

Penurunan Kadar Lignin Pada Daun Pandan Berduri (*Pandanus Tectorius*) Sebagai Serat Alam Menggunakan Larutan Asam Sulfat Dan Soda Kaustik

Andini Maryani^{*1}, Erwana Dewi², Yuniar³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Email: ¹andinimaryani2@gmail.com, ²erwanadewi@gmail.com, ³yuniar@polsri.ac.id

Abstrak

Daun pandan adalah tanaman yang berpotensi menghasilkan serat dan banyak dimanfaatkan sebagai zat pewarna alami dalam makanan. Bagian tumbuhan pandan yang banyak mengandung seratnya adalah terletak pada bagian daunnya. Pengolahan serat daun pandan dimana daun pandan didapatkan dari memanfaatkan sumberdaya alam yang ada kemudian akan diolah menjadi sumber bahan baku tekstil. Pembuatan yang dilakukan dengan metode manual (tangan) dapat memerlukan waktu yang sangat lama. Pembuatan serat daun pandan dalam penelitian ini menggunakan peralatan berupa mesin dekortikator dan tidak memakan waktu yang lama dalam proses pembuatannya dengan menggunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH), Asam Sulfat (H₂SO₄). Penelitian ini berpengaruh pada penurunan kadar lignin. Pada konsentrasi NaOH 5% dengan waktu perendaman dengan waktu perendaman 6 jam, kadar lignin turun menjadi yang terendah yaitu 3,75%. Sebaliknya, dengan menggunakan 5% selama 6 jam kadar lignin turun menjadi 3,89%. Serta sifat fisik dari serat memiliki nilai kekuatan tertinggi terdapat pada konsentrasi NaOH 5% dengan waktu perendaman 2 jam yaitu 3,12 Mpa, sedangkan pada H₂SO₄ 5% 2 jam 1,32 Mpa.

Kata kunci: Daun Pandan, Dekortikator, lignin, Serat Daun Pandan, Sifat fisik

Reduction of Lignin Content In Prickly Pandanus Leaves (*Pandanus Tectorius*) As Natural Fiber Using Sulfuric Acid Caustic Soda Solutio

Abstract

Pandan leaves are a plant that has the potential to produce fiber and is widely used as a natural coloring agent in food. The part of the pandan plant that contains a lot of fiber is located in the leaves. Processing pandan leaf fiber is where pandan leaves are obtained from utilizing existing natural resources and then processed into source of textile raw materials. Making pandan leaf fiber in this research using equipment in the form of a decorticator machine and does not take a long time in the manufacturing process using a solution of Sodium Hydroxide (NaOH), Sulfuric Acid (H₂SO₄). This research has an effect on reducing lignin levels. At a concentration of 5% NaOH with a soaking time of 6 hours the lignin content dropped to the lowest at 3.75%. Conversely, by using a concentration of 5% H₂SO₄ for 6 hours the lignin content dropped to 3.89%. As well as the physical properties of the fiber have the highest strength value found in 5% NaOH concentration with a soaking time of 2 hours, namely 3.12 Mpa, while in H₂SO₄ 5% 2 hours 1.32 Mpa.

Keywords: Decorticator, lignin, Pandan Leaves, Pandan Leaf Fiber, Physical properties

1. PENDAHULUAN

Serat alam yang berasal dari Tumbuhan sering dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku karena ketersediaannya yang berkelanjutan dan penggunaannya yang lebih beragam dibandingkan dengan serat alam yang berasal dari hewan. Meskipun Serat dari tumbuhan memiliki kualitas yang lebih rendah. dibandingkan serat sintesis karena polimernya yang kurang baik, serat tumbuhan mudah terurai, sehingga penggunaannya lebih bervariasi salah satu jenis serat alami yang menjanjikan adalah *pandanus tectoricus*) (Haryadi dkk., 2015) [1]

Penggunaan serat alami adalah langkah untuk mengurangi dampak lingkungan akibat bahan ini mudah terurai secara alami. Selain itu, serat alami memiliki beberapa keuntungan, seperti ketersediaannya yang melimpah, mudah diperoleh, dan dapat diperbarui (Rodiawan, dkk., 2017) [2]

Pandan, atau *Pandanus tectorius*, adalah salah satu tanaman yang mungkin menghasilkan serat, tetapi saat ini digunakan hanya sebagai tanaman penghasil zat pewarna makanan dan sebagai bahan kerajinan.. Jenis serat

Pandanus tectorius hampir mirip dengan serat nanas, Karakteristik panjang, tidak mudah rapuh, dan mengkilat serat ini membuatnya lebih mudah untuk ditata saat membuat benang.

Penelitian (Silalahi, dkk., 2016) [3], Pengaruh perlakuan alkali dan pemanasan serat terhadap kekuatan tarik dengan perlakuan alkali NaOH 5% menunjukkan bahwa semakin lama pemanasan serat terhadap kekuatan kadar selulosa Penelitian (Widihastuti, dkk., 2011) [4] “Pengeolahan serat daun suji (*Pleomele Angustifolia*) untuk bahan baku alternatif tekstil “ Pada Penelitian ini proses pengambilan serat menggunakan proses secara manual sehingga Dalam penelitian ini, proses degumming, yang merupakan tahap paling penting dalam proses pengolahan serat, akan dilakukan dengan menggunakan mesin dekortikator, alat yang memudahkan pengambilan serat. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian pada proses *degumming* pada serat daun pandan dengan menggunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH), Asam Sulfat (H_2SO_4).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei hingga Juli 2024 di laboratorium Kimia Analisis Dasar, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Penelitian ini dilaksanakan setiap hari mulai pukul 08.00 hingga 16.00 WIB.

2.2. Alat dan Bahan

Penelitian ini memanfaatkan bahan-bahan berikut: daun pandan berduri (*pandanus tectorius*), NaOH 98%, H_2SO_4 98%, dan aquades.

Peralatan yang digunakan meliputi, alat dekortikator, neraca analitik, sarung tangan, hot plate, beaker, labu takar, corong, bola karet, kertas saring dan oven



Gambar 1. Alat Dekortikator

2.3. Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini variabel bebas menggunakan konsentrasi larutan NaOH dan H_2SO_4 yaitu masing-masing 2,5% dan 5% dan waktu perendaman dua, tiga, empat, lima, dan enam jam. Sedangkan variabel tetap pada penelitian ini adalah berat sampel yaitu 4 gram.

2.4. Persiapan bahan baku

Melakukan pemangkasan tanaman daun pandan berduri, kemudian membersihkan tanaman purun tikus dari kotoran yang masih terbawa dengan air.

2.5. Pembuatan Serat

Tanaman daun pandan dicuci terlebih dahulu dengan menggunakan air. Setelah itu, serat daun pandan diambil dengan menggunakan alat dekortikator sambil memegang ujung daun pandan. Proses ini dilakukan berulang kali hingga serat berhasil dihasilkan. Setelah serat dihasilkan, langkah berikutnya adalah melakukan penimbangan serat tersebut. Setelah itu, serat daun pandan direndam dalam larutan NaOH dan H_2SO_4 dengan konsentrasi masing-masing 2,5% dan 5%, dengan variasi waktu perendaman selama dua, tiga, empat, lima, dan enam jam. Setelah waktu perendaman tercapai, Serat dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa pelarut dan pengotor pada serat dan dikeringkan selama sekitar satu hari di bawah cahaya matahari langsung. Serat yang sudah dikeringkan kemudian ditimbang dan dilakukan pengujian.

2.6. Analisa Produk

1. Kadar Hemiselulosa Metode Chesson (Datta, 1981) [5]

Sebanyak 1–2 gram bahan kering (berat tetap) dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan 150 mL air suling dan dipanaskan dalam penangas 100 °C selama 2 jam. Kemudian melakukan penyaringan dan terakhir membilas dengan menambahkan akuades hingga volume filtrat mencapai 300 ml. Selanjutnya, Residu dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105°C , kemudian dilakukan penimbangan (a). Residu kering (a) kemudian dicampurkan dengan 150 ml larutan H₂SO₄ 1 N dan dipanaskan dalam penangas air pada suhu 100°C selama 1 jam. Selanjutnya, saring dan cuci sisa dengan akuades hingga volume filtrat mencapai 300 mililiter. Selanjutnya, keringkan residu dalam oven pada temperatur 105°C , dan kemudian timbang (b). Menghitung kadar hemiselulosa dengan rumus berikut:

$$\frac{a-b}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \tag{1}$$

2. Kadar Selulosa Metode Chesson (Datta, 1981).

Sampel yang sudah dikeringkan untuk analisis hemiselulosa (b) dicampur dengan 10 mL larutan H₂SO₄ 72% (v/v) pada suhu ruang selama empat jam.Selanjutnya, tambahkan 150 ml H₂SO₄ 1 N (untuk pengenceran) dan panaskan di dalam penangas air selama dua jam pada suhu 100°C. Lakukan penyaringan dan cuci dengan akuades hingga volume filtrat mencapai 400 ml.Keringkan residu dalam oven pada temperatur 150°, lalu timbang. Hitung kadar selulosa menggunakan rumus berikut:

$$\frac{b-c}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \tag{2}$$

3. Kadar lignin Metode Chesson (Datta, 1981)

Sampel yang sudah dikeringkan untuk analisis selulosa (c) kemudian dibakar selama 6 jam. Hitung kadar lignin menggunakan rumus berikut:

$$\frac{a-b}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \tag{3}$$

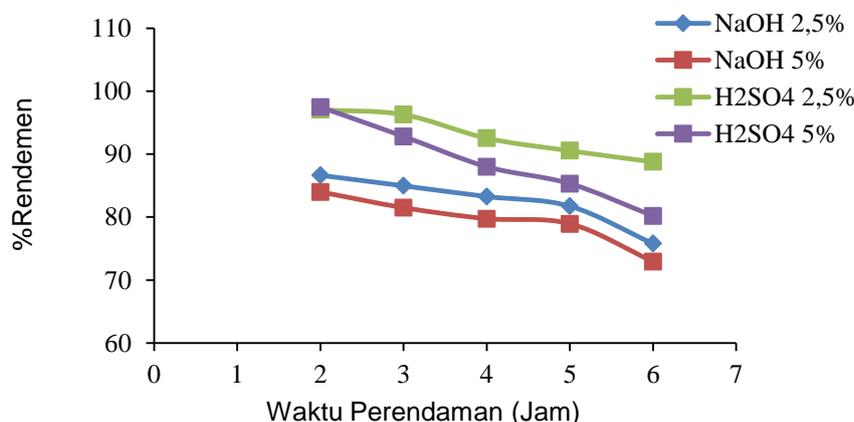
4. Kadar Air (sudarmadji,1997)

Memasukkan cawan porselin kedalam oven pada temperatur ± 105 °C selama 15-30 menit, lalu cawan porselin Dinginkan dalam desikator selama 10-15 menit, lalu timbang menggunakan neraca analitik. Menimbang sampel yang akan dianalisa sebanyak 2 gr di dalam cawan porselin, Keringkan di dalam oven pada temperatur 100-105°C selama 2 jam. Masukkan sampel dalam cawan porselin ke dalam desikator selama tiga puluh menit, lalu timbang menggunakan neraca analitik. Menghitung % kadar air dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{cawan} + \text{berat sampel awal}) - (\text{cawan} + \text{berat sampel akhir})}{(\text{cawan} + \text{berat sampel akhir}) - (\text{berat cawan kosong})} \tag{4}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penagaruh Waktu Perendaman dan konsentrasi pelarut terhadap % rendemen Searat Daun Pandan Berduri

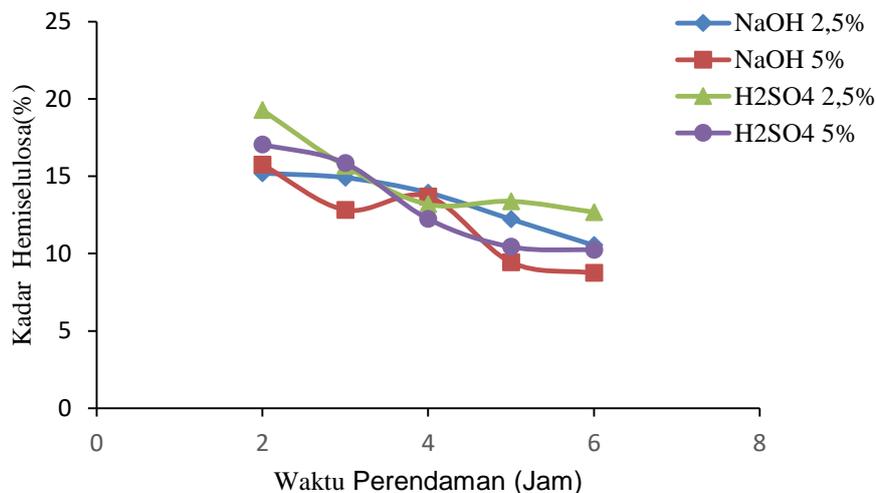


Gambar 2 Grafik pengaruh waktu dan konsentrasi pelarut terhadap % Rendemen

Dari grafik hubungan antara waktu perendaman dengan konsentrasi % Rendemen menunjukkan bahwa serat mengalami penurunan berat setelah direndam dalam larutan alkali (NaOH), yield terbesar diperoleh pada perlakuan alkali H₂SO₄ konsentrasi 5% dengan waktu perendaman 2 jam yaitu 97,46%. Ini terjadi karena semakin lama waktu perendaman pada serat daun pandan maka semakin berkurang kandungan pengotor yang menempel dan persen yield terkecil diperoleh Pada perlakuan 5% NaOH selama 6 jam, kadar yang diperoleh adalah 72,93%.

Hal ini menunjukkan bahwa lama perendaman dan konsentrasi yang digunakan mempengaruhi rendemen.. Hal ini karena semakin lama bahan berinteraksi dengan pelarut, proses penetrasi pelarut ke dalam sel bahan menjadi lebih efektif, sehingga senyawa yang terlarut dapat berdifusi keluar dari sel dengan lebih baik. karena semakin lama waktu perendaman pada serat daun pandan, maka semakin berkurang sisa kotoran pada serat.

3.2. Pengaruh Waktu Perendaman dan KonsentrasiPelarut terhadap Kadar Hemiselulosa Serat daun pandan berduri



Gambar 3. Pengaruh Waktu Perendaman dan Konsentrasi Pelarut terhadap Kadar Hemiselulosa Serat daun pandan berduri

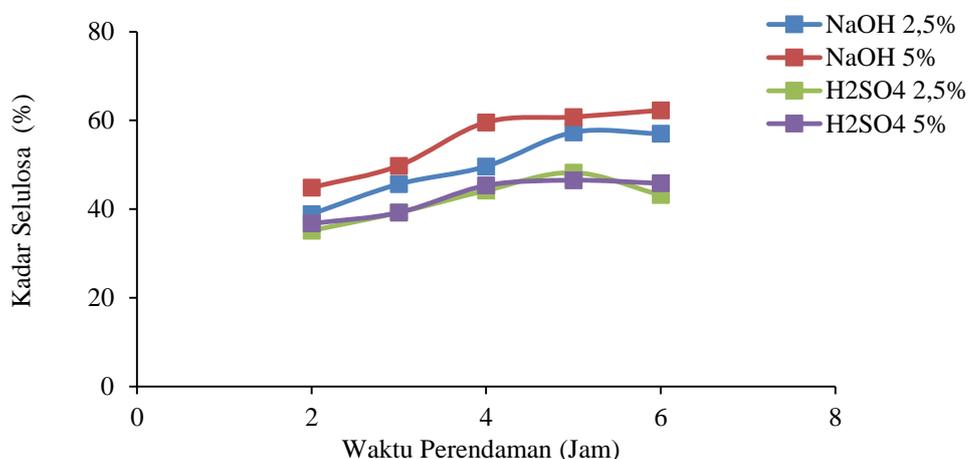
Dari Grafik menunjukkan bahwa Konsentrasi dan waktu perendaman memiliki pengaruh terhadap hemiselulosa dimana dalam serat pandan berduri semakin lama waktu perendaman dan semakin tinggi konsentrasi kadar hemiselulosa semakin menurun dimana kadar hemiselulosa cenderung meningkat berada pada pelarut H₂SO₄ dalam konsentrasi 2,5% (2 jam) yaitu pada 19,28% Hal ini terjadi karena kadar hemiselulosa mungkin tidak sepenuhnya terhidrolisis dan perendaman yang singkat yang mengakibatkan kadar hemiselulosa tinggi karena proses hidrolisisnya tidak efektif. dan kadar hemiselulosa terkecil berada dalam pelarut NaOH 2,5% pada 6 jam yaitu 9,75 % dimana semakin besar konsentrasi larutan dan semakin bertambah waktu perendaman maka semakin rendah kadar hemiselulosa yang dihasilkan pada proses perendaman peningkatan konsentrasi larutan dan waktu perendaman yang lama dapat menurunkan kadar hemiselulosa secara efektif dan peningkatan kadar hemiselulosa dapat disebabkan oleh ikatan lignin yang terputus akibat degradasi sehingga kadar hemiselulosa meningkat

Hal ini menunjukkan Kondisi Optimum berada pada pelarut NaOH konsentrasi 2,5% dengan waktu perendaman 6 jam yaitu 62,27%

3.3. Pengaruh Waktu Perendaman dan KonsentrasiPelarut terhadap Kadar selulosa Serat daun pandan berduri

Dari grafik diatas menunjukkan waktu perendaman dengan pelarut NaOH dan H₂SO₄ dimana cenderung meningkat karena semakin meningkat konsentrasi dan waktu perendaman maka semakin banyak pula selulosa yang dihasilkan pada proses perendaman .faatimah (2018) [6] menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula kandungan a-selulosa karena konsentrasi NaOH yang tinggi dapat Mengikat lebih banyak lignin. kadar selulosa terendah berada pada pelarut H₂SO₄, konsentrasi 2 % dan waktu perendaman 2 jam dengan kadar selulosa 35, 13 % Hal ini terjadi karena asam sulfat adalah pelarut hidrolisis yang sangat kuat karena serat pandan berduri yang mengandung selulosa yang direndam didalam larutan H₂SO₄ ini akan memecah ikatan glikosidik dalam selulosa dan ini juga dapat mengurangi kadar selulosa yang terdeteksi. Kadar selulosa

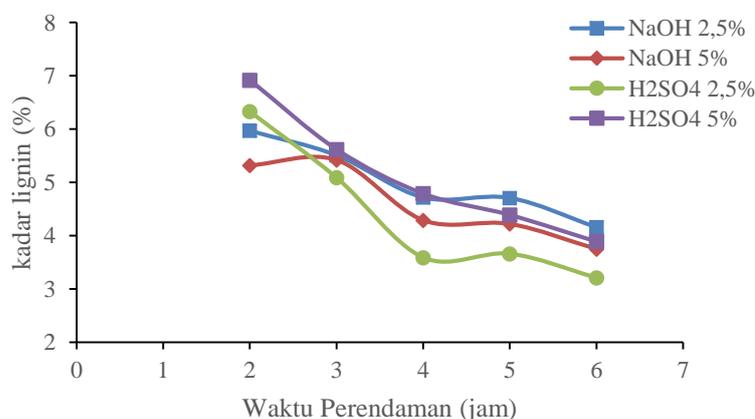
tertinggi berada pada larutan alkali NaOH Pada waktu perendaman 6 jam dalam konsentrasi 5% dengan kadar selulosa 62,27% .Hal ini menunjukkan Kondisi Optimum berada pada pelarut NaOH konsentrasi 5% dengan lama perendaman 6 jam yaitu 62,27% namun kadar selulosa juga dapat mengalami karena Selulosa akan bertambah terlarut kedalam NaOH.



Gambar 4. Grafik pengaruh konsentrasi dan waktu perendaman terhadap kadar selulosa

Menurut penelitian Aprilyanti, S.(2018) [7] Menurut hasil, kadar selulosa tertinggi adalah 66,3%. hal ini menunjukkan bahwa semakin pekat konsentrasi NaOH semakin tinggi semakin tinggi kadar selulosa karna NaOH melarutkan lignin dan hemiselulosa Kandungan selulosa meningkat karena sebagian lignin dan hemiselulosa terlarut selama proses delignifikasi. (Lismeri, et.al., 2016) [8].

3.4. Pengaruh Waktu Perendaman dan KonsentrasiPelarut terhadap Kadar lignin Serat daun pandan berduri



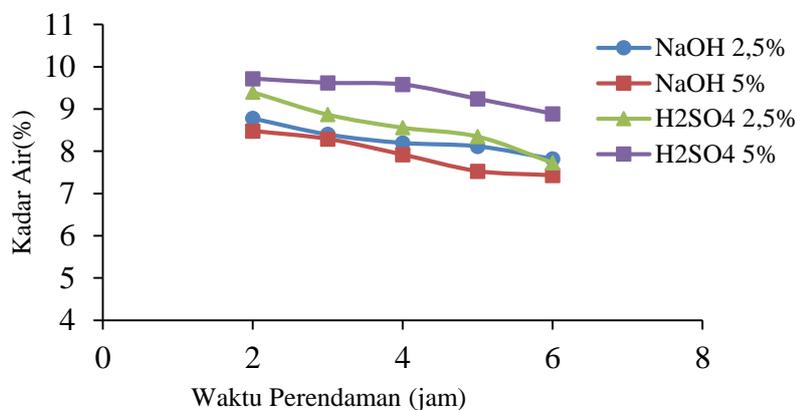
Gambar 5. Grafik pengaruh konsentrasi dan waktu perendaman terhadap kadar lignin

Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi perendaman dan semakin tinggi konsentrasi semakin menurun kadar lignin hal ini terjadi pengotor didalam serat semakin dikit. kadar lignin cenderung meningkat pada pelarut H₂SO₄ konsentrasi 5% dengan lama perendaman 2 jam 6,92 hal ini terjadi karena zat pengotor tidak terurai sehingga masih banyak zat pengotor pada serat tersebut dan penyebab lainnya juga bisa terjadi karena pada proses perendaman dan pencucian serat kurang maksimal sehingga menyebabkan zat pengotor masih ada kandungan lignin mengalami penurunan sedangkan kadar lignin cenderung menurun terjadi pada pelarut NaOH konsentrasi 5% dan lama perendaman 6 jam hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkat konsentrasi dan waktu perendaman semakin menurun kadar lignin artinya semakin lama waktu perendaman semakin besar akan kemungkinan lignin akan terlarut dan perendaman dapat menyebabkan pemecahanlignin secara bertahap seiring waktu. Kandungan lignin berkurang dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Ini terjadi karena penambahan NaOH memudahkan menguraikan ikatan dalam senyawa lignin. Partikel NaOH akan meresap ke dalam bahan

dan menghancurkan struktur lignin, yang membuat lignin lebih mudah larut. dan kadarnya menurun(Elwin dkk, 2013). Kadar lignin mengalami kenaikan pada H₂SO₄ konsentrasi 5% dengan waktu perendaman 2 jam, hal ini diduga karena pada waktu perendaman tersebut, selulosa dan hemiselulosa terhidrolisis sedangkan lignin tidak terhidrolisis.

Berdasarkan hasil pengujian dengan konsentrasi NaOH 5% selama 6 jam perendaman dan nilai optimum kadar lignin serat pandan pada waktu perendaman 6 jam 3,75%. Ini karena penambahan NaOH akan membantu menguraikan ikatan dalam senyawa lignin. Partikel NaOH akan meresap ke dalam bahan dan merusak struktur lignin, membuat lignin mudah larut dan mengurangi kadarnya. (Elwin dkk, 2013) [9] [10]. Hal ini terjadi karena NaOH dan H₂SO₄ berperan dalam proses delignifikasi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas serat dan mengurangi kadar lignin. Lignin adalah senyawa yang menyebabkan serat menjadi lebih keras dan lebih kuat, tetapi dalam jumlah yang berlebihan, lignin dapat menyebabkan serat menjadi lebih rapuh dan kurang fleksibel.

3.5. Pengaruh Waktu Perendaman dan KonsentrasiPelarut terhadap Kadar Air Serat daun pandan berduri

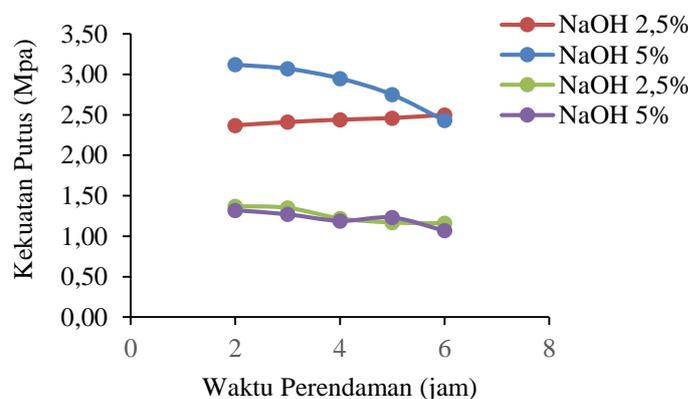


Gambar 6. Grafik pengaruh konsentrasi dan waktu perendaman terhadap kadar air

Berdasarkan Grafik diatas dapat dilihat bahwa persen kadar air terbesar berada pada pelarut H₂SO₄ dengan konsentrasi 5% yaitu 9,72 % dan dan kadar air terkecil pada pelarut NaOH dengan Konsentrasi 5% yaitu 7,43 % hal ini menunjukkan bahwa penggunaa NaOH lebih baik untuk menurunkan kadar air serat daun pandan dan kadar air yang dihasilkan pada NaOH 2,5 % dan 5% cenderung berkurang 8,80-7,43% dan kadar air yang dihasilkan oleh H₂SO₄ 2,5 % dan 5% yaitu 8,89 -9,40%

Penurunan kadar lignin dan hemiselulosa diikuti dengan penurunan kadar air serat daun pandan. Berkurangnya kadar air setelah perlakuan basa dengan NaOH disebabkan NaOH bereaksi dengan serat dan memutus ikatan hidrogen dalam jaringan struktur serat. (Boimau & Cunha, 2015) [10].

3.6. Pengaruh Waktu Perendaman dan KonsentrasiPelarut terhadap Kekuatan Putus Serat daun pandan berduri



Gambar 7. Grafik pengaruh konsentrasi dan waktu perendaman terhadap kekuatan putus

Dari grafik diatas terlihat bahwa, bahwa pengaruh konsentrasi NaOH dalam perlakuan terlihat jelas dimana semakin meningkat konsentrasi dan semakin lama waktu perendaman nilai kekuatan tariknya menurun dan kekuatan tarik tertinggi ada pada NaOH konsentrasi 5% dengan lama perendaman 2 jam yaitu 3,12 Mpa kemudian mengalami penurunan diwaktu perendaman 3-6 karena waktu perendaman yang terlalu lama, larutan alkali meresap ke dalam inti serat dan merusak struktur di dalamnya, membuat serat rusak.. Sedangkan untuk pelarut H₂SO₄ kekuatan tariknya cenderung menurun hal ini terjadi karena asam sulfat dapat memicu hidrolisis dimana hidrolisis ini dapat memecah ikatan dalam struktur polimer serat dan menyebabkan kerusakan pada serat dan mengurangi kekuatan tariknya. Permukaan serat dibersihkan dari lignin dan kotoran lainnya dengan perlakuan NaOH. Dengan membersihkan permukaan serat, ikatan antara serat dengan matriks menjadi lebih kuat dan kekuatan tariknya pun semakin besar

Dengan waktu perendaman 2 jam dan konsentrasi NaOH 5%, kekuatan putus serat optimum daun pandan adalah 3,12 Mpa.

4. KESIMPULAN

Peningkatan konsentrasi dan waktu perendaman NaOH dan H₂SO₄ berpengaruh pada penurunan kadar lignin. Hal ini menunjukkan bahwa larutan NaOH dan H₂SO₄ dapat mendegradasi lignin sehingga lignin akan larut dalam larutan tersebut . Pada konsentasi NaOH 5% dengan waktu perendaman dengan waktu perendaman 6 jam , kadar ligni turun menjadi yang terendah yaitu 3,75 %. Sebaliknya, dengan menggunakan 5% selama 6 jam kadar lignin turun menjadi 3,89 %.

Perendaman serat daun pandan dengan NaOH dan H₂SO₄ berpengaruh terhadap kekuatan putus. Sehingga nilai kekuatan tertinggi terdapat pada konsentrasi NaOH 5% selama waktu perendaman 2 jam yaitu 3,12 Mpa ,sedangkan pada H₂SO₄ 5% 2 jam 1,32 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Haryadi, C. M. E. Susanti, E. Gunawan, and N. I. Sinaga, "Daun Pandanus tectorius Park. Potensinya Sebagai Bahan Baku Produk Serat Alami," *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, vol. 1, no. 2, pp. 121–126, 2015.
- [2] R. Rodiawan, S. Suhdi, and F. Rosa, "Analisa Sifat-Sifat Serat Alam Sebagai Penguat Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Mekanik. Turbo", *Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 39–43, 2017.
- [3] L. Silalahi, "Pengaruh perlakuan alkali dan pemanasan serat terhadap kekuatan tarik serat lengkuas", 2016.
- [4] Widihastuti, "Pengolahan serat daun suji *I (Pleomele Angustifolia)* untuk bahan baku alternatif tekstil", pp. 1–14, 2011.
- [5] R. Datta, "Achidogenic fermentation of lignocellulose-acid yield and conversion of components," *Biotechnology and Bioengineering*, vol. 23, no. 9, pp. 2167-2170, 1981
- [6] H. Fatimah, "Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH, Kecepatan Pengadukan, Temperatur, dan Waktu Pemasakan terhadap Kualitas pulp dari Batang Tembakau (*Nicotiana tabacum*)," *Jurnal MIPA Universitas Mataram*, 2018
- [7] S. Aprilyanti, "Pengaruh konsentrasi NaOH dan waktu hidrolisis terhadap kadar selulosa pada daun nanas", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 24, no. 1, pp. 28, 2018
- [8] L. Lismeri, P. M. Zari, and T. Novarani, "Sintesis Selulosa Asetat Dari Limbah Batang Ubi Kayu," *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, vol. 11, no. 2, p. 82, 2016
- [9] Elwin, M. Lutfi, and Y. Hendrawan, "Analisis Pengaruh Waktu Pretreatment dan Konsentrasi NaOH terhadap Kandungan Selulosa, Lignin, dan Hemiselulosa Eceng Gondok Pada Proses Pretreatment Pembuatan Bioetanol", *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, vol. 2, no. 2, pp. 104-110, 2013
- [10] K. Boimau, and T. Da Cunha, "Pengaruh panjang serat terhadap sifat bending komposit poliester berpenguat serat daun gewang", 2015.