan yang dipakai adalah alat pencacah dan *crusher* yang berfungsi untuk menghancurkan dan menghaluskan bahan baku, ayakan mesh no. 60, oven, timbangan analitis, *stirrer*, pemanas air yang dilengkapi *stirrer*, gelas kimia (*beaker glass*). Oil bath, dan alat refluks. Bahan baku yang digunakan untuk percobaan adalah. Limbah jerami padi dari Kabupaten Maros Sulawesi Selatan, atau daerah persawahan yang sudah dipanen. Bahan kimia yang digunakan adalah: NaOH, HCl, Aquadest, asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH), dan natrium hipoklorit (NaOCl), dan bahan-bahan kimia untuk analisis. Kondisi Operasi: 1) Konsentrasi NaOH: 1%; 2%, 3%; dan 4%, 2) Konsentrasi HCl: 0,1 M; 0,2 M; 0,3 M; dan 0,4 M, 3) Suhu pemanasan 90°C, 4) Waktu pemanasan 1 jam. Metode Analisis dilakukan untuk: 1) Analisis kadar selulosa, 2) Analisis kadar Hemiselulosa, 3) Analisis kadar lignin.

### Persiapan bahan baku (Jerami padi)

- Bahan baku jerami padi ± 200 gram terlebih dahulu dicuci dan dikeringkan dibawah sinar matahari untuk menghilangkan kandungan airnya. Setelah kering jerami padi digiling menggunakan alat penggiling sampai berbentuk serbuk yang halus. Kemudian sampel diayak dengan ayakan ukuran 60 mesh.
- Serbuk Jerami padi kemudian dilakukan pengujian kadar hemiselulosa, kadar selulosa, dan kadar lignin.

### Pembuatan *Pulp* dari Jerami Padi

Pembuatan *pulp* dari jerami padi mengacu metode yang digunakan oleh Norashikin, M.Z. dan M.Z. Ibrahim dengan modifikasi [5], yaitu:

- Sebanyak 10 gram serbuk jerami padi direndam pada suhu 90°C selama 1 jam dalam 200 ml larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan variasi 1%, 2%, 3%, dan 4%, kemudian disaring dan dikeringkan.
- Setiap 2 gram dari hasil tersebut, dilakukan pemanasan selama 2 jam dengan 36 ml larutan asam chlorida (HCl) variasi 0,1 M, 0,2 M, 0,3 M, dan 0,4 M kemudian disaring dan dikeringkan .
- Residu ditambahkan dengan NaClO 12% dan dimasukkan dalam oven suhu 105°C selama 20 menit.
- Residu dicuci dengan aquades dan dikeringkan kembali.
- Setiap 2 gram dari hasil tersebut ditambahkan dengan aquades sebanyak 100 mL dipanaskan hingga terbentuk pulp.
- Dilakukan pengujian kadar hemiselulosa, kadar selulosa, dan kadar lignin pulp dari jerami padi.

#### Uji Kadar Hemiselulosa, Kadar Selulosa, dan Kadar Lignin Pulp

Pengujian kadar hemiselulosa, kadar selulosa, dan kadar lignin pada pulp jerami padi menggunakan metode *Chesson-Datta* yang dimodifikasi, yaitu:

- Sebanyak 1 gram sampel (A) ditambahkan 100 mL aquades kemudian direfluks pada suhu 100°C dalam *waterbath* selama 1 jam.
- Hasil refluks tersebut kemudian disaring dan residunya dicuci dengan air panas  $\pm$  300 mL.
- Residu yang diperoleh dikeringkan dengan oven hingga beratnya konstan kemudian ditimbang (B).
- Residu ditambahkan 150 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N kemudian direfluks dalam *water bath* selama 1 jam pada suhu 100°C.
- Hasilnya disaring dan dicuci dengan aquades  $\pm$  300 mL lalu dikeringkan dan ditimbang (C).
- Residu kering direndam dalam 10 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% pada suhu kamar selama 4 jam kemudian ditambahkan 150 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N dan direfluks dalam *water bath* selama 1 jam pada suhu 100°C.
- Residu yang diperoleh disaring dan dicuci dengan aquades sampai netral kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C dan hasilnya ditimbang (D), selanjutnya residu diabukan dengan furnace pada suhu 575 $\pm$ 25°C dan ditimbang (E).
- Perhitungan kadar hemiselulosa, kadar selulosa, dan kadar lignin pulp jerami padi dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar hemiselulosa} = (B-C)/A \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Kadar selulosa} = (C-D)/A \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Kadar lignin} = (D-E)/A \times 100\% \quad (3)$$

Data yang diperoleh dari percobaan ini adalah kadar hemiselulosa, kadar selulosa, dan kadar lignin. Dari data tersebut dapat dilakukan evaluasi untuk menentukan kondisi optimum dari parameter yang diuji. Indikator evaluasi adalah: nilai kadar selulosa tertinggi, nilai kadar hemiselulosa dan lignin terendah.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1) Pembuatan Pulp dari Jerami Padi

*Pulp* adalah hasil pemisahan hemiselulosa dan lignin untuk memperoleh selulosa dari bahan berserat (jerami padi) melalui berbagai proses pembuatannya. *Pulp* terdiri dari serat-serat (selulosa dan hemiselulosa). Prinsip dasar pembuatan pulp adalah mengambil sebanyak-banyaknya serat selulosa (*fiber*) yang ada dalam jerami padi dan mengurangi kandungan lignin. [2]. Bahan baku jerami padi (*Oryza sativa*) diolah menjadi *Pulp*, yang menggunakan proses semikimia yaitu kombinasi proses mekanis (pengecilan ukuran bahan baku) dan bahan kimia dengan berbagai variabel proses yaitu variasi konsentrasi larutan natrium hidroksida (NaOH), dan variasi konsentrasi larutan asam chlorida (HCl). Hasil uji kadar selulosa bahan baku (jerami padi) adalah 35,45%, hemiselulosa 48,04%, dan lignin 9,55%.

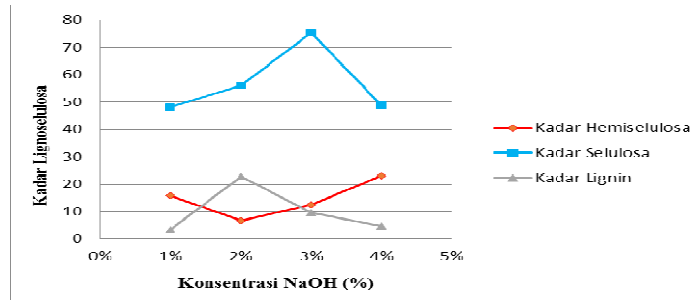
#### 2) Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kadar lignoselulosa (selulosa, hemiselulosa, dan lignin).

Penambahan NaOH bertujuan untuk meluruhkan lignin yang terkandung dalam bahan baku atau disebut juga dengan proses delignifikasi. Delignifikasi dilakukan karena lignin dapat meningkatkan kekuatan suatu bahan. (Monariqsa dkk., 2012). Konsentrasi NaOH yang digunakan pada penelitian ini adalah 1%, 2%, 3%, dan 4%.

Hasil penelitian menunjukkan kadar selulosa meningkat pada proses pemasakan dengan pelarut NaOH untuk konsentrasi 3% yaitu 75,287 % dari kadar selulosa 35,45% dalam bahan baku jerami padi. Proses delignifikasi menyebabkan kadar selulosa meningkat. Hal ini disebabkan ketika proses delignifikasi berlangsung, NaOH yang digunakan mampu melarutkan lignin dan merusak struktur selulosa yang mengakibatkan serat-serat selulosa semakin longgar sehingga mudah dihidrolisis [7]. Konsentrasi NaOH 4%

kadar selulosanya menurun yaitu 48,744%. Hal ini disebabkan, konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi akan mengakibatkan kadar lignin semakin banyak terluruhkan. Akan tetapi pemakaian konsentrasi larutan pemasak (NaOH) yang berlebihan tidak terlalu baik karena akan menyebabkan selulosa terdegradasi. Hal ini dibuktikan untuk konsentrasi NaOH 4%, kadar selulosa menurun menjadi 48,774%, sedangkan lignin dari kadar awal bahan baku 9,55% menjadi 4,605%.

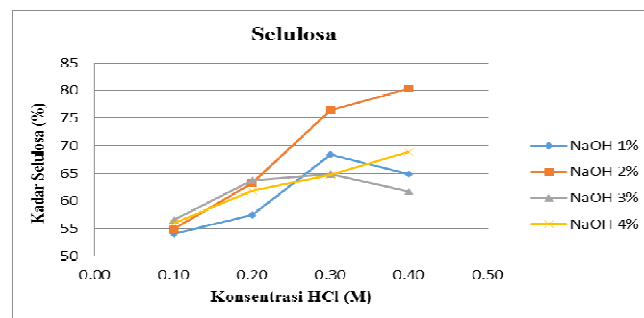
Proses delignifikasi atau *pretreatment* lignoselulosa merupakan proses pemecahan ikatan lignin. Lignin merupakan komponen makro molekul dalam bahan yang berikatan secara kovalen dengan selulosa dan hemiselulosa. Proses delignifikasi bertujuan untuk mendegradasi lignin secara selektif dan menguraikan ikatan kimianya baik ikatan kovalen, ikatan hidrogen maupun ikatan *van der waals*, dengan komponen kimia lain pada bahan berlignoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) [3]. Grafik pengaruh konsentrasi NaOH terhadap Lignoselulosa, dapat dilihat pada Gambar 4.1.



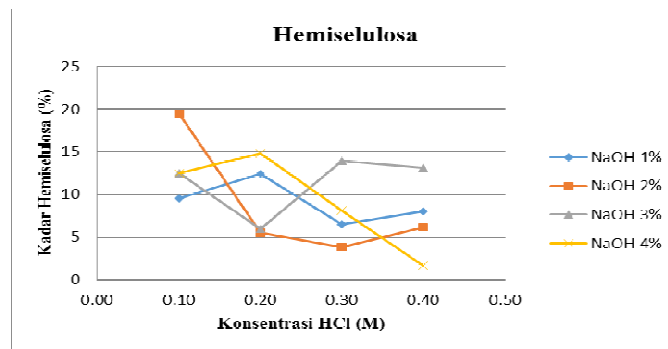
Gambar 1. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kadar lignoselulosa

### 3) Pengaruh konsentrasi asam chlorida (HCl) terhadap kadar lignoselulosa.

Asam klorida (HCl) berfungsi untuk meluruhkan hemiselulosa dalam bahan baku. Hemiselulosa merupakan kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul rendah. Hemiselulosa relatif lebih mudah dihidrolisis dengan asam menjadi monomer yang mengandung glukosa, monnosa, galaktosa, xilosa dan arabinosa. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa yang membentuk *mikrofibril* yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat. Variasi HCl yang digunakan ialah 0,1 M, 0,2 M, 0,3 M, dan 0,4 M pada setiap proses pemasakan variasi NaOH. Grafik pengaruh konsentrasi HCl dan NaOH terhadap kadar lignoselulosa (selulosa, hemiselulosa, dan lignin), dapat dilihat pada Gambar 2 hingga Gambar 3.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi HCl dan NaOH terhadap kadar selulosa.



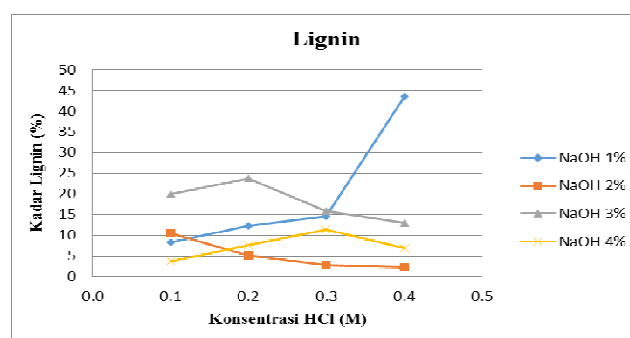
Gambar 3. Pengaruh konsentrasi HCl dan NaOH terhadap kadar hemiselulosa

Hasil penelitian menunjukkan, peningkatan kadar selulosa tertinggi didapat pada konsentrasi larutan NaOH 2% dan HCl 0,4 M yaitu dari 35,45% (bahan baku) menjadi 80,367% (Gambar 2). Hal ini disebabkan dengan penambahan HCl dapat meluruhkan hemiselulosa sehingga kadar hemiselulosa dalam *pulp* menurun menjadi 6,162%. Hemiselulosa terhidrolisis dengan asam membentuk monomer yang mengandung glukosa, sedangkan selulosa merupakan gabungan beberapa rantai panjang glukosa hasil hidrolisis hemiselulosa oleh HCl membentuk glukosa dan bersatu ke selulosa membentuk rantai panjang yang menyebabkan kadar selulosa meningkat.

Penurunan kadar hemiselulosa tertinggi terjadi pada konsentrasi HCl 0,4% dengan pelarut NaOH 4% yaitu dari kadar hemiselulosa 48,035% (bahan baku) menjadi 1,701% (*pulp*). Namun pada kondisi ini kadar selulosa menurun yaitu 68,886%. Hal ini disebabkan pada konsentrasi NaOH terlalu tinggi (4%) sebagian selulosa terdegradasi (Gambar 3), dan juga terjadi peningkatan kadar lignin dalam *pulp* menjadi. Kadar lignin yang tinggi disebabkan oleh NaOH yang memisahkan sebagian besar lignin, tetapi juga melarutkan sejumlah tertentu hemiselulosa dan selulosa sehingga kadarnya menurun dan lignin meningkat. Suhu dan lama pemasakan menyebabkan lignin yang tadinya terpecah kembali menyatu dalam *pulp* sehingga kadar selulosa ikut terlarut dan meningkatkan kadar lignin [6].

Penurunan kadar lignin tertinggi terjadi pada konsentrasi HCl 0,4 M dengan pelarut NaOH 2 %, yaitu dari kadar lignin 9,55% (bahan baku) menjadi 2,186% dalam *pulp* (Gambar 4).

Hasil penelitian menunjukkan, peningkatan kadar selulosa tertinggi didapat pada konsentrasi larutan NaOH 2% dan HCl 0,4 M yaitu dari 35,45% (bahan baku) menjadi 80,367% (Gambar 2). Hal ini disebabkan dengan penambahan HCl dapat meluruhkan hemiselulosa sehingga kadar hemiselulosa dalam *pulp* menurun menjadi 6,162%. Hemiselulosa terhidrolisis dengan asam membentuk monomer yang mengandung glukosa, sedangkan selulosa merupakan gabungan beberapa rantai panjang glukosa hasil hidrolisis hemiselulosa oleh HCl membentuk glukosa dan bersatu ke selulosa membentuk rantai panjang yang menyebabkan kadar selulosa meningkat.



Gambar 4 pengaruh konsentrasi HCl dan NaOH terhadap kadar lignin

Penurunan kadar hemiselulosa tertinggi terjadi pada konsentrasi HCl 0,4% dengan pelarut NaOH 4% yaitu dari kadar hemiselulosa 48,035% (bahan baku) menjadi 1,701% (*pulp*). Namun pada kondisi ini kadar selulosa menurun yaitu 68,886%. Hal ini disebabkan pada konsentrasi NaOH terlalu tinggi (4%) sebagian selulosa terdegradasi (Gambar 3), dan juga terjadi peningkatan kadar lignin dalam *pulp* menjadi. Kadar lignin

yang tinggi disebabkan oleh NaOH yang memisahkan sebagian besar lignin, tetapi juga melarutkan sejumlah tertentu hemiselulosa dan selulosa sehingga kadarnya menurun dan lignin meningkat. Suhu dan lama pemasakan menyebabkan lignin yang tadinya terpecah kembali menyatu dalam pulp sehingga kadar selulosa ikut terlarut dan meningkatkan kadar lignin.

Penurunan kadar lignin tetinggi terjadi pada konsentrasi HCl 0,4 M dengan pelarut NaOH 2 %, yaitu ari kadar lignin 9,55% (bahan baku) menjadi 2,186% dalam pulp (Gambar 4).

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan, proses pembuatan pulp selulosa dari jerami padi dapat menggunakan larutan NaOH dan HCl, dengan kondisi:

- 1) Kondisi optimum konsentrasi NaOH adalah 2%,
- 2) Kondisi optimum konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah 0,4 M, dan
- 3) Nilai kadar lignoselulosa pulp selulosa yang didapat pada kondisi optimum tersebut adalah: kadar selulosa 80,37%, kadar hemiselulosa 6,16%, kadar lignin 2,19%.

##### b. Saran

- 1) Volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% untuk analisis lignoselulosa, sebaiknya ditingkatkan agar dapat melarutkan residu *pulp*.
- 2) Variasi waktu pemasakan jerami padi dengan NaOH dan variasi waktu perendaman HCl pada proses pembuatan pulp jerami padi perlu ditambah.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratiwi, Rimadan., Dwiyantri Rahayu, dan Melisa I. Barliana, "Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) sebagai Bahan Bioplastik", Jurnal IJPST, Vol. 3, No. 3, Oktober 2016.
- [2] Monariqsa, Dian, Niken Oktora, Andriani Azora, Dormian A N Haloho, Lestari Simanjuntak, Arison Musri, Adi Saputra, dan Aldes Lesbani. "Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dan Kayu Serbuk Industri Mebel", Jurnal Penelitian Sains 15, No. 3, pp. 96-101, 2012.
- [3] Sun and Cheng, Review Paper, "Fermentation of Lignocellulostic Hydrolysates, II: Inhibitors and Mechanisms of Inhibition". *Bioresource Technology*. 74, pp. 25-33, 2012.
- [4] Retnowati, Dian, "Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Proses Isolasi dan Karakterisasi Lignin pada Lindi Hitam Hasil Pulping Formacell dari Tandan Kosong Kelapa Sawit", Skripsi. Bandar Lampung: Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, 2017.
- [5] Norashikin, M.Z. and M.Z. Ibrahim. "Fabrication and Characterization of Sawdust Composite Composite Biodegradable Film". *World Academy of Science, Engineering and Technology* 65, 2010.
- [6] Zulmanwardi, dan Vilia D. Paramita, "Proses Pembuatan Pulp Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*)", *Prosiding Seminar Nasional PPM 2019*, pp. 75-80. *Biodegradable Film. World Academy of Science, Engineering and Technology* 65, 2010.
- [7] Saleh. A., M.D, M., Pakpahan dan N. Angelina, "Pengaruh konsentrasi pelarut, temperatur dan waktu pemasakan pada pembuatan pulp dari sabut kelapa muda". *Jurnal Teknik Kimia* 16 (3). (Online) diakses 28 Agustus 2019, 2009.