

PENGARUH KADAR SILIKA DARI FLY ASH BATU BARA SEBAGAI BAHAN PENGISI HIDROGEL BERBAHAN DASAR SELULOSA BAKTERI (HSB)

Indra Surya¹, Vivi Purwandari², Ani Khodijah³

^{1,3} Program Studi Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara

² Program Studi Kimia, Universitas Sari Mutiara Indonesia

Email : ¹indradanas@yahoo.com

Abstract : *In one coal combustion process, about 80% of fly ash is produced and the rest is bottom ash, which is around 20%. The main components of coal fly ash originating from power plants are silica (SiO₂), alumina (Al₂O₃), and iron oxide (Fe₂O₃), the rest are carbon, calcium, magnesium, and sulfur. Silica is one of the most dominant components of fly ash. Hydrogels obtained without fillers still have a Swelling capacity that is not maximized, it is necessary to process hydrogels with high absorption capabilities. One of the methods used to increase the absorption of hydrogels is to add silica as a voice filler. This study aims to determine the effect of 10, 20, 30, and 40% silica content from coal fly ash as a filler for bacterial cellulose-based hydrogels. Silica was obtained by extracting sodium silicate solution from fly ash followed by the manufacture of silica gel using 3N H₂SO₄. The resulting silica gel is added to the hydrogel manufacturing process. Hydrogel with silica as a filler which produces water absorption, FTIR, and SEM. The test results show that the silica content of 20% has the highest water absorption capacity of 1290%. With the concentration used, silica precipitation will produce a sharper silica peak in the FTIR results. SEM analysis with the addition of silica with bacterial cellulose produces pores on the HSB surface which can absorb air more quickly. The pores on the surface of the HSB affect the water absorption capacity (hydrophilicity) to increase. The addition of silica precipitated from fly ash waste as a filler in Bacterial Cellulose Hydrogel (HSB) was able to increase the Swelling capacity of HSB.*

Keywords : bacterial cellulose, fly ash, hydrogen, silica.

Abstrak : Pada satu proses pembakaran batubara dihasilkan fly ash sekitar 80% dan sisanya merupakan bottom ash yaitu sekitar 20%. Komponen utama dari fly ash batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), dan besi oksida (Fe₂O₃), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Silika merupakan salah satu komponen fly ash yang paling dominan. Hidrogel yang diperoleh tanpa pengisi masih memiliki daya serap (Swelling) yang belum maksimal, maka perlu pengolahan hidrogel dengan kemampuan daya serap yang tinggi. Salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan daya serap hidrogel adalah dengan menambahkan silika sebagai pengisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar 10, 20, 30 dan 40% silika yang berasal dari fly ash batu bara sebagai bahan pengisi hidrogel berbasis selulosa bakteri. Silika diperoleh dengan mengekstraksi larutan Natrium Silikat dari fly ash dilanjutkan dengan pembuatan silika gel menggunakan H₂SO₄ 3N. Silika gel yang dihasilkan ditambahkan pada proses pembuatan hidrogel. Hidrogel dengan bahan pengisi silika yang dihasilkan diuji daya serap terhadap air, FTIR dan SEM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar silika 20% memiliki daya serap air tertinggi yaitu 1290%. Dengan meningkatnya konsentrasi silika presipitasi yang digunakan akan menghasilkan puncak serapan silika yang lebih tajam pada hasil FTIR. Analisis SEM dengan penambahan silika dengan selulosa bakteri menghasilkan pori pada permukaan HSB yang dapat mengabsorpsi air lebih cepat. Pori yang terdapat pada permukaan HSB mempengaruhi daya serap air (Hidrofilitas) lebih meningkat. Maka Penambahan silika presipitasi dari limbah fly ash sebagai pengisi dalam Hidrogel Selulosa Bakteri (HSB) mampu meningkatkan daya serap (Swelling) dari HSB.

Kata Kunci : hidrogel, fly ash, selulosa bakteri, silika

1. PENDAHULUAN

Dalam satu dekade terakhir ini, penelitian mengenai hidrogel telah mengalami berbagai kemajuan. Penggunaan hidrogel dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang diantaranya sebagai bahan polimer superabsorben. Kelebihan penggunaan hidrogel jika dibandingkan dengan bahan absorben lain seperti kertas, selulosa dan kapas adalah kemampuan absorpsinya beberapa kali lipat dibandingkan beratnya, tahan terhadap tekanan dan 90 % bahannya dapat diuraikan sehingga ramah lingkungan. Polimer superabsorben adalah suatu bahan yang dapat mengadsorpsi dan atau menyimpan cairan lebih dari berat bahan tersebut dan tidak melepas cairan tersebut. Pada awalnya polimer superadsorben dibuat dari tepung, selulosa dan polivinil alkohol yang mempunyai gugus hidrofilik dan mempunyai daya afinitas yang tinggi terhadap air. Saat ini sedang dikembangkan polimer superabsorben yang terbuat dari polimer organik yang dimodifikasi dengan mineral alam seperti bentonit, kuarsa dan silika (Swantomio, 2018). Karakteristik polimer superabsorben yang unik memiliki cakupan aplikasi superabsorben yang relatif luas, antara lain penggunaannya untuk detoksifikasi limbah minyak, penyerap zat warna, katalis penyerap urine dalam popok bayi, gen carrier, sensor glukosa, tes diagnosis, kontak lensa mata, pemisahan membran, wadah penyimpan air untuk daerah kering/pertanian, sumber air untuk tanaman hortikultura, mengurangi pencemaran air akibat eutrofikasi, drug deliver, dan memperbaiki sifat tanah (Irwan, dk., 2013).

Kenaikan bahan bakar minyak telah mendorong banyak industri beralih ke batubara sebagai sumber energi. Salah satu contoh industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar adalah PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Penggunaan batubara sebagai sumber energi menjadi pilihan yang paling

diminati oleh para pengusaha dengan alasan lebih menghemat biaya operasional dan ketersediaannya di Indonesia juga cukup melimpah. Sisa hasil pembakaran batubara akan menghasilkan limbah yang salah satunya berupa fly ash (abu terbang) dan bottom ash (abu dasar). Fly Ash adalah abu yang dihasilkan dari transformasi, pelelehan atau gasifikasi dari material anorganik yang terkandung dalam batubara. Pada satu proses pembakaran batubara dihasilkan fly ash sekitar 80% dan sisanya merupakan bottom ash yaitu sekitar 20%. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup limbah fly ash yang dihasilkan mencapai 85 ton/hari dan limbah bottom ash mencapai 48 ton/hari. Sementara limbah fly ash maupun bottom ash dapat dikategorikan sebagai limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya). Komponen utama dari fly ash batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Banyaknya industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar meninggalkan sejumlah permasalahan serius karena fly ash yang dihasilkan mengandung logam-logam berat yang signifikan jumlahnya. Pelepasan abu sisa pembakaran baik berupa fly ash maupun bottom ash akan berdampak buruk bagi lingkungan sehingga perlu adanya penanganan khusus untuk mengatasi dampak tersebut salah satunya dengan memanfaatkan limbah menjadi material baru yang mempunyai nilai ekonomis (Retnosari, 2013).

Silika merupakan salah satu komponen fly ash yang paling dominan jumlahnya yaitu sekitar 30-36% (Suprihatin, 2015). Silika juga merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan aplikasinya sangat luas (Suprihatin, 2015). Silika adalah senyawa hasil polimerisasi asam silikat, yang tersusun dari rantai satuan SiO_4 tetrahedral dengan formula umum SiO_2 . Di alam senyawa silika ditemukan dalam beberapa bahan alam, seperti pasir,

kuarsa, gelas, dan sebagainya. Silika sebagai senyawa yang terdapat di alam berstruktur kristalin, sedangkan sebagai senyawa sintesis adalah amorph. Secara sintesis senyawa silika dapat dibuat dari larutan silikat atau dari pereaksi silan. Silika gel sebagai salah satu senyawa silika sintesis yang berstruktur amorph. Silika gel merupakan salah satu bahan kimia berbentuk padatan yang banyak dimanfaatkan sebagai adsorben. Hal ini disebabkan oleh mudahnya produksi dan juga beberapa kelebihan yang lain, yaitu : sangat inert, hidrofilik, mempunyai kestabilan termal dan mekanik yang tinggi serta relatif tidak mengembang dalam pelarut organik jika dibandingkan dengan padatan resin polimer organik. Kualitas yang berkaitan dengan pemanfaatannya ditentukan oleh berbagai faktor, yaitu struktur internal, ukuran partikel, porositas, luas permukaan, ketahanan dan polaritasnya (Sulastri dan Kristianingrum, 2010) .

Penggunaan adsorben saat ini telah banyak dikembangkan dengan berbagai jenis selulosa. Selulosa merupakan salah satu adsorben karena memiliki gugus karboksil dan hidroksil yang dapat mengikat ion logam. Gugus -OH pada selulosa menyebabkan adsorben bersifat polar. Selulosa pada umumnya digunakan sebagai adsorben dalam bentuk senyawa selulosa asetat. Selulosa asetat merupakan ester asam organik dari senyawa selulosa dan selulosa asetat diperoleh dari proses asetilasi selulosa (Mangesti, dkk., 2019). Selulosa bakteri adalah selulosa yang diproduksi oleh bakteri asam asetat dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan selulosa yang berasal dari tumbuhan. Keunggulan tersebut diantaranya memiliki kemurnian yang tinggi, struktur jaringan yang sangat baik, kemampuan degradasi tinggi, dan kekuatan mekanik yang baik. Selain itu, selulosa bakteri memiliki kandungan air yang tinggi (98-99%), penyerap cairan yang baik, bersifat non-alergenik, dan dapat dengan aman disterilisasi tanpa

menyebabkan perubahan karakteristiknya (Rahayu dan Roeheti, 2014). Polimer alam seperti selulosa, dapat dikembangkan menjadi polimer superabsorbent melalui modifikasi, salah satunya dengan teknik grafting. Modifikasi melalui teknik grafting antara selulosa dan monomer sintetik dapat dilakukan dengan beberapa metode, yakni fotografiting, iradiasi energi tinggi, dan inisiasi kimia. Beberapa penelitian menunjukkan selulosa dapat dikembangkan menjadi superabsorben, diantaranya adalah Chen Y. et al., (2008) memperoleh selulosa superabsorben melalui teknik polimerisasi grafting dengan inisiasi radikal bebas (kopolimerisasi) antara selulosa dan monomer vinil yang disertai pembentukan ikatan silang yang tepat; Princi et al., (2005) mengembangkan selulosa superabsorben melalui reaksi kopolimerisasi antara selulosa dan monomer akrilat (Yusnaidar, 2017).

Dengan semakin meningkatnya limbah produksi fly ash batubara akan mengakibatkan polusi udara dan masalah lingkungan hidup, maka perlu pengolahan lebih jauh terhadap fly ash batubara dengan mereduksi limbah tersebut sebagai bahan baku dalam pembuatan silika yang akan digunakan sebagai pengisi. Pada penelitian ini akan dilakukan upaya untuk pembuatan produk bernilai ekonomis berupa Hidrogel Selulosa Bakteri (HSB) yang akan mengkaji pengaruh komposisi silika dari fly ash batubara yang digunakan sebagai pengisi dalam pembuatan HSB untuk meningkatkan daya serap HSB .

2 METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat – alat sebagai berikut: Neraca analitik, Kertas saring, Ayakan 180 dan 200 mesh, Oven, Beaker glass, Erlenmeyer, Corong gelas, Gelas ukur, Magnetic stirrer, Hot Plate, Mortar dan Pestle, pH indikator Sedangkan bahan yang digunakan sebagai berikut: Limbah padat Fly Ash Batubara PT SOCI Mas, Asam Klorida (HCl), Natrium Hidroksida (NaOH), Asam Sulfat (H₂SO₄), Aquadest (H₂O), Asam Akrilat (AA), Bakteri Selulosa (BC), Kalium Persulfat (KPS), Natrium Hidroksida (NaOH), N-N'metilen Bis Akrilamida (MB), Polietilena Glikol (PEG)

Preparasi Sampel

Preparasi Fly Ash

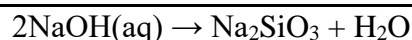
Prosedur preparasi fly ash adalah sebagai berikut (Fatony, dkk., 2015):

1. Fly ash diayak dengan ayakan 180/200 mesh untuk menghomogenkan ukuran fly ash.
2. Sebanyak 50 gram fly ash diambil kemudian di rendam dengan HCl selama 24 jam
3. Campuran fly ash dan HCl disaring dengan kertas saring
4. Fly ash yang telah disaring dan kemudian dicuci dengan aquadest yang telah dipanaskan pada suhu 100 oC
5. Fly ash dikeringkan didalam oven pada suhu 120 oC

Ekstraksi Larutan Natrium Silikat dari Fly Ash

Prosedur ekstraksi larutan natrium silikat dari fly ash adalah sebagai berikut (Aman dan Eddy, 2017):

1. Fly ash yang telah kering dilarutkan 500 ml NaOH 4,5 N
2. Fly ash yang telah dilarutkan dengan NaOH kemudian dipanaskan pada suhu 105 °C dan diaduk dengan kecepatan pengadukan 500 rpm selama 150 menit. Reaksi pembentukan natrium silikat (Mourhly et al., 2015) : $\text{SiO}_2(\text{s}) +$



3. Larutan disaring dengan kertas saring untuk memisahkan residu dan filtrat yang berupa natrium silikat.
4. Filtrat yang dihasilkan diambil sebagai bahan baku pembuatan silika gel.

Pembuatan Silika Gel

Prosedur pembuatan silika gel adalah sebagai berikut (Utama et al., 2016) :

1. Filtrat yang berupa natrium silikat dimasukkan kedalam beaker glass
2. Larutan tersebut ditetesi dengan H₂SO₄ 3 N sambil diaduk dengan magnetic stirrer hingga terbentuk gel berwarna putih sampai pH 7. Reaksi pembentukan silika gel (Mourhly et al., 2015): $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
3. Silika gel disaring dan dibilas dengan aquadest yang telah dipanaskan pada suhu 100 °C untuk menghilangkan asam berlebih.
4. Silika gel dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C, kemudian digerus menggunakan mortar dan pestle

Pembuatan Hidrogel Selulosa Bakteri (HSB).

Berikut adalah prosedur dalam pembuatan HSB:

1. Dibuat larutan 6 gram Polietilena glikol (PEG) + 8 gram NaOH dalam 100 ml aquadest.
2. Ditambahkan selulosa bakteri 1 gram, silika 10% (0,1 gram) ke dalam larutan a, aduk sampai homogen.
3. Disimpan di dalam freezer T=-5 °C selama 24 jam untuk mendapatkan massa padatan.
4. Padatan beku dilelehkan dan dihomogenkan dengan magnetic stirrer kecepatan 400–500 rpm pada T kamar (30°C) selama 2 jam. Menghasilkan larutan transparan. Kemudian disaring menggunakan kertas saring dan siap digunakan untuk pembuatan HSB.
5. Larutan (filtrat) digunakan untuk pembuatan HSB
6. Dimasukkan 6 ml asam akrilat ke dalam 50 ml filtrate + 0,5 gram

inisiator Kalium Persulfat dan 0,4 gram crosslinker N-N'metilen bis akrilamida (MB). Diaduk sampai homogen.

7. Dipindahkan larutan ke botol sampel.
8. Polimerisasi selesai, dihasilkan HSB semi transparan.
9. Dilakukan hal yang sama untuk silika 20%, 30% dan 40%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

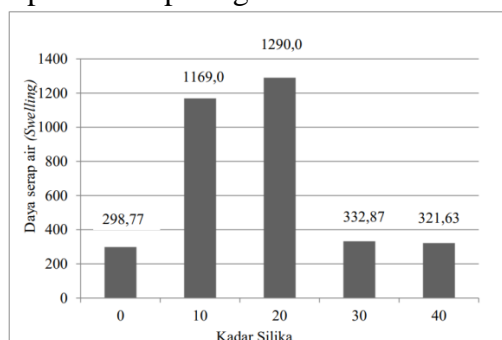
Pengaruh kadar silika terhadap daya serap Hidrogel Selulosa Bakteri (HSB)

Uji daya serap dapat dilakukan dengan merendam HSB kering ke dalam air pada suhu ruang selama waktu tertentu sesuai keinginan. Teknik untuk menentukan daya serap HSB dengan metode filtrasi. HSB pada metode filtrasi langsung direndam dalam air atau larutan. HSB kemudian disaring dengan kertas saring sampai kering. Daya serap HSB dapat diasumsikan dalam persamaan berikut :

$$Q = \frac{W_s - W_f - W_o}{W_o}$$

Dimana : Q = Persentase Swelling
W_o = Berat Hidrogel
W_f = Berat kertas saring
W_s = Berat hidrogel beserta kertas saring.

Pengaruh kadar silika terhadap daya serap hidrogel selulosa bakteri (HSB) dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini;



Gambar 2. Grafik hubungan antara daya serap hidrogel selulosa bakteri (HSB) terhadap kadar silika

Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa hidrogel selulosa bakteri (HSB) tanpa silika masih memiliki daya serap air (swelling) paling rendah dibandingkan hidrogel selulosa bakteri (HSB) yang Universitas Sari Mutiara Indonesia

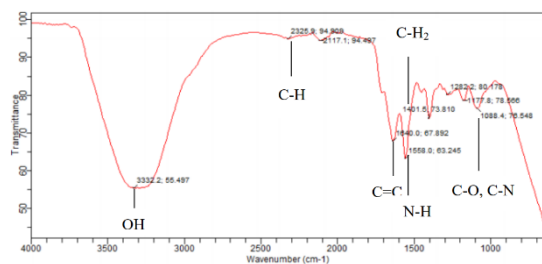
mengandung silika. Daya serap air dari HSB meningkat dengan ditambahkan silika kedalam HSB tersebut. Peningkatan daya serap air (hingga maksimal sebesar 1290% dengan penambahan silika hingga 20% dikarenakan silika berfungsi sebagai bahan penyerap air (hidrofilik). Menurut Arriyanti, 2018; bahwa ciri dari telah terbentuknya HSB terisi silika adalah hidrogel.

tersebut mampu menyerap air atau cairan lainnya, tidak pecah saat direndam dengan air atau cairan lainnya serta hidrogel dapat kembali ke bentuk semula setelah air dikeluarkan secara perlahan dari jaringan ikat silangnya dan penambahan silika mampu meningkatkan persentase daya serap air. Menurut Wivanius, 2015; HSB terisi silika yang terbentuk dari bakteri selulosa dan silika menyumbangkan gugus hidroksilnya untuk berinteraksi secara ikatan hidrogen dengan air sehingga air akan tetap terperangkap didalam jaringan ikat silang hidrogel selulosa bakteri. Beliau juga yang menyatakan bahwa bagian hidrofilik dari HSB mempengaruhi gaya antarmolekul yang bertanggung jawab untuk proses difusi dan swelling. Dengan meningkatnya hidrofilitas hidrogel, maka interaksi antara air dan hidrogel akan meningkat juga, maka memudahkan difusi air dan mengarah ke pembengkakan yang lebih besar.

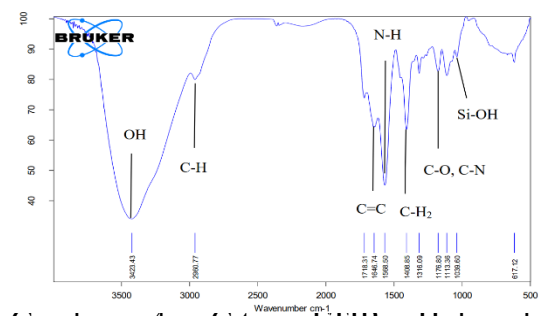
Dari grafik juga terlihat, HSB dengan penambahan-penambahan silika dengan kadar 30% dan 40% mulai mengalami penurunan persentase daya serap air. Hal ini dapat disebabkan karena kekuatan struktur HSB menjadi kurang kuat sehingga hidrogel mudah pecah. Penurunan kekuatan struktur ini dapat diakibatkan telah terlewatnya kesetimbangan sehingga penambahan silika dengan kadar yang lebih besar malah menurunkan sifat mekanik, kemungkinan hal ini disebabkan perubahan struktur molekul HSB. Menurut Arriyanti, 2018; semakin tingginya konsentrasi pengisi suatu hidrogel, maka menunjukkan kekuatan struktur daya serap air yang kurang kuat sehingga hidrogel mudah pecah.

Penurunan persentasi daya serap air dengan penambahan-penambahan kadar silika 30% dapat disebabkan kepadatan struktur molekul HSB menjadi semakin meningkat, silika berlebih mengisi ruang-ruang antara molekul HSB sehingga kerapatan ikat silang menjadi semakin meningkat yang berakibat kepada proses difusi air kedalam molekul HSB menjadi terhambat dengan air yang terdispersi menjadi lebih sedikit. Penambahan silika dengan kadar 40% kedalam HSB semakin menurunkan daya serap HSB karena semakin rapatnya yang terbentuk yang menghambat proses difusi air ke dalam molekul HSB.

Analisis Fourier Transform Infra Red (FTIR) terhadap HSB tanpa/dengan silika



Gambar 3. Citra FTIR Hidrogel Selulosa Bakteri tanpa silika



Gambar 4. Citra FTIR Hidrogel Selulosa Bakteri dengan silika 20%

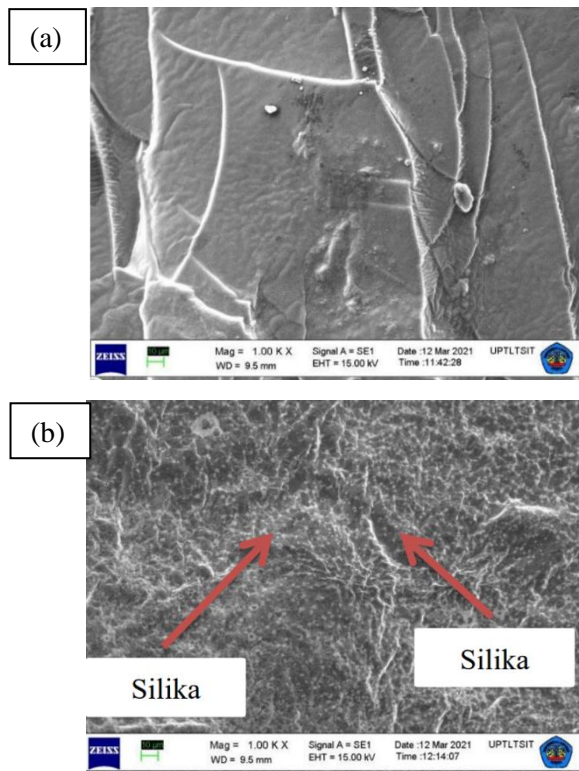
Tabel 1. Data puncak serapan infra merah hidrogel selulosa bakteri terisi silika 20% (Hairunnisa, 2018)

Gugus Fungsi	Frekuensi Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Frekuensi Bilangan Gugus-gugus Fungsional (cm-1)
O-H	3334,01	3423,4
C-H	2849,57	2960,7
C=C	1638,92	1646,7
N-H	1555,62	1568,5
C-H ₂	1405,70	1408,8
C-O dan C-N	1091,58	1176,8
Si-OH	1000-1100	1039,6

Pada hasil analisis FTIR HSB dengan silika 20% terdapat puncak serapan

pada 3260 cm⁻¹. Menurut Sunardi et al (2013) jika muncul serapan pada bilangan gelombang 3340 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi dari gugus hidroksil dan gugus amina sekunder yang tumpang tindih sehingga serapan yang muncul melebar. Selain itu terdapat juga puncak serapan pada 2318 cm⁻¹ dimana puncak serapan tersebut adalah puncak serapan yang khas untuk gugus fungsi C-H. Selain itu juga terdapat puncak serapan yang khas untuk gugus fungsi C=C pada bilangan gelombang 1640 cm⁻¹ dimana pada penelitian Lestari, 2018; Pada puncak serapan 1638,92 cm⁻¹ merupakan puncak serapan gugus -C=C. Selain itu juga terdapat puncak serapan pada panjang gelombang 1558 cm⁻¹ yang merupakan munculnya serapan khas gugus amina (N-H) alifatik sekunder yang berasal dari pengikat silang N,N'-metilen bisakrilamida dengan rumus molekul (C₇H₁₀N₂O₂). Terdapat pula serapan pada bilangan gelombang 1401 cm⁻¹ untuk gugus fungsi C-H yang memperkuat keberadaan C=C sp (Rohman A, 2014). Terdapat pula serapan pada bilangan gelombang 1088 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C-O dan C-N. Sedangkan dengan Hidrogel karboksimetil selulosa komersil pada penelitian Pourjavadi, 2007; menunjukkan daerah serapan dengan bilangan gelombang 1636 cm⁻¹ dan 2110 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C=C dan CH₂ yang berasal dari pengikat silang, dan pada penelitian Lestari, 2018; puncak serapan pada 1087,85 cm⁻¹ dimana spektrum tersebut menunjukkan serapan gugus -C-O turunan dari alkohol, asam karboksilat dan ester. Selain itu juga terdapat puncak serapan pada bilangan gelombang 1039 cm⁻¹ dimana spectrum tersebut menunjukkan adanya gugus Si-OH yang berasal dari silika. Hal serupa juga terdapat pada penelitian Lanny Sapei, 2015; puncak serapan 1000-1100 cm⁻¹ dan Wichai Soemphol, 2020; puncak serapan 1110 cm⁻¹ dimana spectrum tersebut menunjukkan adanya serapan gugus Si-OH yang berasal dari silika.

Berdasarkan Gambar 4, membuktikan bahwa proses ikat silang antara monomer Asam Akrilat dengan pengikat silang N,N'-metilen bisakrilamida telah terbentuk. Dari hasil FTIR diatas, dapat diketahui bahwa gugus penyusun silika telah terbentuk pada puncak serapan 1039,6 cm⁻¹ dimana hal tersebut menunjukkan adanya gugus silika.



Gambar 5. Citra SEM dari HSB, (a) HSB tanpa silika, (b) HSB dengan silika

Dari Gambar 5, terlihat morfologi dari HSB tanpa silika yang memperlihatkan permukaan yang paling halus dan paling terang, dan hampir tidak pecah dan tidak ada celah pada permukaan HSB. HSB dengan penambahan silika 20% Gambar (b) menunjukkan bahwa morfologi permukaan hidrogel terlihat kasar, ada sedikit partikel kecil, dan juga mulai terlihat adanya area kecil yang gelap seperti celah. Sedikit partikel kecil ini merupakan silika yang tidak terdistribusi ke dalam jaringan hidrogel. Hal ini menunjukkan bahwa lebih banyak silika yang terikat pada struktur jaringan hidrogel. Jika dibandingkan dengan Gambar (a)

terlihat adanya perbedaan yang sangat signifikan.

Hasil SEM pada Gambar (b) dengan penambahan lebih banyak silika menunjukkan permukaan hidrogel terlihat tidak rata, lebih kasar, banyak terdapat partikel kecil, dan juga banyak terlihat area gelap seperti celah. Semakin banyak partikel kecil yang terlihat pada permukaan hidrogel, semakin sedikit jumlah silika yang terdistribusi ke struktur jaringan hidrogel (Hasibuan, 2020). Celah yang terdapat pada permukaan HSB merupakan salah satu yang mempengaruhi daya serap air meningkat. Berdasarkan hasil SEM diperoleh morfologi permukaan yang lebih halus dan lebih rata terlihat pada sampel HSB tanpa silika. Penambahan silika memberikan pengaruh terhadap morfologi permukaan hidrogel yang mulai terlihat kasar, tidak rata dan mulai terlihat adanya sedikit partikel kecil.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Polusi udara dan masalah lingkungan hidup yang diakibatkan oleh fly ash batubara dapat ditangani dengan mengolah fly ash batubara menjadi silika yang bernilai ekonomis tinggi.
2. Penambahan silika presipitasi dari limbah fly ash sebagai pengisi dalam Hidrogel Selulosa Bakteri (HSB) mampu meningkatkan daya serap (Swelling) dari HSB.
3. Dengan meningkatnya konsentrasi silika presipitasi yang digunakan akan menghasilkan puncak serapan silika yang lebih tajam pada hasil FTIR.
4. Analisis SEM dengan penambahan silika dengan selulosa bakteri menghasilkan pori pada permukaan HSB yang dapat mengabsorpsi air lebih cepat. Pori yang terdapat pada permukaan HSB mempengaruhi daya serap air (Hidrofilitas) lebih meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, Afrizal., Dan Purwanto, Agung. 2011. Pemanfaatan Selulosa Bakterial Nata De Coco Sebagai Adsorban Logam Cu (Ii) Dalam Sistem Berpelarut Air. *Jurnal Riset Sains Dan Kimia Terapan*, 1(1), 27-32.
- Aman, P. S. U. Dan E. Saputra. 2017. High Purity Silica From Palm Oil Mill Fly Ash For Catalyst Zsm-5 Zeolite Synthesis. *Journal Of Applied Science And Technology* 1(1): 267-272.
- Aprilina, Erni. 2015. Karakterisasi Ftir Dari Miselium Bibit Jamur Tiram Pada Media Jagung Pecah. Jurusan Teknik Fisika. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan. Institut Pertanian Bogor.
- Arriyanty, S. 2018. Pembuatan Hidrogel SEMI Jaringan Polimer Interpentnasi dari Pati Jagung dan Asam Akrilat Menggunakan Pengikat Silang Metilen Bisakrilamida. Program Studi Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.
- Astrini, Nuri., Lik Anah., Dan Agus Haryono. 2016. Pengaruh Metilen Bisakrilamid (Mba) Pada Pembuatan Superabsorben Hidrogel Berbasis Selulosa Terhadap Sifat Penyerapan Air. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 38(1), 15-20.
- Bajpai SK, Swarnkar MP, 2014. New Semi-IPN Hydrogels Based on Cellulose for Biomedical Application. *Journal of Polymer*, 2: 1-12
- Basuki, Adhitya., Dan Ma'ruf, Hilman. Maulana. 2018. Sintesa Dan Karakterisasi Superabsorben Polimer Dari Pati Dan Asam Akrilat (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Bhattacharya A, Rawlins JW, Ray P, 2009. Polymer Grafting and Crosslinking. John Wiley & Sons, Inc. Publication. Canada.
- Caroles, Joice D. S. 2019. Ekstraksi Silika Yang Terkandung Dalam Limbah Abu Terbang Batu Bara. *Fullerene Journ. Of Chem*, Vol.4 No.1: 5-7.
- Chen Y, Liu Yf, Tan Hm, 2008. Preparation Of Macroporous Cellulose-Based Superabsorbent Polymer Through The Precipitation Method. *Bioresources*, 3 (1): 245-247.
- Desianti, Ika. 2018. Karakterisasi Nanosilika Dari Abu Terbang (Fly Ash) Pt. Bosowa Energi Jeneponto Dengan Metode Ultrasonic. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
- Dira, Sari. 2019. Pembuatan Hidrogel Semi Jaringan Polimer Interpenetrasi Dari Mikrokristalin Selulosa Sekam Padi. Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.
- Esa, Faezah., Tasirin, Siti. Masrinda., Dan Abd Rahman, Norliza. 2014. Overview Of Bacterial Cellulose Production And Application. *Agriculture And Agricultural Science Procedia*, 2, 113-119.
- Falaah, Asron Ferdian , Adi Cifriadi , Dan Andri Cahyo Kumoro. 2016. Production Of Amorphous Silica From Rice Husk For Rubber Goods Filler Using Fluidized Bed Combustor. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Diponegoro. Semarang.

- Fatmawati, Dian. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Hidrogel Kopolimer Dari Akrilamida Dan Metilen Bisakrilamida Pada Kitin Cangkang Udang. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember.
- Fatony, M. H. A. T., Haryati, Dan M. Mintadi. 2015. Ekstraksi Silika Dari Fly Ash Batubara (Studi Pengaruh Variasi Waktu Ekstraksi, Jenis Asam Dan Ph). Prosiding Seminar Nasional Kimia. Universitas Jember. Jember.
- Hanafi MIJ, Atmaja, L, 2016. Pengaruh Penambahan Montmorillonite pada Sifat Ketahanan Termal Polivinil Asetat. Sains Dan Seni, 5(1): 2337-3520.
- Hasibuan, R. A. (2020). Biomikrokompisit Hidrogel Interpenetrasi Berbasis Polivinil Alkohol Dan Poli Asam Akrilat Dengan Pengisi Mikrokristal Selulosa (Avisel Ph101) Sebagai Polimer Absorben. Program Pascasarjana Magister Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- Heriyanto, Heri, Rochmadi, R., & Budiman, A. 2011. Kinetika reaksi alkyd resin termodifikasi minyak jagung dengan asam phtalat anhidrat. Jurnal Rekayasa Proses, 5(1), 1-9.
- Hermanto, Joni. 2017. Pengaruh Putaran Pengaduk Pada Proses Ekstraksi Silika Dari Sekam Padi. Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Samarinda.
- Guirguis OW, Moselhey MTH, 2012. Thermal and Structural Studies of Poly (Vinyl Alcohol) and Hydroxypropyl Cellulose Blends. Natural Science, 4(1): 57-67.
- Irwan, Asidi., Sunardi, Sunardi., Dan Syabatini, Annisa. 2013. Polimer Superabsorben Berbasis Akrilamida (Aam) Tercangkok Pati Bonggol Pisang (Musa Paradisiaca). Prosiding Semirata, 1(1)
- Lestari, C. T. (2018). Pembuatan Hidrogel Semi Jaringan Polimer Interpenetrasi dari Larutan Pati Singkong dan Asam Akrilat Menggunakan Pengikat Silang Metilen Bisakrilamida. Program Studi Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.
- Mangesti, Fitra. Langgeng., Dan Sosidi, Husain. 2019. Adsorpsi Logam Pb Dan Cu Dari Pelumas Bekas Menggunakan Blending Selulosa AsetatKitosan. Kovalen: Jurnal Riset Kimia, 5(2), 222-232
- Ningsih, Ayu. Dian. 2019. Pembuatan Polimer Superabsorben Dari Karboksimetil Selulosa, Pati Biji Nangka Dan Alumunium Sulfat Sebagai Agen Pengikat Silang. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Unoversitas Sumatera Utara.
- Oktaviani, Oktaviani., Budianto, Emil., Dan Danu, Sugiarto. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Kopolimer Cangkok Selulosa Bakteri (Sb)-Poliakrilonitril Teramidoksimasi Menggunakan Teknik Pra-Iradiasi. Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi, 11(1), 1-12.
- Panaiteacu DM, Frone AN, Ghiurea M, Spataru CI, Radovici C, Iorga MD, 2008. Properties of Polymer Composites with Cellulose Microfibrils. Advances in Composites Materials-Ecodesign and Analysis, 5: 103-122.

- Permadi, Itok. Dwi. Guro. 2017. Pembuatan Komposit Bentonit Dengan Hidrogel Dari Pati Garut (Marantha Arundinaceae) Melalui Kopolimerisasi Cangkok Asam Akrilat. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam .Universitas Jember
- Princi E, Vicini S, Proietti N, Capitani D, 2005. Grafting Polymerization On Cellulose Based Textile: A 13c Solid State Nmr Characterization. European Polymer Journal, 41: 1196-1203.
- Priyanka, Dan Om Prakash Choudhary. 2018. Use Of Transmission Electron Microscope In Microscopy And Its Advantages And Disadvantages. International Journal Of Current Microbiology And Applied Science. Issn: 2319-7706 Volume 7 Number 05 (2018).
- Rahayu, Tutiek., Dan Rohaeti, Eli. 2012. Sifat Mekanik Selulosa Bakteri Dari Air Kelapa Dengan Penambahan Kitosan. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Retnosari, Agustin. 2013. Ekstraksi Dan Penentuan Kadar Silika (SiO₂) Hasil Ekstraksi Dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember.
- Rohman A, 2014. Spektroskopi Inframerah dan Kemometrika untuk Analisis Farmasi: Yogyakarta. Pustaka Pelajar.
- Saputra Rio, Edy Saputra, Yelmida. 2018. Sintesis Zsm-5 Menggunakan Silika Presipitasi Dari Fly Ash Pabrik Cpo. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Setiawati, Nurqori. 2018. Pengaruh Variasi Naoh Terhadap Karakteristik Nanosilika Berbasis Batu Apung. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Soemphol , Wichai., Panadda Charee, Sasiporn Audtarat, Supachai Sompech, Piyorot Hongsachart² And Thananchai Dasri. 2020. Characterization Of A Bacterial Cellulose-Silica Nanocomposite Prepared From Agricultural Waste Products. . Materials Research Express, 7(1), 015085.
- Sulastri, Siti., Dan Kristianingrum, Susilo. 2010. Berbagai Macam Senyawa Silika: Sintesis, Karakterisasi Dan Pemanfaatan. In Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan Mipa, Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Mipa, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Suprihatin, Eka., Zaharani, Titin. Anita., Dan Dewi, T. K. 2012. Pembuatan Membran Silika Dari Fly Ash Dan Aplikasinya Untuk Menurunkan Kadar Cod Dan Bod Limbah Cair Kelapa Sawit. Jurnal Kimia Universitas Tanjungpura, 4(3), 48-53.
- Swantomo, Deni., Megasari, K., Dan Saptaaji, Rani. 2008. Pembuatan Komposit Polimer Superabsorben Dengan Mesin Berkas Elektron. In Jurnal Forum Nuklir (Vol. 2, No. 2, Pp. 143-156).
- Syamsu, Kaswar., Dan Kuryani, Tutus. 2014. Pembuatan Biofilm Selulosa Asetat Dari Selulosa Mikrobial Nata De Cassava. E-Jurnal Agro-Industri Indonesia, 3(1).
- Tanpichai S, Oksman K, 2016. Cross-linked Nanocomposite Hydrogels Based on Cellulose Nanocrystals

Indra Surya et all | Pengaruh Kadar Silika Dari Fly Ash Batu Bara Sebagai Bahan Pengisi Hidrogel Berbahan Dasar Selulosa Bakteri (HSB)

- and PVA: Mechanical Properties and Creep recovery. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 1-29.
- Utama, P. S., R. Yamsaengsung, Dan C. Sangwichien. 2016. Silica Gel Derived From Palm Oil Mill Fly Ash. *Songklanakarin Journal Of Science And Technology* 40(1): 121-126.
- Utama, P. S., R. Yamsaengsung, Dan C. Sangwichien. 2019. Production And Characterization Of Percipitated Silica From P Alm Oil Mill Fly Ash Using Co2 Impregntion And Mechanical Fragmentation. *Brazilian Journal Of Chemical Engineering* 36(1): 523-530.
- Utami, Eko. Vindy., Dan Prastiwi, Nungrahaning. Dwi. 2017. Sintesa Dan Karakterisasi Biokomposit Poly (L-Lactic Acid)/Cellulose Acetate Bead Sebagai Biodegradable Adsorben (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Victoria. 2009. Adsorpsi Asam Lemak Bebas Dan Zat Warna Menggunakan Campuran Kaolin-Limbah Padat Tapioka. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Wardani, Leti Koesesandi Kusuma. 2018. Karakteristik Fly Ash (Abu Layang) Batubara Sebagai Material Adsorben Pada Limbah Cair Yang Mengandung Logam. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Yusnidar. 2017. Pelapisan Hidrogel Urea/Selulosa Jerami Padi-Terikat-Polinatrium Akrilat Dengan Matriks Karet Alam Terikat Silang N,N'-Methylenbisakrilamida. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan. Universitas Sumatera Utara.
- Zhu B, Ma D, Wang J, Zhang S, 2015. Structure and Properties of Semi Interpenetrating Network Hydrogel Based on Starch. *Carbohydrate Polymers*, 133: 448-455.