



## Pembuatan Komposit Selulosa Asetat-Silika Sekam Padi

Faisal Putra Syahrani\*, E. Evy Ernawati, Solihudin, Haryono, Roekmi-ati Tjokronegoro

Departemen Kimia FMIPA Unpad, Jatinangor

\*E-mail: faisalputras@yahoo.com

### Abstrak

Sekam padi merupakan limbah pertanian yang melimpah dan mempunyai komposisi yang unik sehingga mempunyai daya tarik tersendiri bagi peneliti bidang komposit. Selulosa dan silika adalah komponen utama sekam padi yang menjadi daya tarik peneliti untuk digunakan sebagai bahan dasar suatu komposit. Selulosa dapat dimodifikasi melalui reaksi esterifikasi menghasilkan selulosa asetat. Selulosa asetat dapat dibuat menjadi membran yang sifat fisiknya dapat diperkuat melalui proses komposit dengan silika. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposit selulosa-silika dari sekam padi melalui tahapan proses perlakuan alkali, delignifikasi, dan refluks dengan larutan kalium karbonat. Proses perlakuan alkali diulang 3 kali dan refluks dengan kalium karbonat diulang 2 kali untuk memperoleh komposit selulosa-silika dengan rasio tertentu. Kadar hemiselulosa dan lignin terendah adalah hasil tahap perlakuan alkali ketiga (3,55% dan 2,83%), sedangkan kadar silika terendah adalah hasil tahap refluks dengan kalium karbonat kedua (20,50%). Tahap delignifikasi merupakan tahap paling efektif untuk menurunkan kandungan hemiselulosa dan lignin, sedangkan refluks dengan larutan kalium karbonat untuk menurunkan kadar abu (silika). Hasil analisis FTIR dari komposit selulosa asetat-silika refluks kalium karbonat kedua menunjukkan spektrogram yang relatif sama dengan selulosa asetat standar.

Kata Kunci: komposit, selulosa asetat, silika, sekam padi.

### 1. Pendahuluan

Penelitian pemanfaatan limbah dari sektor pertanian sampai saat ini masih intensif dilakukan untuk mengembangkan teknologi pengolahan limbah pertanian dan diarahkan untuk mendapatkan material yang bermanfaat. Salah satu potensi limbah pertanian yang tersedia dalam jumlah besar pada penggilingan padi berupa sekam padi. Sekam padi mengandung selulosa 35%, hemiselulosa 25%, lignin 20%, dan silika 17% (Shukla *et al*, 2013). Komponen-komponen tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk membuat berbagai material termasuk material komposit.

Keberadaan selulosa dan silika di dalam sekam padi, dapat dimanfaatkan untuk membuat berbagai bahan dengan untuk keperluan tertentu. Selulosa dari sekam padi telah dimanfaatkan diantaranya untuk membuat serat nano selulosa dengan fluoresensi tinggi (Kalitaa *et al*, 2015), kristal nano selulosa sebagai reinfos pada hidrogel gelatin untuk penghantaran obat (Ooia, *et al*, 2016), selulosa asetat (Das *et al*, 2014) dan penggunaan selulosa sekam padi untuk biomedis (Shukla *et al*, 2013). Keberadaan selulosa dan silika dalam sekam yang cukup besar mendapat perhatian tersendiri karena memungkinkan untuk dibuat komposit selulosa-silika. Interaksi silika dengan selulosa pada komposit silika ini telah banyak diteliti, termasuk sifat termal dan mekaniknya (Wong *et al*, 2015, Raabe *et al*, 2014). Komposit selulosa silika ini dapat juga digunakan sebagai bahan pendukung katalis (Gamelas *et al*, 2016) atau digunakan sebagai bahan keperluan teknologi lainnya.

Selulosa dapat dimodifikasi melalui reaksi esterifikasi menghasilkan selulosa asetat. Selulosa asetat telah dipakai secara luas antara lain sebagai material membran, filter rokok, tekstil, plastik, dan industri makanan serta farmasi. Hingga saat ini, selulosa asetat diketahui mempunyai sifat yang sangat baik sebagai polimer alam yang didasarkan dua alasan, yaitu mempunyai derajat polimerisasi yang tinggi dan kemampuannya membentuk ikatan hidrogen intra- dan intermolekuler yang stabil untuk membentuk mikrofibril (Shibata, 2010). Komposit selulosa asetat dengan silika dilakukan untuk meningkatkan sifat fisiknya. Komposit selulosa asetat silika dapat digunakan sebagai bahan pada pembuatan membran untuk pemisahan etilena/etana dan propilena/propana (Naghsh *et al*, 2012), membran osmosa terbalik untuk pemurnian yang mempunyai sanitas tinggi (Ahmad *et al*, 2015). Penambahan silika pada pembuatan membran dari selulosa asetat dapat meningkatkan diameter pori, porositas permukaan, dan kerapatan pori (Chen *et al*, 2010; Arthanareeswaran *et al*, 2008).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa selulosa dan silika dari sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku suatu komposit. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan komposit selulosa-silika dari sekam padi dengan metode perlakuan alkali, delignifikasi, tiga kali pengulangan perlakuan alkali, dan dua kali ekstraksi silika dengan larutan kalium karbonat. Komposit selulosa-silika ini digunakan sebagai bahan untuk membuat membran komposit selulosa asetat-silika.

## 2. Metode

### 2.1 Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, corong Buchner, desikator, kui, oven, pengaduk magnetik, tanur, termometer, dan FTIR Agilent Technologies tipe Cary 600.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sekam padi yang diperoleh dari Desa Gegerkalong, Bandung. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah akuades, asam asetat glasial p.a., asam asetat anhidrida p.a., asam nitrat p.a., asam sulfat p.a., etanol p.a., hidrogen peroksida p.a., *n*-heksana p.a., dan natrium hidroksida p.a. Pemua bahan kimia diperoleh dari Merck.

### 2.2 Prosedur Kerja Penelitian

#### Preparasi sekam padi awal 50 mesh

Sekam padi terlebih dahulu dicuci dengan akuades lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Kemudian sekam padi yang telah kering dihaluskan sampai lolos pada ayakan 50 mesh.

#### Dewaxing

Sekam padi -50 mesh sebanyak 82 g direfluks selama 6 jam menggunakan pelarut *n*-heksana:etanol (2:1) dengan rasio sekam pelarut 1:10. Sekam padi hasil refluks disaring dan dibilas dengan akuades, lalu dikeringkan pada suhu 90°C selama 14 jam.

#### Perlakuan alkali

Residu hasil *dewaxing* dilarutkan dalam larutan hidrogen peroksida 1,5% dengan rasio 1:10 dan ditambah larutan natrium hidroksida 5 M hingga pH 10. Campuran didiamkan selama 14 jam pada suhu 45°C sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Larutan disaring dan dibilas dengan etanol dan akuades, lalu dikeringkan pada suhu 55°C selama 16 jam.

#### Delignifikasi

Endapan hasil perlakuan alkali pertama direfluks selama 15 menit dengan asam asetat 80%:asam nitrat 70% (10:1) dengan rasio 1:27,5. Larutan disaring dan dicuci dengan etanol dan akuades, kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 16 jam. Endapan hasil delignifikasi dilakukan pengulangan perlakuan alkali berulang sebanyak 3 kali.

#### Refluks dengan larutan kalium karbonat

Endapan hasil perlakuan alkali ketiga direfluks dengan larutan kalium karbonat dengan perbandingan mol silika:kalium karbonat:air 1:2:150 selama 3 jam. Perbandingan ini dihitung terlebih dahulu dari hasil data presentasi uji kadar abu residu dari perlakuan alkali ketiga dengan asumsi abu yang dihasilkan adalah silika

seluruhnya. Kemudian disaring dalam keadaan panas dengan corong Buchner. Residu yang didapatkan, dibilas dengan etanol. Pada tahap akhir, residu hasil refluks dengan larutan kalium karbonat direfluks kembali menggunakan larutan kalium karbonat dengan perbandingan mol yang berbeda, yaitu 1:1:150.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Preparasi Sekam Padi

Sekam padi dicuci dengan air untuk memisahkan kotoran (debu dan pasir) dalam sekam padi. Strukur sekam padi yang liat dan kaku akan mempersulit proses isolasi selulosa-silika sehingga sekam padi dihaluskan lebih dahulu, dalam penelitian ini sampai lolos saringan 50 mesh.

Hasil analisis sekam padi diperoleh kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin masing-masing 31,43%, 22,44%, dan 20,12%. Kadar hemiselulosa dan lignin yang tinggi sangat berpengaruh pada kualitas selulosa, sehingga perlu dilakukan pengurangan kadar hemiselulosa dan lignin tersebut. Menurut Sjostrom (1995), hemiselulosa dan lignin harus dihilangkan karena strukturnya bersifat kaku (rigid) yang dapat menyebabkan penurunan kualitas selulosa.

### 3.2 Pembentukan Selulosa-Silika Sekam Padi

Fotograf residu dari setiap proses seperti tercantum pada Gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat jelas terjadi perubahan warna residu dari coklat menjadi putih. Hal ini menjelaskan bahwa terjadi penurunan kadar lignin, mulai dari sekam padi awal hingga perlakuan alkali ketiga. Perubahan warna endapan yang signifikan terdapat pada endapan hasil delignifikasi. Namun, endapan hasil perlakuan alkali ketiga menghasilkan warna endapan yang lebih putih dibandingkan dengan endapan lainnya. Menurut Mudyantini (2008), lignin memiliki gugus kromofor, sehingga terekstraknya lignin pada suatu senyawa ditandai dengan perubahan warna pada residu yang dihasilkan.



Gambar 1. Warna sekam padi per tahap isolasi selulosa silika



Hasil analisis residu pada setiap proses tercantum pada Tabel 1. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa kadar hemiselulosa dan lignin semakin menurun dari tahap awal hingga tahap akhir isolasi selulosa-silika sekam padi. Hal ini membuktikan bahwa tiap tahap isolasi selulosa silika telah berhasil mengekstrak lignin dan hemiselulosa dari sekam padi. Sedangkan pada tahap refluks dengan larutan kalium karbonat pertama dan kedua, kadar abu mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini membuktikan bahwa refluks dengan larutan kalium karbonat telah berhasil mengekstrak silika.

Tabel 1. Kadar hemiselulosa, selulosa, lignin, dan abu pada residu dari tiap hasil proses

Proses	Kadar/ %			
	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin	Abu
Sekam padi	31,43	22,44	20,12	19,55
Dewaxing	16,40	30,62	29,96	20,89
Alkali pertama	14,32	41,15	23,79	22,17
Delignifikasi	5,73	50,64	5,18	36,59
Alkali kedua	4,71	51,47	4,06	37,41
Alkali ketiga	3,55	53,51	2,83	41,81
Refluks pertama	3,72	64,87	2,9	29,53
Refluks kedua	3,81	72,12	3,17	20,5

Tahap pertama pada isolasi selulosa-silika yaitu proses *dewaxing* untuk menghilangkan lemak dan lilin yang dapat mengganggu kontak dengan pelarut pada tahap selanjutnya (untuk meningkatkan pembasahan). Proses *dewaxing* dilakukan dengan proses refluks menggunakan campuran pelarut etanol dan n-heksana. Pada filtrat mengandung pengotor yang bersifat nonpolar seperti senyawa lemak maupun lilin. Meyer (1982) menyatakan bahwa di dalam sekam padi terdapat lemak dalam bentuk campuran, namun lemak tersebut sebenarnya tidak hanya berisi lemak, tetapi lilin/lemak kompleks (fosfolipid) yang bersifat nonpolar.

Hasil proses *dewaxing* diperoleh residu berwarna coklat (Gambar 1) dengan rendemen sebesar 97,44%. Hasil analisis residu dari proses *dewaxing* menunjukkan kadar hemiselulosa 16,40%, selulosa 30,62%, lignin 29,96%, dan silika 20,89%.

Proses selanjutnya, terhadap residu dari proses *dewaxing*, dilakukan proses perlakuan alkali dengan menggunakan hidrogen peroksida 1,5% pada pH 10. Menurut Hedriks (2009) perlakuan alkali menyebabkan serat pada sekam padi menjadi lebih terbuka sehingga hemiselulosa dan lignin mudah terurai. Selain itu bahan yang digunakan dalam metode ini ramah lingkungan dan baik digunakan pada material yang mengandung lignin berkadar tinggi seperti sekam padi ini. Proses perlakuan alkali pada pH 10 dengan hidrogen peroksida 15% dapat memutuskan ikatan selulosa-lignin sehingga lignin dapat dipisahkan (Sun *et al*,

2005). Namun penambahan natrium hidroksida juga mengakibatkan jumlah silika berkurang karena membentuk larutan natrium silikat. Dari proses perlakuan alkali diperoleh residu berwarna kuning kecokelatan (Gambar 1) dengan rendemen sebesar 91,00%. Pada penentuan kadar, residu hasil perlakuan alkali menghasilkan kadar hemiselulosa 14,32%, selulosa 41,15%, lignin 23,79%, dan silika 22,17%.

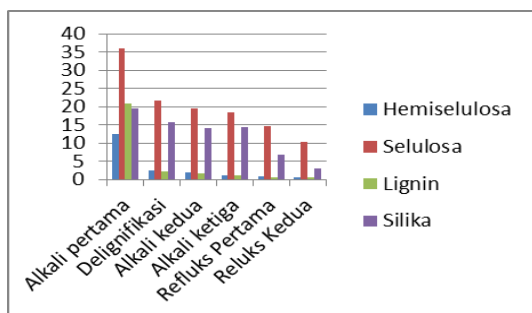
Proses delignifikasi pada residu hasil perlakuan alkali menggunakan asam asetat 80% dan asam nitrat 70%. Pada proses delignifikasi ini, terjadi penguraian lignin oleh asam asetat dengan pemutusan ikatan ester, sedangkan asam nitrat berfungsi sebagai katalis yang meminimalisir degradasi selulosa. Untuk mempercepat proses reaksi dilakukan pemanasan. Suhu delignifikasi sangat berpengaruh terhadap penurunan kandungan lignin, apabila suhu di atas 180°C, lignin sangat berkurang namun selulosa akan ikut terdegradasi (Ghazy 2016). Proses delignifikasi ini dilakukan dalam suasana asam sehingga logam-logam yang terkandung dalam sekam padi akan larut. Dari proses delignifikasi diperoleh residu sekam padi berwarna putih keabuan (Gambar 1) dengan rendemen sebesar 49,43%. Pada penentuan kadar, residu hasil delignifikasi menghasilkan kadar hemiselulosa 5,73%, selulosa 50,64%, lignin 5,18%, dan silika 36,59%.

Berdasarkan hasil analisis pada residu dari delignifikasi masih mengandung lignin dan hemiselulosa masing masing 5,73% dan 5,18%. Untuk mengurangi kadar hemiselulosa dan lignin maka dilakukan proses perlakuan alkali kedua dan ketiga. Dari proses perlakuan alkali kedua diperoleh endapan sekam padi berwarna putih keabuan (Gambar 1) dengan rendemen sebesar 91,18% dengan kadar hemiselulosa 4,71%, dan lignin 4,06%. Pada proses perlakuan alkali ketiga diperoleh endapan sekam padi berwarna putih (Gambar 1) dengan rendemen sebesar 96,67%, serta hemiselulosa 3,55% dan lignin 2,83%.

Kadar silika dari sekam padi 50 mesh hingga pada tahap perlakuan alkali ketiga terus mengalami kenaikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa silika larut secara signifikan pada proses-proses tersebut. Besarnya kadar silika mengganggu kualitas komposit yang dihasilkan, sehingga perlu dilakukan pengurangan kadar silika. Penurunan kadar silika pada residu hasil perlakuan alkali ketiga dilakukan dengan proses refluks menggunakan larutan kalium karbonat selama 2 jam. Penyaringan dilakukan saat larutan masih dalam keadaan panas, karena silika berubah cepat menjadi gel ketika kondisi larutan dingin. Proses refluks dengan larutan kalium karbonat diperoleh endapan sekam padi berwarna putih dengan rendemen sebesar 79,49%, dengan kadar abu 29,53%. Untuk mendapatkan kadar abu yang lebih rendah lagi residu direfluks kembali dengan

larutan larutan kalium karbonat. Pada proses refluks kedua diperoleh residu berwarna putih dengan rendemen sebesar 86,57% dan kadar abu 20,50%.

Hasil analisis residu dari refluks dengan larutan kalium karbonat menghasilkan kadar hemiselulosa 3,72%, selulosa 64,87%, dan lignin 2,90%. Proses refluks dengan larutan kalium karbonat dilakukan dua kali, namun dengan perbandingan mol silika:kalium: karbonat:air yang berbeda. Pada proses kalium karbonat kedua diperoleh endapan sekam padi berwarna putih dengan rendemen sebesar 86,57%, sedangkan kadar hemiselulosa 3,81%, selulosa 72,12%, dan lignin 3,17%.

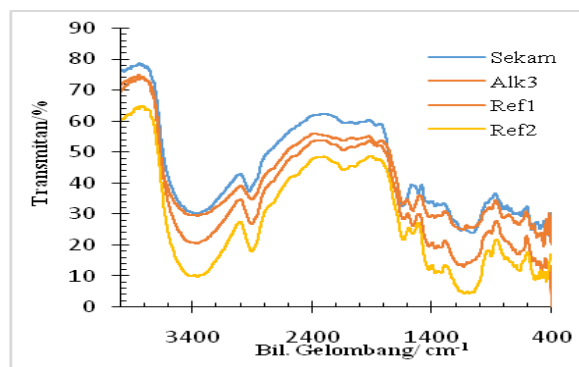


Gambar 2. Diagram kadar hemiselulosa, selulosa, lignin, dan silika hasil ekstraksi sekam padi.

Proses refluks pada metode ekstraksi alkalis didasarkan pada kelarutan silika yang besar dalam larutan basa. Efektivitas dari setiap proses pada pembentukan selulosa-silika dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut dapat dilihat proses delignifikasi merupakan tahap yang paling efektif dalam menurunkan kadar lignin dan hemiselulosa. Sedangkan perlakuan alkali setelah proses delignifikasi cenderung tidak berpengaruh terhadap penurunan kandungan hemiselulosa dan lignin. Proses yang paling efektif dalam menurunkan kadar abu ada pada tahap refluks dengan larutan kalium karbonat dan tampaknya kandungan silika dalam selulosa sekam padi dapat diatur dengan mengatur konsentrasi larutan kalium karbonat.

Hasil analisis FTIR pada sekam padi 50 mesh serta residu dari perlakuan alkali ketiga, refluks dengan larutan kalium karbonat pertama, dan kedua ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 2. Pada tabel ini ditunjukkan bahwa selulosa-silika sekam padi -50 mesh dan perlakuan alkali ketiga memiliki spektrum yang relatif identik serta memiliki serapan yang berasal dari selulosa maupun silika. Namun bila diperhatikan lebih cermat lagi, pada spektrum sekam padi -50 mesh terdapat serapan tajam dengan intensitas lemah pada bilangan gelombang  $1512\text{ cm}^{-1}$  sedangkan pada spektrum dari residu alkali ketiga sudah tidak tampak lagi. Kline *et al* (2010), menyatakan bahwa serapan pada bilangan gelombang  $1512\text{ cm}^{-1}$  berasal dari regang C=C cincin aromatik dari

lignin. Sementara spektrum dari residu refluks dengan larutan kalium karbonat pertama maupun kedua memiliki bentuk spektrum yang relatif identik serta tidak memiliki puncak serapan dari silika. Artinya, pada pada residu dari refluks dengan larutan kalium karbonat terdapat selulosa (sesuai dengan spektogram standar selulosa) namun kadar silikanya berkurang sangat signifikan, sesuai dengan hasil analisis yang menunjukkan kadar abu (identik dengan silika) sudah berkurang secara signifikan.



Gambar 3. Perbandingan spektogram FTIR selulosa-silika sekam padi antara pada tahap sekam padi awal 50 mesh, perlakuan alkali ketiga, refluks pertama, dan refluks kedua.

Tabel 2. Hasil analisis spektrum FTIR selulosa-silika sekam padi dengan selulosa dan silika standar.

Gugus fungsi	Bilangan gelombang/ $\text{cm}^{-1}$				
	Selulosa *	Silika **	Sekam padi	Alkali ketiga	Refluks pertama Reflaks kedua
Regang O-H	3348	-	3336	3295	3391 3361
Regang C-H	2900	-	2924	2901	2910 2906
Regang C-O	1642	-	1647	1642	1636 1633
Regang Si-O	-	798,5	796	799	- -

\*Sun *et al*, 2005

\*\*Putro & Prasetyo, 2007

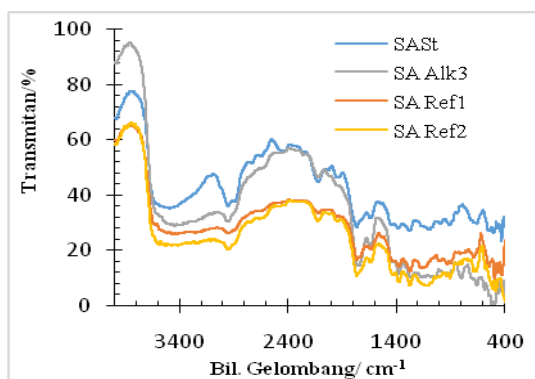
### Pembuatan Komposit Selulosa Asetat-Silika Sekam Padi

Residu dari perlakuan alkali ketiga, refluks dengan larutan kalium kalium karbonat pertama, dan kedua diubah menjadi komposit selulosa asetat-silika melalui proses asetilasi. Pembuatan selulosa asetat dari selulosa-silika sekam padi melalui 3 proses yaitu aktivasi, asetilasi, dan hidrolisis. Proses aktivasi selulosa-silika dengan perendaman asam asetat glasial pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$ . Hal ini untuk mengembungkan serat-serat selulosa dan menaikkan reaktivitas selulosa agar berinteraksi dengan gugus asetil (Norbert & Segal, 1971).

Hasil analisis gugus fungsi pada komposit selulosa asetat-silika sekam padi ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 3. Pada Gambar 4 terlihat adanya serapan pada bilangan gelombang  $3537$ ,  $1766$ , dan  $1096\text{ cm}^{-1}$  yang masing-masing



mengidentifikasi adanya vibrasi ulur O-H, C=O, dan C-O. Munculnya pergeseran bilangan gelombang dari selulosa-silika sekam padi menjadi komposit selulosa asetat-silika sekam padi, menunjukkan gugus O-H dari selulosa telah mengalami perubahan, dimana sebagian gugus O-H telah disubstitusi oleh gugus asetil. Munculnya serapan pada bilangan gelombang 1766, 1748, 1763, dan 1766  $\text{cm}^{-1}$  untuk masing-masing selulosa asetat standar, komposit selulosa asetat-silika perlakuan alkali ketiga, komposit selulosa asetat-silika refluks pertama, dan komposit selulosa asetat-silika refluks kedua menunjukkan gugus C=O dari gugus asetil. Berdasarkan spektrogram selulosa asetat standar, hanya komposit selulosa asetat-silika ekstraksi karbonat kedua yang tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Sehingga hanya komposit selulosa asetat-silika refluks kedua yang sudah sesuai dengan selulosa asetat standar.



Gambar 4. Spektrogram FTIR SA standar, SA-Si sekam padi perlakuan alkali ketiga, SA-Si sekam padi refluks pertama, dan SA-Si sekam padi refluks kedua.

Tabel 3. Hasil analisis FTIR selulosa asetat-silika sekam padi

Gugus fungsi	Bilangan gelombang/ $\text{cm}^{-1}$			
	SA standar	Alkali ketiga	Refluks pertama	Refluks kedua
Regang O-H	3536	3477	-	3589
Regang C=O	1766	1748	1763	1766
Regang C-O	1096	-	1154	1108

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh kadar hemiselulosa dan lignin terendah adalah hasil tahap perlakuan alkali ketiga (3,55% dan 2,83%), sedangkan kadar silika terendah adalah hasil tahap refluks dengan larutan kalium karbonat kedua (20,50%). Delignifikasi efektif menurunkan kandungan hemiselulosa dan lignin sedangkan refluks dengan larutan kalium karbonat untuk menurunkan kadar abu (silika). Analisis FTIR menunjukkan komposit selulosa asetat-silika sekam padi ekstraksi kalium karbonat kedua

mempunyai serapan gugus fungsi yang relatif sama dengan spektrogram selulosa asetat standar.

#### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih disampaikan pada *Academic Leadership Grant (ALG)* yang telah membiayai penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Ahmad, A., S. Waheed, S. Maqsood Khan, S. Gul, M. Shafiq, M. Farooq, K. Sanaullah, T. Jamil. 2015. Effect of silica on the properties of celluloseacetate/polyethylene glycol membranes for reverse osmosis. *Desalination*, 355: 1-10
- Arthanareeswaran, G., T.K. Sriyama Devi, M. Raajenthiren. 200 Effect of silica particles on celluloseacetate blend ultrafiltration membranes: Part I. *Separation and Purification Technology*. 64 (1), 38-47.
- Cempaka, Y.L. 2016. *Isolasi Selulosa Sekam Padi dengan Metode Alkali Peroksida untuk Bahan Baku Pembuatan Membran Pervaporasi Etanol-Air*. Skripsi Sarjana. FMIPA Universitas Padjadjaran.
- Chen, W., Y. Su, L. Zhang, Q. Shi, J. Peng, Z. Jiang. 2010. In situ generated silica nanoparticles as pore-forming agent for enhanced permeability of celluloseacetate membranes *Journal of Membrane Science*. 348 (1-2), 75-83.
- Das. A. M., Ali, A. A., Hazarika, M. P. 2014. Synthesis and characterization of cellulose acetate from rice husk: Eco-friendly condition. *Carbohydrate Polymers*. 112: 342-349.
- Gamelas, J.A.F., F. Oliveira, M.G. Evtugina, I. Portugal, D.V. Evtuguin. 2016. Catalytic oxidation of formaldehyde by ruthenium multistituted tungstosilicic polyoxometalate supported on cellulose/silica hybrid. *Applied Catalysis A: General*. 509: 8-16.
- Ghazy, M. B. M. 2016. Effect of Temperature and Time on the Kraft Pulping of Egyptian Bagasse. *International Journal of Science and Research*. 5 (2), 179-184.
- Hedriks, A.T.W.M, G. Zeeman. 2009. *Pretreatment to Enhance the Digestibility of Lignocellulosic Biomass*. *Bioresource Technology*. 100: 10-18.
- Kalitaa, E., Natha, B.K., Debb, P., Agana, F., Islama, Md. R., Saikia, K. 2015. High quality fluorescent cellulose nanofibers from endemic rice husk: Isolation and characterization. *Carbohydrate Polymers*. 122: 308-313.
- Kline, L. M., Hayes, D. G., Alvin R. Womac, A. R., Nicole Labbé, N. 2010. Simplified Determination Of Lignin Content In Hard



- And Soft Woods Via UV-Spectrophotometric Analysis Of Biomass Dissolved In Ionic Liquids. *BioResources* 5 (3), 1366-1383.
- Kumar, A., K Mohanta., D, Kumar., & O. Parkash. 2012. Properties and industrial applications of rice husk: a review. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2: 86-90.
- Meyer, L.H. 1982. *Food Chemistry*. The AVI Publishing Company. Westport, Connecticut, USA. 5: 12, 42.
- Mudyantini, W. 200 *Pertumbuhan, Kandungan Selulosa, dan Lignin pada Rami dengan Pemberian Asam Giberelat (GA<sub>3</sub>)*. Biodiversitas. 9 (4), 269-274.
- Naghsh, M., M. Sadeghi, A. Moheb, M.i P. Chenar, M. Mohagheghian. 2012. eparation of ethylene/ethane and propylene/propane by cellulose acetate–silica nanocomposite membranes. *Journal of Membrane Science*. 423: 97-106.
- Norbert, M.B., & Segal, L. 1971. *Cellulose and Cellulose Derivatives*. Wiley Interscience. Lousiana.
- Ooia, S. Y., Ahmada,I., Cairul Iqbal, M. C., Amin, M. 2016. Cellulose nanocrystals extracted from rice husks as a reinforcingmaterial in gelatin hydrogels for use in controlled drug deliveriesystems. *Industrial Crops and Products*. 93: 227–234.
- Putro, A., & Prasetyo, D. 2007. Abu Sekam Padi sebagai Sumber Silika pada Sintesis Zeolit ZSM-5 Tanpa Menggunakan Templat Organik. *Akta Kimindo*. 3: 33.
- Raabe, J., A. de Souza Fonseca, L. Bufalino, C. Ribeiro, M. A. Martins, J. M. Marconcini, G. H. D. Tonoli. 2014. Evaluation of reaction factors for deposition of silica (SiO<sub>2</sub>) nanoparticles on cellulose fibers *Carbohydrate Polymers*. 114, 424-431.
- Shibata. 2010. *Method for Adjusting the Degree of Substitution with Acetyl Group of cellulose Acetate*. United states Patent. US 7.671.193 B2.
- Shukla, S.K., Nidhi, Sudha, Pooja, Namrata, Charu, Akshay, Silvi, Manisha, Rizwana, Bharadvaja, A., and Dubey, G. C. 2013. Preparation and Characterization of Cellulose Derived from Rice Husk for Drug Delivery. *Adv. Mat. Lett.* 4 (9), 714-719.
- Sun, J. X., F. Xu., & X, F. Sun. 2005. Physico-chemical and Thermal Characterization of Cellulose from Barley Straw. *Polymer Degradation and Stability*. 88: 521-531.
- Wong, J. C.H., H. Kaymak, P. Tingaut, S. Brunner, M. M. Koebel. 2015. Mechanical and thermal properties of nanofibrillated cellulose reinforced silica aerogel composites. *Microporous and Mesoporous Materials*. 217: 150-158.