



Sintesis dan Karakterisasi Aerogel Selulosa dari Limbah Ampas Sagu

Diana Eka Pratiwi¹, Sulfikar², Gusma Harfiana Abbas³

Universitas Negeri Makassar

Email : diana.eka.pratiwi@unm.ac.id

Abstrak. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi perbandingan NaOH dan urea terhadap karakteristik dari aerogel selulosa yang dihasilkan. Aerogel selulosa dari ampas sagu disintesis dengan menggunakan variasi perbandingan pelarut NaOH-urea sebesar 1:4, 1:6, 4:1, 6:1, kemudian dikarakterisasi dengan melakukan uji densitas dan porositas, serta analisis morfologi dari aerogel selulosa yang telah disintesis menggunakan instrumen Scanning Electron Microscopy (SEM). Dari hasil penelitian diperoleh aerogel selulosa pada setiap variasi perbandingan NaOH-urea yang berwarna putih, dengan densitas terendah pada perbandingan 1:4 yaitu $0,2869 \text{ g/cm}^3$ dan densitas tertinggi pada perbandingan 6:1 yaitu $0,4069 \text{ g/cm}^3$, sedangkan untuk porositas dihasilkan porositas tertinggi pada perbandingan 1:4 yaitu 0,4635 dan nilai terendah pada perbandingan 6:1 yaitu 0,2392. Dari hasil analisis menggunakan instrumen SEM terlihat bahwa terdapat lebih banyak pori pada permukaan aerogel selulosa dengan perbandingan 1:4.

Kata kunci: Ampas Sagu, Aerogel, Selulosa

PENDAHULUAN

Pabrik industri dapat menghasilkan produk yang bermanfaat bagi masyarakat, di samping itu industri juga dapat menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat, cair, dan gas. Limbah-limbah tersebut jika tidak dimanfaatkan secara baik akan menjadi masalah bagi masyarakat karena mencemari lingkungan dan memerlukan lokasi khusus untuk membuangnya. Apabila limbah hasil pabrik dibuang ke lingkungan mengancam lingkungan hidup itu sendiri, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Perusakan lingkungan hidup adalah tindakan yang menimbulkan perubahan langsung atau tidak langsung terhadap sifat fisik dan kimia lingkungan hidup. Peningkatan jumlah produksi sagu sebanding dengan limbah yang dihasilkan. Potensi sagu di Indonesia sangat besar, dari 2,2 juta ha lahan sagu yang ada diseluruh dunia, sekitar 1,4 juta ha terdapat di hutan-hutan Indonesia. Selama ini, pemanfaatan tanaman sagu hanya berfokus pada ekstraksi patinya dimana pati yang dihasilkan hanya 20-30 % sedangkan 75-83% berupa ampas sagu. Pemanfaatan ampas sagu juga masih sangat terbatas dan dibuang

begitu saja sehingga dapat menimbulkan dampak pencemaran bagi lingkungan. Sementara itu, ditinjau dari kandungan komponennya, ampas sagu memiliki kandungan bahan hemiselulosa 14,6%, lignin 9,7%, dan silica 3,3% (Dewi dkk., 2020).

Selulosa salah satu sumber daya alam terbarukan yang paling berlimpah di Indonesia dan merupakan komponen utama dari lignoselulosa dari dinding sel pada tanaman bersama dengan hemiselulosa, lignin, pektin, dan lilin. Lignoselulosa bisa didapatkan dari berbagai limbah pertanian seperti batang tebu, jerami, ampas sagu, dan kelapa sawit. Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik) (2016), di Indonesia jumlah produksi gula, tepung sagu, padi, dan minyak goreng adalah 2,33 juta ton, 440,516 ton, 32,42 juta ton, dan 33,5 juta ton. Dari data produksi ini, terlihat bahwa limbah yang dihasilkan dari proses tersebut memiliki kapasitas yang besar. Limbah dengan kapasitas yang besar memiliki permasalahan tersendiri dalam penanganannya. Peningkatan manfaat secara maksimal diperlukan agar limbah tersebut mempunyai nilai yang lebih tinggi (Mulyadi, 2019).

Selulosa yang merupakan polimer alami yang bersifat dapat didegradasi dan terbarukan. Salah satu komponen yang berpotensi pada ampas sagu adalah selulosa. Ampas sagu terdiri dari serat – serat empelur yang diperoleh dari hasil pamarutan/pemerasan isi batang sagu. Ampas sagu ini mengandung bahan-bahan seperti lignoselulosa yang sebagian besar tersusun atas selulosa, hemiselulosa dan lignin (Nova dkk., 2020).

Pemanfaatan ampas sagu dengan mengambil selulosa dari ampas sagu untuk mengubahnya menjadi aerogel selulosa. Aerogel selulosa memiliki volume pori sangat besar dan struktur massa yang sangat ringan. Hal ini memberikan keuntungan bagi peneliti untuk pengaplikasian aerogel selulosa pada proses pengemasan, isolasi panas dan sebagai superabsorben (Nguyen, 2014).

Pembuatan aerogel selulosa dilakukan dengan melarutkannya kedalam pelarut NaOH dan Urea dengan perbandingan tertentu, perbandingan massa pelarut NaOH dan Urea dilakukan untuk menunjukkan karakteristik dari aerogel selulosa yang memiliki berat yang sangat ringan dan memiliki banyak pori (Rahmi dan Agustina, 2017).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Gustinenda dan Kautsar, (2017) menggunakan bahan baku serat sabut kelapa sebagai pengadsorpsi berbasis *superadsorbent*. Pada penelitiannya dihasilkan aerogel dengan rentang densitas dari 0,108 sampai 0,197 dan rentang porositas dari 0,871 sampai 0,929. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Prakasa dan Sam, (2015) pembuatan aerogel selulosa berbahan dasar kertas bekas berhasil dilakukan dengan menggunakan pelarut NaOH-urea dengan hasil aerogel selulosa kering berwarna putih dan memiliki densitas yang sangat ringan yakni rentang 0,043-0,079 dengan porositas tinggi dari 0,971-0,947. Hasil penelitian tersebut menunjukkan karakteristik aerogel selulosa yang memiliki berat yang ringan dan memiliki banyak pori.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu neraca analitik, alat-alat gelas, baskom, *magnetic stirrer*, *hot plate*, *shaker*, ayakan *mesh*, seperangkat alat ukur, pH meter, cawan petri, kertas saring Whatman no. 42, oven, krus porselin, pinset, spatula, *stopwatch*, *refrigerator*, *freeze dryer*, instrumen *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu ampas sagu sebagai sumber selulosa, larutan natrium hidroksida (NaOH) 1M, aquades (H₂O), aquabides, pupuk urea (CON₂H₄), etanol (C₂H₅OH) p.a 99%, asam klorida (HCl) 1 M, asam sulfat H₂SO₄ 98%, natrium hipoklorit NaOCl 0,4.

Preparasi sampel ampas sagu

Ampas sagu dari pabrik tepung sagu ditimbang sebanyak 1 kg kemudian dicuci bersih dengan air mengalir hingga beberapa kali agar menghilangkan zat pengotor, kemudian didiamkan sekitar 15 menit. Selanjutnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan ampas sagu dengan air. Ampas sagu dalam saringan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari dengan wadah keadaan tertutup hingga kering. Setelah dikeringkan sampel diayak dengan ayakan 100 mesh agar ukurannya homogen. Sampel yang digunakan dalam pembuatan aerogel selulosa adalah serbuk yang lolos dari saringan.

Ekstraksi Selulosa

1. Delignifikasi

Ekstraksi selulosa berbahan dasar ampas sagu yaitu diawali dengan delignifikasi. Ampas sagu yang sudah halus kemudian ditimbang sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL ditambahkan NaOH 1M sebanyak 120 mL kemudian dilakukan pemanasan menggunakan *hot plate* pada suhu 80 °C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Setelah itu sampel disaring dan dicuci dengan aquades hingga filtrat jernih. Setelah filtrat jernih, selanjutnya sampel di *bleaching* dengan NaOCl 0,4% sebanyak 140 mL selama 18 menit pada suhu 80°C, lalu ekstrak disaring dan dicuci kembali dengan aquades hingga mencapai pH 7 (Yunus, 2019).

2. Hidrolisis Asam

Selulosa hasil *bleaching* kemudian dihidrolisis dengan H₂SO₄. Proses hidrolisis dilakukan dengan menambahkan H₂SO₄ 2 N sebanyak 61 mL lalu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu kamar. Setelah itu disaring dan dicuci hingga mencapai pH 7. Sampel kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 °C hingga sampel benar-benar kering. Setelah kering sampel kemudian disimpan pada tempat yang kering (Dewi dkk, 2017).

Sintesis Aerogel Selulosa

Selulosa yang dihasilkan kemudian ditambahkan dengan NaOH dan urea dengan variasi perbandingan seperti pada Tabel 3.1. Larutan NaOH-urea yang telah divariasikan perbandingan massanya ditambahkan ke dalam 10 mL aquades hingga larutan homogen. Kemudian ditambahkan 1 g selulosa ampas sagu ke dalam campuran.

Tabel 1. Perbandingan NaOH dan Urea

NO	NaOH-urea (gram)	NaOH-urea (gram)
1.	1:4	4:1
2.	1:6	6:1

Tahap selanjutnya campuran didispersi dengan *magnetic stirrer* selama 12 menit. Selanjutnya, campuran dimasukkan ke dalam *refrigerator* pada temperatur -5 °C selama 24 jam hingga terbentuk gel. Gel yang terbentuk kemudian dibiarkan di udara terbuka hingga mencapai temperatur ruang. Langkah selanjutnya adalah perendaman gel dengan etanol 99% sebanyak 10 mL selama 24 jam untuk tahap koagulasi. Spesimen dicetak dalam gelas kimia ukuran 50 mL.

Langkah berikutnya adalah dilakukan perendaman gel, perendaman ini dilakukan kurang lebih 28 jam untuk membersihkan zat pengotor dalam gel. Gel kemudian didinginkan dalam *refrigerator* selama 12 jam. Tahap akhir pada proses sintesis ini yaitu dilakukan pengeringan beku selama 32 jam dengan menggunakan *freeze dryer* hingga diperoleh aerogel selulosa.

Karakterisasi Aerogel Selulosa

1. Uji densitas

Densitas aerogel selulosa dapat diketahui dengan menggunakan analisis dengan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (1)$$



m merupakan nilai massa (g) yang diperoleh dari hasil timbangan aerogel selulosa dan V (cm^3) diperoleh dari pengukuran dimensi material yang dihitung menggunakan persamaan setengah lingkaran.

2. Uji Porositas

Porositas aerogel selulosa dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$P = \frac{V - m/\rho_a}{V} \dots\dots\dots(2)$$

ρ_a adalah *bulk density* pati, yaitu sebesar $0,535 \text{ g/cm}^3$ (Gustinenda dan Margo, 2017)

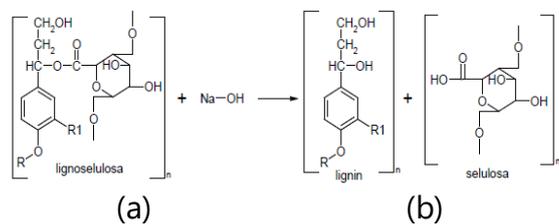
3. Analisis Morfologi Aerogel Selulosa

Karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk melihat morfologi aerogel yang dibuat secara visual. Hasil dari karakterisasi ditunjukkan pada keberadaan pori material yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Aerogel Selulosa dari Ampas Sagu

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis aerogel selulosa dari ampas sagu yang diawali dengan persiapan bahan baku ampas sagu yang dibersihkan menggunakan air yang bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor yang dapat mempengaruhi dalam pembuatan aerogel selulosa, setelah itu sampel dikeringkan di bawah sinar matahari. Sampel yang sudah kering kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh yang bertujuan untuk memperkecil dan homogenkan ukuran partikel ampas sagu sehingga dapat memaksimalkan proses penyerapan (Taihuttu, dkk. 2019). Hasil proses preparasi yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 (a) bahan baku ampas sagu sebelum diayak, dan (b) ampas sagu yang telah diayak dengan ayakan 100 mesh

Pada proses delignifikasi penggunaan larutan NaOH 1M bertujuan untuk menurunkan kadar lignin dalam sampel. Proses delignifikasi akan membuka struktur lignoselulosa sehingga selulosa lebih mudah diperoleh, selain itu perlakuan ini juga

akan melarutkan lignin yang terkandung dalam bahan sehingga pemisahan lignin dan serat menjadi lebih mudah (Lestari, 2021).

Mekanisme delignifikasi oleh larutan NaOH ditunjukkan oleh Gambar 4.2. NaOH akan masuk dan memutuskan ikatan dari struktur dasar lignin dan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*black liquor*). Lindi hitam tersebut menunjukkan lapisan lignin terpisah dari selulosa (Sutarno, dkk. 2020). Untuk meningkatkan kecerahan, kemurnian selulosa dan meminimalkan serat selulosa yang didegradasi maka perlu dilakukan proses *bleaching*. Proses *bleaching* melibatkan bahan kimia yang umum digunakan seperti jenis oksidator dan alkali. Oksidator berfungsi untuk mendegradasi lignin dari gugus kromofor (Lestari, 2021). Sisa kromofor dari proses delignifikasi dapat dihilangkan melalui proses *bleaching* menggunakan larutan NaOCl (Khaliq, dkk. 20220).



(a) (b) (c)

Gambar 3 Proses Ekstraksi Selulosa (a) delignifikasi; (b) bleaching; (c) hidrolisis Asam

Proses terakhir dalam ekstraksi selulosa adalah proses hidrolisis asam. Proses hidrolisis merupakan proses perubahan atau pemecahan molekul selulosa, hemiselulosa, dan karbohidrat menjadi glukosa (Ba'tan, 2021). Pada proses hidrolisis asam yang digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4). Asam sulfat (H_2SO_4) digunakan karena peningkatan kadar selulosanya lebih tinggi dari pada perlakuan hidrolisis asam HCl kemungkinan disebabkan karena perbedaan nilai pKa HCl dan H_2SO_4 dimana urutan tingkat keasaman $HCl > H_2SO_4$, sehingga makin kuat tingkat keasaman maka terjadi peningkatan pemutusan ikatan hidrogen sehingga mampu terpenetrasi dalam bagian amorf dan kristalin selulosa (Dewi, dkk. 2020).

Tahapan sintesis aerogel selulosa diawali dengan penambahan pelarut NaOH-Urea yang divariasikan. Variasi perbandingan pelarut NaOH-Urea (b/b) yang digunakan untuk variasi penambahan urea (massa urea divariasikan dan massa NaOH tetap) adalah 1:4 dan 1:6, sedangkan untuk variasi penambahan NaOH (massa urea tetap dan massa NaOH divariasikan) adalah 4:1 dan 6:1. Variasi perbandingan NaOH-Urea yang digunakan didasarkan pada beberapa hasil penelitian sebelumnya pada sintesis aerogel selulosa dimana perbandingan tersebut merupakan hasil optimum untuk memperoleh kualitas aerogel selulosa yang memiliki karakteristik yang paling baik. Tujuan dari variasi ini untuk mengetahui pengaruh penambahan

NaOH dan urea terhadap karakteristik aerogel dari selulosa yang diekstrak menggunakan bahan baku ampas sagu.

Penambahan urea akan membentuk hidrat didalam larutan. Urea hidrat tersebut akan berinteraksi secara langsung dengan selulosa dalam proses pelarutan. Adanya urea akan membantu NaOH hidrat menembus ke dalam daerah kristal selulosa dan menyebabkan peningkatan fraksi selulosa yang terlarut (Gustinenda dan Margo, 2017). Sistem pelarut air NaOH-urea telah berhasil diterapkan pada beberapa penelitian untuk menghasilkan aerogel dengan proses koagulasi dan pengeringan yang sesuai serta harga yang relatif lebih murah menjadi alasan penggunaannya (Nguyen, dkk. 2014).

Perlakuan selanjutnya dilakukan pengadukan dengan *multistirrer* selama 30 menit yang bertujuan untuk menghomogenkan selulosa dengan pelarut NaOH-urea sehingga pelarut dapat terdispersi kedalam sampel dengan sempurna. Selanjutnya yaitu campuran dimasukkan kedalam *refrigerator* pada suhu -5°C selama 24 jam sehingga membentuk gel beku. Pati yang terkandung dalam ampas sagu merupakan hidrokoloid yang berperan dalam bentuk tekstur karena hidrokoloid ini berfungsi sebagai agen pengental (Seftiono dan Puspitasari, 2019).

Gel beku yang terbentuk kemudian dikeluarkan dari dalam *refrigerator* dan didiamkan suhu ruang sehingga membentuk spesimen gel. Setelah mencapai temperatur ruang gel direndam dengan etanol 99% selama 24 jam untuk tahap koagulasi. Etanol berfungsi sebagai bak koagulasi dalam sintesis material (Rahmi dan Agustian, 2017). Pada proses koagulasi ini digunakan wadah gelas yang sekaligus berfungsi sebagai cetaknya.

Proses dilanjutkan dengan tahap *solvent exchange* dari etanol menjadi *demineralized water* sehingga seluruh etanol terlepas dari spesimen, proses perendaman ini dilakukan selama 24 jam. Tahap selanjutnya, sampel didinginkan kembali pada temperatur -5°C selama 12 jam hingga membeku. Sampel yang sudah membeku kemudian dikeringkan dengan *freeze dryer* dalam keadaan vakum untuk menghasilkan aerogel selulosa. Hal ini dilakukan untuk mempertahankan struktur selulosanya agar tidak runtuh. Pada proses ini, sampel dibekukan pada suhu -20°C , lalu tekanan diturunkan sehingga kandungan air yang membeku di dalam sampel mengalami sublimasi, sehingga menjadi produk padat tanpa mengandung air (Gustinenda dan Margo, 2017). Prinsip alat dari *freeze dryer* ini yaitu pembekuan, dilanjutkan pengeringan dengan memisahkan sebagian besar air melalui mekanisme sublimasi dalam keadaan vakum (Ernayati dan Yulvianti, 2015).

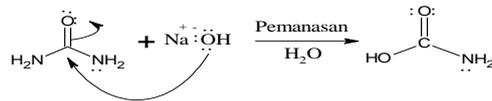
Tabel 2. Aerogel Selulosa Hasil Sintesis

Variasi penambahan NaOH-urea	Aerogel hasil sintesis	keterangan
1:4		keras
1:6		Keras
4:1		Lunak
6:1		Lunak

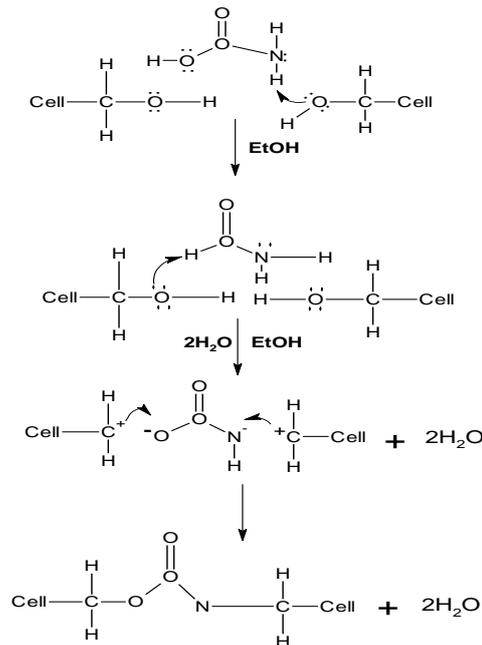
Berdasarkan Tabel 2, tampilan fisik aerogel selulosa dihasilkan material yang berwarna putih, sesuai dengan penelitian sebelumnya dimana aerogel selulosa umumnya relatif sama berwarna putih (Prakasa dan Sam, 2015). Apabila dilihat lebih teliti, terdapat perbedaan untuk setiap variasi konsentrasi NaOH-urea yang ditambahkan. Pada variasi penambahan urea, teksturnya lebih kering dan keras,

sedangkan pada variasi penambahan NaOH teksturnya cenderung lebih lunak (kondisi basa). Berdasarkan kenampakan fisik aerogel selulosa yang disintesis dapat disimpulkan bahwa hasil sintesis yang paling keras dan kokoh terdapat pada variasi penambahan urea, yaitu pada perbandingan 1:4 dan 1:6. Semakin tinggi massa urea maka tekstur aerogel selulosa yang diperoleh lebih keras dan kokoh (Gustinenda dan Margo, 2017).

Berbeda halnya dengan variasi penambahan NaOH, pada perbandingan 4:1 dan 6:1 aerogel yang dihasilkan cenderung lebih lunak. Hal ini dapat dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH yang tinggi, dimana NaOH bersifat basa kuat sehingga material yang dihasilkan cenderung lunak dibandingkan dengan penambahan urea. Semakin tinggi massa NaOH yang ditambahkan maka semakin lunak material yang dihasilkan (Fauziyah, 2019). Peristiwa tersebut dapat dipengaruhi oleh penambahan NaOH yang berlebih, yang menyebabkan terjadinya proses gelatinisasi bahan baku, utamanya komponen pati dan selulosa yang juga semakin besar (Fonsesca, dkk. 2013). Penambahan NaOH yang berlebih juga dapat mengakibatkan serat selulosa mengalami degradasi dan akhirnya rapuh, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH yang berlebih saat perlakuan memiliki efek yang cukup besar terhadap kompatibilitas serat selulosa yang terkandung di dalam material (Kusmiran, dkk. 2020). Sehingga dapat disimpulkan dengan adanya penambahan NaOH-urea yang sesuai akan membentuk material dengan kualitas yang paling baik dan memiliki pori yang lebih banyak (Fauziyah, 2019). Oleh karena itu, untuk mengetahui kualitasnya maka dilakukan analisis karakterisasi aerogel selulosa yang dihasilkan.



Gambar 4 Reaksi tahap 1 (reaksi antara NaOH dan Urea)



Gambar 5 Reaksi tahap II (reaksi tahap I dan tahap II)

Berdasarkan Gambar 4 reaksi urea-NaOH akan menghasilkan agen ikat silang (*crosslink*) dengan adanya pergantian gugus $-NH_2$ menjadi gugus $-OH$ sehingga dapat memudahkannya terjadi ikatan silang pada tahap selanjutnya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 reaksi agen *crosslink* yang bereaksi dengan biopolimer selulosa dengan pelarut etanol dan menghasilkan aerogel selulosa. pada hasil reaksi ini juga akan melepaskan molekul H_2O .

Karakterisasi Aerogel Selulosa

Karakteristik aerogel selulosa yang dihasilkan dapat dilihat melalui beberapa analisis dan uji berikut:

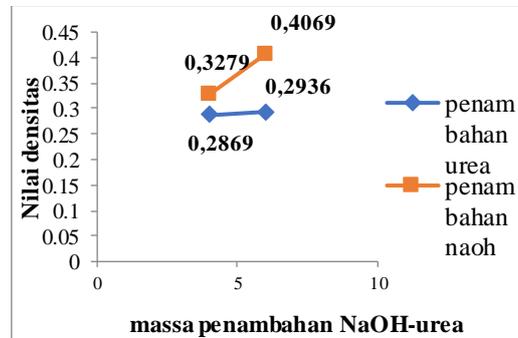
1. Densitas dan porositas

Densitas didapatkan dengan mengetahui massa dan volume. Massa aerogel dapat diketahui dengan menimbang setiap sampel menggunakan neraca analitik dan volume aerogel didapatkan melalui pengukuran dimensi. Melalui densitas dapat diperoleh nilai porositas tiap sampel (Gustinenda dan Margo, 2017).

Tabel 3 Hasil Pengukuran Densitas Aerogel Selulosa

Variasi NaOH – Urea	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densitas (g/cm ³)
1:4	5,8447	20,3657	0,2869
1:6	6,3170	21,5128	0,2936
4:1	5,8730	17,9097	0,3279

6:1 6,6513 25,1428 0,4069

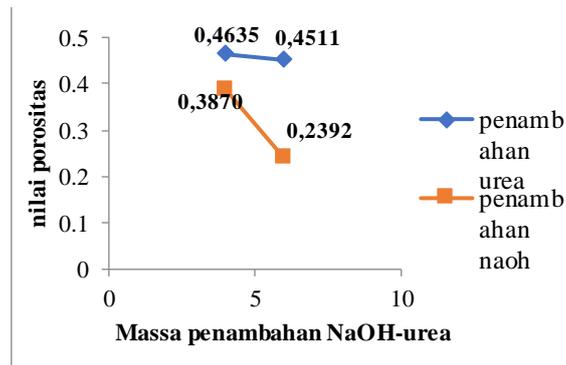


Gambar 6 Grafik nilai densitas pada variasi penambahan urea dan NaOH

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 6 diperoleh nilai densitas pada variasi penambahan urea cenderung lebih rendah yaitu pada rentang 0,2869 – 0,2936 g/cm³, sedangkan pada variasi penambahan NaOH diperoleh nilai densitas lebih tinggi dari variasi penambahan urea dimana diperoleh nilai dengan rentang 0,3279 – 0,4069 g/cm³. Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan nilai densitas paling rendah ditunjukkan pada hasil sintesis pada perbandingan NaOH-urea 1:4. Densitas yang sangat rendah membuktikan bahwa aerogel selulosa yang telah disintesis memiliki massa yang ringan. terjadinya kenaikan nilai densitas yang terlihat pada penambahan NaOH-urea 1:6 dipengaruhi dengan seiring bertambahnya konsentrasi urea, sehingga gelas akan terjadi semakin cepat, dan hal ini menyebabkan pori yang terbentuk semakin kecil (Prakasa dan Sam, 2015). Pada perbandingan NaOH-urea 6:1 memiliki nilai densitas lebih tinggi, hal ini menunjukkan bahwa aerogel selulosa dengan penambahan NaOH-urea 6:1 diindikasikan memiliki sedikit rongga pada material yang dihasilkan (Fauziyah, dkk. 2019). Hubungan penambahan NaOH dengan densitas yaitu, semakin besar jumlah penambahan NaOH maka semakin tinggi nilai densitasnya. Porositas dan densitas memiliki hubungan berbanding terbalik, pada porositas yang tinggi maka densitasnya akan menurun yang disebabkan semakin besar porositas maka semakin banyak pori-pori yang ada dan akan membuat aerogel selulosa semakin ringan (Amin dan Suharto, 2017).

Tabel 4 Hasil Pengukuran Porositas Aerogel Selulosa

Variasi NaOH – Urea	Porositas
1:4	0,4635
1:6	0,4511
4:1	0,3870
6:1	0,2392



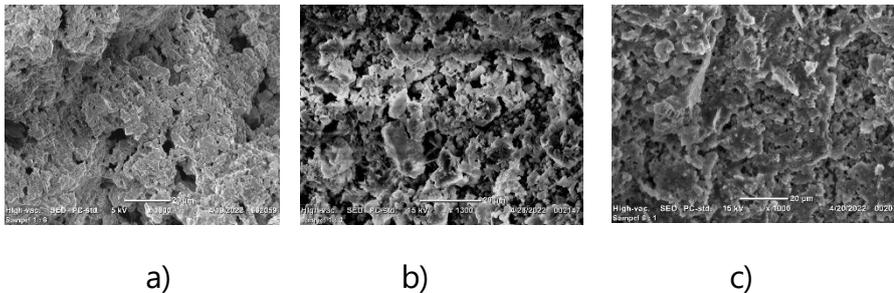
Gambar 7 Grafik nilai porositas pada variasi penambahan urea dan NaOH

Setelah diketahui nilai densitas dari masing-masing aerogel selulosa, maka dapat pula dihitung nilai porositasnya. Nilai porositas memiliki kecenderungan semakin meningkat seiring dengan penurunan massa urea yang ditambahkan (Prakasa dan Sam, 2015). Pada variasi penambahan urea nilai porositas yang lebih tinggi pada perbandingan 1:4 yaitu 0,4635 sedangkan nilai porositas yang lebih rendah pada perbandingan 1:6 yaitu 0,4511. Terdapat sedikit penurunan nilai porositas seiring bertambahnya konsentrasi urea, contohnya pada perbandingan 1:6. Hal ini dikarenakan penambahan urea akan membentuk hidrat di dalam larutan. Urea hidrat tersebut tidak berinteraksi secara langsung dengan selulosa melainkan urea membantu NaOH hidrat menembus ke dalam daerah kristal selulosa dan menyebabkan molekul selulosa dekat satu sama lain sehingga nilai porositas yang dimiliki menjadi lebih kecil ketika dikeringkan (Rahmi dan Agustin, 2017). Sementara untuk perbandingan 1:4 peningkatan porositasnya cukup signifikan karena konsentrasi urea yang lebih sedikit.

Sedangkan pada variasi penambahan NaOH diperoleh nilai porositas yang lebih tinggi pada perbandingan 4:1 yaitu 0,3870 sedangkan nilai porositas yang lebih rendah pada perbandingan 6:1 yaitu 0,2392. Nilai porositas yang bervariasi dan sangat kecil saat penambahan NaOH, dikarenakan aerogel selulosa yang disintesis memiliki morfologi pori berbeda (Prakasa dan Sam, 2015). Semakin besar penambahan NaOH maka jumlah pori semakin sedikit, hal ini dipengaruhi oleh kekentalan yang dimiliki larutan NaOH dalam setiap campuran komposisi. Kepekatan larutan atau kekentalan larutan NaOH berhubungan dengan berkurangnya atau semakin sedikitnya jumlah air yang digunakan pada larutan (Amin dan Suharto, 2017). Pada penelitian ini, porositas aerogel selulosa meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi urea pada tiap sampel. Hal ini dikarenakan pengaruh dari agen *cross-linker* yang digunakan yaitu larutan NaOH-urea (Gustinenda dan Margo, 2017). Hal ini juga dapat didukung dengan kenampakan morfologi pada hasil pengamatan melalui SEM.

2. Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Analisis sampel menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) bertujuan untuk melihat morfologi atau kenampakan pori dari aerogel selulosa yang telah disintesis dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 8 Hasil SEM (a) aerogel selulosa variasi 1:4, (b) aerogel selulosa variasi 1:6, dan (c) aerogel selulosa variasi 6:1

Berdasarkan hasil analisis SEM terlihat perbedaan yang signifikan antara morfologi dari masing-masing variasi perbandingan NaOH-urea terhadap aerogel selulosa yang dihasilkan setelah disintesis. Kenampakan morfologi aerogel selulosa dengan variasi perbandingan 1:4 dan 1:6 terlihat jelas adanya rongga atau pori-pori pada permukaannya. Namun, pada variasi perbandingan 1:4 lebih memiliki jumlah pori yang banyak dibandingkan variasi perbandingan 1:6. Hal ini berhubungan dengan densitas dan porositas dari aerogel selulosa pada variasi 1:4 memiliki densitas yang lebih ringan dan porositas yang lebih besar dibandingkan dengan aerogel selulosa variasi 1:6.

Berbeda halnya dengan morfologi aerogel variasi perbandingan 6:1, dapat dilihat jelas bahwa rongga atau pori-pori pada permukaannya lebih sedikit dan lebih rapat. Hal ini dikarenakan konsentrasi NaOH yang lebih banyak dibandingkan urea yang menyebabkan sampel aerogel masih dalam keadaan yang tidak terlalu kering (kondisi basa), sehingga ketika di analisis menggunakan alat SEM sulit untuk mencari pori-porinya (Fauziah, dkk. 2019).

Oleh karena itu, adsorben yang baik adalah zat yang memiliki luas permukaan yang besar, dimana memiliki banyak pori-pori. Berdasarkan karakteristik aerogel selulosa dari beberapa variasi perbandingan NaOH:urea, dapat ditentukan bahwa aerogel selulosa dengan variasi perbandingan 1:4 memenuhi syarat karakteristik adsorben yang baik digunakan dalam proses absorpsi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa sintesis aerogel selulosa berbahan dasar repu sugu memiliki karakteristik terbaik terdapat pada variasi perbandingan NaOH-urea 1:4 dimana memiliki densitas

terendah yaitu $0,2869 \text{ g/cm}^3$, dan porositas tertinggi yaitu 0,4635. Selain itu melalui analisis morfologi sampel menggunakan SEM, variasi perbandingan 1:4 memiliki pori (rongga) yang lebih banyak, yang menandakan aerogel selulosa yang dihasilkan memiliki luas permukaan yang besar, dimana memiliki banyak pori dan ukurannya kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada rektor Universitas Negeri Makassar sebagai penanggungjawab DIPA UNM melalui dana PNPB FMIPA Tahun 2022, ketua LP2M UNM beserta staf, kepala laboratorium kimi FMIPA UNM beserta laboran serta pihak-pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

REFERENSI

- Abbas, Barahima, Rudy Johanis Kabes, Ihwan Tjolli, Kunto Wibowo, dan Nur Richana. 2020. *Penerapan Hasil Riset Berbasis Sagu*. Papua: Universitas Papua Manokwari.
- Dewi, Angela Myrra Puspita, Mimin Yulita Kusumaningrum, Desi Natalia Edowai, Yudi Pranoto, dan Purnama Darmadji. 2017. Ekstraksi dan Karakterisasi Selulosa Dari Limbah Ampas Sagu. *Prosiding SNST*. ISBN 978-602-99334-7-5
- Gustinenda, Beta Yogaswara. 2017. Sintesis Superabsorben Aerogel Selulosa Dari Sabut Kelapa. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya (Indonesia)
- Jumantara, Bayu Agus. 2011. "Modifikasi Selulosa Ampas Sagu Dengan Polimerisasi Pencangkakan Dan Penautan-Silangan". *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor, Kimia: Bandung (Indonesia). *Jurnal Teknologi*. Vol. 8, No. 1
- Long, Lin-Yu, Yun-Xuan Weng, and Yu-Zhong Wang. 2018. Cellulose Aerogels: Synthesis, Applications, and Prospects. *Polymers Journal*, 623(10): 1-28.
- Mulyadi, Irwan. 2019. Isolasi Dan Karakterisasi Selulosa : Review. *Jurnal Saintika UNPAM*. Vol. 1 No. 2.
- Nguyen, Son T, ingduo Feng, Nhat T. Le, Ai T. T. Le, Nguyen Hoang, Vincent B. C. Tan and Hai M. Duong. 2013. Cellulose Aerogel from Paper Waste for Crude Oil Spill Cleaning. *Journal Industrial & Engineering Chemistry Researc*. ISSN; 18386–18391
- Nguyen, Son T., Jingduo Feng , Shao Kai Ng, Janet P.W. Wong, Vincent B.C. Tan, and Hai M. Duong. 2014. Advanced thermal insulation and absorption properties of recycled cellulose aerogels. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, 445: 128–134.
- Nova, Edi Suryanto, dan Lidya I. Momuat. 2020. Karakterisasi Fisikokimia Dan Aktivitas Antioksidan Serat Pangan Dari Ampas Empulur Sagu Baruk (*Arenga Microcarpha B.*). *jurnal Chem. Prog*, 13(1): 22-30.
- Novensia, Cecillia dan Lydia Anggraini. 2020. Memperkuat Ketahanan Aerogel Dengan Sistem Hidrofobik. *Prosiding SNTM Re-AC*. eISSN 2720-9547.



- Nupulo, Nindi, J.A.D. Kalele, S.M. Sembor, dan N.N. Lontaan. 2020. Kualitas Ilabulo Menggunakan Tepung Sagu dengan Level yang Berbeda. *jurnal Zootec*, 40(2): 626-635.
- Nurmalasari, Afni Mulyasari, Risna, Surianti, dan Diana. 2017. Analisis Proksimat Karbon Aktif Limbah Serat Sagu Teraktivasi KOH. *Journal of Chemical Science*, 2(1): 18-20.
- Pawitra, Tiane, Adhi Setiawan, dan Tarikh Azis Ramadani. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Kitosan-Silika dari Abu Ampas Tebu sebagai Adsorben Logam Berat Cu(II). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimi*. 6(1): 70-77.
- Prakasa, Bhisma Anugerah Agung. 2015. "Sintesa Superabsorben Aerogel Selulosa dari Kertas Bekas". *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November. Teknik Kimia: Surabaya (Indonesia).
- Seftiono, Hermawan, dan Desi Puspitasari. 2019. Analisis Organoleptik dan Kadar Serat *Nori* Analog Daun Kolesom (*Talinum Trianguler* (Jacq) Wild. *Jurnal Bioindustri*, 2(1): 385-398.
- Suhesti, lin. 2019. Pengaruh Metode Pengeringan Beku (*Freeze Drying*) Terhadap Nilai Total Fenol Dan Nilai *Sun Protection Factor* (Spf) Ekstrak Etanol Biji Kopi Robusta (*Coffea Canephora* Pierr A. Froehner). *Jurnal FARMASINDO Politeknik Indonusa Surakarta*, ISSN : 2548-6667.
- Sutarno, Rika Julfana, Titin Anita Zahara, dan Nora Idiawati. 2020. Hidrolisis Enzimatik Selulosa dari Ampas Sagu menggunakan Campuran Selulase dari *Trichoderma Reesei* dan *Aspergillus Niger*, *JKK*, 2(1): 52-57.
- Yulvianti, Meri, Widya Ernayati¹, Tarsono, dan M.Alfian R. 2015. Pemanfaatan Ampas Kelapa Sebagai Bahan Baku Tepung Kelapa Tinggi Serat Dengan Metode *Freeze Dryin*. *Jurnal Integrasi Proses*. 5(2).