

Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dan Kayu Serbuk Industri Mebel

DIAN MONARIQSA, NIKEN OKTORA, ANDRIANI AZORA, DORMIAN A N HALOHO, LESTARI SIMANJUNTAK, ARISON MUSRI, ADI SAPUTRA, DAN ALDES LESBANI
Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya Sumatera Selatan, Indonesia

INTISARI: Ekstraksi selulosa dari kayu gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dan kayu serbuk industri mebel dilakukan dengan proses maserasi menggunakan metanol dan dilanjutkan dengan pengasaman dengan asam klorida. Pengasaman dengan asam klorida dilakukan pada variasi konsentrasi 1%, 3%, 5%, 7%, 9% dan 11% (v/v). Karakterisasi selulosa hasil ekstraksi dilakukan menggunakan spektroskopi FT-IR, penentuan kadar air dan kadar abu. Hasil penelitian yang dibandingkan dengan selulosa standar menunjukkan bahwa konsentrasi asam klorida optimum untuk ekstraksi selulosa dari kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel adalah 5% (v/v). Kadar air masing-masing 2,35% (b/b) dan 2,74% (b/b) untuk selulosa dari kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel. Kadar abu masing-masing yakni 1,26% (b/b) untuk selulosa dari kayu gelam dan 2,44% (b/b) untuk selulosa dari kayu serbuk industri mebel.

KATA KUNCI: kayu gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn), kayu serbuk industri mebel, selulosa, ekstraksi

ABSTRACT: Extraction of cellulose from gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) and residue of furniture industry was carried out through maseration using methanol follow by acidification using hydrochloric acid. Acidification by hydrochloric acid was carried out in the concentration 1%, 3%, 5%, 7%, 9% and 11% (v/v), respectively. The product of cellulose was characterized using FT-IR spectroscopy, water content, and ash content. These results were compared with cellulose from supplier, which purchased and used without treatment and purification. The results showed that the optimum concentration of acid in the extraction of cellulose from gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) and residue of furniture industry is 5%(v/v). The water content in cellulose from gelam and residue of furniture industry is 2.35%(w/w) and 2.74%(w/w), respectively. The ash content in cellulose from gelam and residue of furniture industry is 1.26%(w/w) and 2.44%(w/w), respectively.

KEYWORDS: gelam wood (*Melaleuca leucadendron* Linn), residue of furniture industry, cellulose, extraction

E-MAIL: aldeslesbani@yahoo.com

1 PENDAHULUAN

Selulosa merupakan bahan dasar penyusun tumbuhan yang merupakan metabolit primer. Selulosa dapat dikonversi menjadi berbagai macam senyawa kimia lain yang mempunyai nilai komersial yang tinggi^[1].

Salah satu pemanfaatan selulosa yang mempunyai nilai ekonomis yang sangat tinggi yakni konversi selulosa menjadi furfural yang merupakan bahan baku bagi kebanyakan *fine chemicals*^[2] dan bahan bakar (*biofuel*)^[3].

Proses konversi selulosa menjadi bahan-bahan yang mempunyai nilai ekonomis tersebut selama ini dilakukan dengan menggunakan selulosa standar yang didapat dari pabrik. Hal ini menyebabkan harga selulosa standar menjadi meningkat. Dilain sisi terbukti bahwa selulosa dapat dengan mudah diperoleh melalui

ekstraksi dari bahan dasar tumbuhan^[4].

Indonesia merupakan negara tropis dengan banyak macam tumbuhan ditiap daerah. Tumbuhan gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) merupakan salah satu tumbuhan yang banyak terdapat di Sumatera Selatan yang potensial di ekstraksi menjadi selulosa. Tumbuhan ini banyak dimanfaatkan untuk bahan bangunan sehingga penelitian ini bertujuan meningkatkan nilai ekonomis kayu gelam dan sisa olahan produk kayu yakni kayu serbuk industri mebel. Pada penelitian ini akan dikaji proses ekstraksi selulosa dari tumbuhan gelam dan kayu serbuk industri mebel. Proses ekstraksi selulosa dari tumbuhan dilakukan dengan proses maserasi dan pengasaman^[5]. Proses pengasaman sangat penting karena selulosa yang terkandung pada tumbuhan berasosiasi dengan hemiselulosa di dalam lignoselulosa sehingga pengasaman yang tidak optimal akan menurunkan kualitas selulosa yang

dihasilkan. Selulosa yang dihasilkan dari ekstraksi kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel dibandingkan dengan selulosa yang terdapat dipasaran menggunakan pengukuran spektroskopi FT-IR, penentuan kadar air dan kadar abu.

2 METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah serbuk kayu gelam, kayu serbuk industri mebel, metanol, asam klorida pekat, akuades dan selulosa standar. Sedangkan alat yang dipergunakan yakni seperangkat alat maserasi, gelas kimia standar seperti beker gelas, erlenmeyer, pipet tetes, cawan porselen, *oven*, *furnace*, serta spektroskopi FT-IR Jasco.

2.2 Preparasi Kayu Gelam dan Kayu Serbuk Industri Mebel

Kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel di ambil dari padang kayu gelam di Palembang, lalu dibersihkan kulitnya sampai bersih. Kayu yang telah bersih kemudian dipotong kecil-kecil dan dihaluskan sampai berbentuk serbuk dengan alat penghalus dan pisau. Kayu gelam dan serbuk gergaji yang telah halus dikeringkan dan diayak dengan pengayak ukuran 40 mesh. Kayu gelam dan serbuk gergaji hasil ayakan kemudian siap di maserasi.

2.3 Ekstraksi Selulosa Dari Kayu Gelam dan Kayu Serbuk Industri Mebel^[5]

Serbuk kayu gelam yang halus dimaserasi dengan cara direndam dalam botol maserasi menggunakan pelarut metanol. Proses maserasi dengan metanol dilakukan selama 6-7 hari sampai larutan tidak lagi berwarna dengan mengganti metanol setiap dua hari. Setelah proses maserasi selesai sampel yang berupa residu lalu dikeringkan dan di lanjutkan dengan proses hidrolisis menggunakan asam klorida. Hidrolisis dilakukan dengan merendam residu hasil maserasi dengan asam klorida dengan variasi konsentrasi asam klorida 1%, 3%, 5%, 7%, 9% dan 11%(v/v) selama 3 jam. Setelah hidrolisis selesai sampel dicuci dengan akuades dengan tiga kali pengulangan untuk menghilangkan sisa asam yang tersisa. Padatan kemudian dikeringkan dan didapat selulosa yang siap dikarakterisasi. Hal yang sama dilakukan untuk kayu serbuk industri mebel.

2.4 Karakterisasi Selulosa Hasil Ekstraksi Melalui Penentuan Kadar Air, Kadar Abu dan Identifikasi Menggunakan Spektroskopi FT-IR

Selulosa hasil ekstraksi dengan variasi pengasaman di analisis dengan metode spektroskopi menggunakan spektrofotometer FT-IR. Spektra hasil pengukuran dibandingkan dengan spektra FT-IR selulosa standar. Terhadap selulosa hasil ekstraksi dengan berbagai variasi pengasaman ditentukan kadar air dan kadar abu yang juga dibandingkan dengan kadar air dan kadar abu selulosa standar.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam dan Kayu Serbuk Industri Mebel

Kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel halus hasil ayakan dimaserasi dengan metanol untuk menghilangkan lemak, protein, dan metabolit sekunder yang ada didalam komponen kayu. Penggunaan pelarut polar dapat efektif menghilangkan fraksi tersebut dengan meninggalkan residu yang berupa selulosa dan hemiselulosa^[5]. Selanjutnya dilakukan pengasaman untuk memisahkan selulosa dan hemiselulosa. Pada tahap ini dilakukan proses pengasaman agar proses ekstraksi selulosa dapat efektif dengan variasi konsentrasi asam 1%, 3%, 5%, 7%, 9% dan 11% (v/v). Hasil ekstraksi kemudian dikarakterisasi secara spektroskopi menggunakan spektrofotometer infra merah, penentuan kadar air dan penentuan kadar abu. Persentase selulosa hasil ekstraksi dengan variasi asam dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1: Rendemen selulosa hasil ekstraksi

% asam (% v/v)	% Selulosa dari	
	Kayu Gelam	Kayu Serbuk Industri Mebel
1	44,19	45,17
3	43,28	44,03
5	42,57	42,94
7	40,93	41,27
9	38,03	38,96
11	37,08	38,51

Rendemen selulosa hasil ekstraksi merupakan angka perbandingan dari berat kering serbuk kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel hasil ayakan 40 mesh. Terlihat bahwa rendemen tertinggi diperoleh pada pengasaman 1% baik untuk kayu gelam maupun serbuk gergaji. Rendemen hasil ini tidak mempengaruhi terhadap kualitas selulosa hasil ekstraksi. Menurut Sjostrom^[6], dalam kayu terdapat sekitar 40-45% selulosa yang terdapat dalam dinding sel sekunder. Ren-

demen hasil ekstraksi selulosa dalam penelitian ini menunjukkan persentase yang tidak jauh signifikan dengan yang dikemukakan oleh Sjostrom. Terlihat kecenderungan bahwa dengan semakin bertambahnya konsentrasi asam maka persentase selulosa yang terekstraksi semakin menurun. Hal ini kemungkinan disebabkan karena selulosa telah terhidrolisis menjadi glukosa yang larut dalam proses pencucian dengan menggunakan air.

3.2 Karakterisasi Selulosa Hasil Ekstraksi Melalui Penentuan Kadar Air dan Kadar Abu

Hasil penentuan kandungan kadar air dan kadar abu selulosa hasil ekstraksi dari kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel disajikan pada Tabel 2 dan 3.

TABEL 2: Kadar air selulosa hasil ekstraksi dengan berbagai konsentrasi asam

% asam (% v/v)	% Kadar air selulosa hasil ekstraksi (% b/b)	
	Kayu Gelam	Kayu Serbuk Industri Mebel
1	1,86	2,52
3	1,88	3,06
5	2,35	2,74
7	4,50	2,76
9	2,43	3,20
11	3,89	2,99

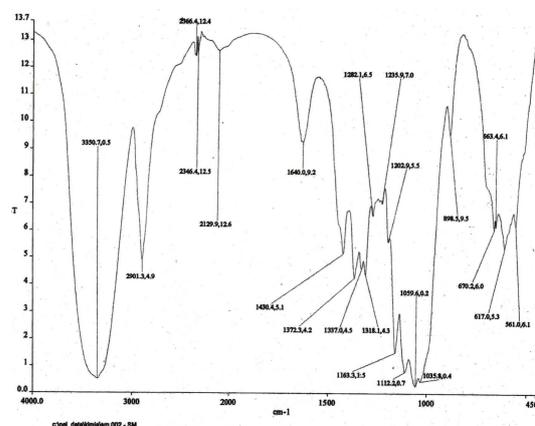
Kadar air seperti yang tersaji pada Tabel 2 menunjukkan air hidrat yang dapat dihilangkan dengan pemanasan 100-110°C. Kandungan air perlu ditentukan dalam suatu bahan karena berkaitan dengan pemanfaatan bahan tersebut. Secara umum kadar air yang diinginkan mempunyai kandungan air yang rendah. Hal ini juga berkaitan dengan waktu simpan bahan yang akan digunakan tersebut yang dalam hal ini adalah selulosa hasil ekstraksi. Jika kandungan air dalam selulosa tinggi maka penyimpanan selulosa tidak bisa dilakukan dalam jangka waktu yang lama dengan pemanfaatan yang terbatas pula. Dalam penelitian ini selulosa hasil ekstraksi baik dari kayu gelam maupun dari kayu hasil industri mebel yang berupa serbuk memiliki kandungan air yang relatif rendah dengan kisaran 1,86-4,50% (b/b). Selanjutnya dilakukan penentuan kandungan abu dalam selulosa hasil ekstraksi seperti yang tersaji pada Tabel 3.

Kadar abu menunjukkan kandungan oksida-oksida logam yang terdapat pada selulosa hasil ekstraksi. Oksida-oksida logam dalam selulosa seperti yang tersaji pada Tabel 3 berasal dari unsur-unsur hara makro dan mikro yang ada dalam tumbuhan yang dalam hal ini berasal dari kulit kayu yang diekstraksi menjadi selulosa^[6]. Kadar abu baik untuk selulosa dari

TABEL 3: Kadar abu selulosa hasil ekstraksi dengan berbagai konsentrasi asam

% asam (% v/v)	% Kadar abu selulosa hasil ekstraksi (% b/b)	
	Kayu Gelam	Kayu Serbuk Industri Mebel
1	0,099	0,38
3	1,34	1,65
5	1,26	2,44
7	0,55	4,74
9	0,198	3,58
11	1,26	1,27

kayu gelam maupun selulosa dari kayu serbuk industri mebel tidak terlalu besar dikarenakan unsur hara makro dan mikro yang ada pada kayu gelam dan kayu serbuk gergaji yang tidak banyak. Dalam kulit kayu terdapat metabolit primer dan metabolit sekunder sebagai komponen mayor disamping unsur hara yang merupakan komponen minor sehingga dalam ekstraksi selulosa tidak akan didapat kadar abu dengan jumlah yang besar. Hasil penentuan kadar air dan kadar abu didalam selulosa tidak dapat dijadikan dasar keberhasilan dan kemurnian selulosa yang diekstraksi sehingga perlu dilanjutkan dengan studi spektroskopi menggunakan spektroskopi FT-IR.

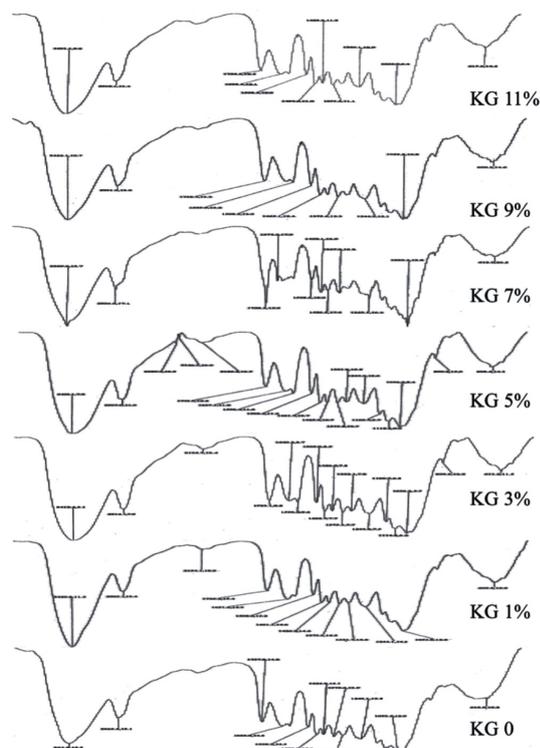


GAMBAR 1: Spektra FT-IR selulosa standar

3.3 Karakterisasi Selulosa Hasil Ekstraksi dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dan Kayu Serbuk Industri Mebel Menggunakan Spektroskopi FT-IR

Serbuk kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel hasil maserasi dengan metanol kemudian di asamkan dengan asam klorida dengan variasi konsentrasi asam klorida 1%, 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% (v/v) dan hasil pengasaman dikarakterisasi menggunakan

spektroskopi FT-IR. Hasil pengukuran dengan spektroskopi FT-IR disajikan pada Tabel 4 untuk selulosa dari kayu gelam dan Tabel 5 untuk selulosa dari kayu serbuk industri mebel dan spektra FT-IR selulosa standar disajikan pada Gambar 1. Sedangkan spektra FT-IR selulosa hasil ekstraksi dari kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel dengan variasi pengasaman disajikan pada Gambar 2 dan 3.

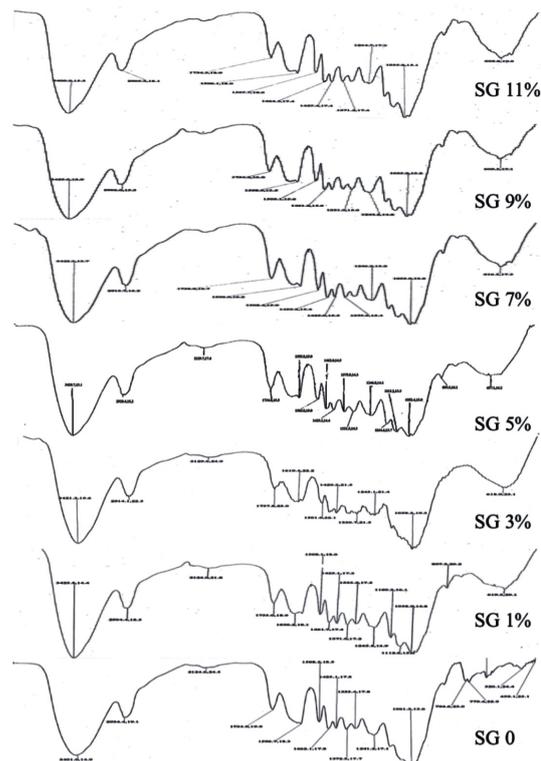


GAMBAR 2: Spektra FT-IR selulosa hasil ekstraksi dari kayu gelam dengan variasi konsentrasi pengasaman

Pada Gambar 1 yakni selulosa murni terlihat gugus-gugus spesifik untuk selulosa yakni -OH, -CH₂, -O- yang berulang muncul pada spektrum FT-IR hasil pengukuran. Gugus -OH muncul pada bilangan gelombang 3350,7 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi ulur -OH.

Hal ini juga identik dengan air walaupun sampel telah kering sebelum dilakukan pengukuran dan pelat KBr yang digunakan telah menyerap air yang tersisa namun dimungkinkan juga muncul pada bilangan gelombang ini. Bilangan gelombang pada 2901,3 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi -CH₂ yang merupakan kerangka pembangun struktur selulosa yang diperkuat oleh vibrasi pada bilangan gelombang 2346,4 cm⁻¹ dan 2366,4 cm⁻¹ [7].

Gugus -O- yang merangkai -CH₂ pada selulosa yang merupakan polimer glukosa dan fruktosa terlihat pada bilangan gelombang 1300-1400 cm⁻¹ [8]. Dari spektra FT-IR pada gambar 1 terlihat beberapa vibrasi yang muncul di daerah sekitar 1300-1400 cm⁻¹ yang menunjukkan keberadaan -O- yang merupakan



GAMBAR 3: Spektra FT-IR selulosa hasil ekstraksi dari kayu serbuk industri mebel dengan variasi konsentrasi pengasaman

penghubung rantai karbon dalam selulosa [9]. Dari spektrum FT-IR selulosa standar pada gambar 1 lalu dibandingkan dengan hasil pengukuran FT-IR selulosa hasil ekstraksi pada berbagai konsentrasi asam pada Gambar 2 dan 3.

Terdapat kemiripan spektrum FT-IR Gambar 2 dan 3 serta data bilangan gelombang pada tabel 4 dan 5 yang menunjukkan pada konsentrasi rendah (1% dan 3%) terdapat kemiripan dengan kayu gelam dan kayu serbuk industri mebel sebelum dilakukan ekstraksi. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pengasaman 1% dan 3% (v/v) asam klorida belum mampu memisahkan selulosa dengan hemiselulosa secara efektif dimana bilangan gelombang kayu gelam (KG0) dan kayu serbuk industri mebel (SG0) hampir sama dengan bilangan gelombang spektra FT-IR hasil ekstraksi dengan asam 1% dan 3% (KG1/KG3 dan SG1/SG3). Pada pengasaman 5% (v/v) (KG5 dan SG5) asam klorida terlihat sedikit berbeda dengan KG1/KG3 dan SG1/SG3. Gugus-gugus fungsional yang diharapkan mirip dengan selulosa standar muncul pada spektra FT-IR hasil pengasaman 5% (v/v) menggunakan HCl. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi asam klorida 5% (v/v) efektif untuk memisahkan selulosa dengan hemiselulosa. Namun fenomena yang berbeda terjadi pada konsentrasi asam klorida 7%, 9% dan 11% (v/v)

TABEL 4: Data Bilangan gelombang ($\nu \text{ cm}^{-1}$) pada spektrum FT-IR selulosa murni dan hasil ekstraksi dari kayu gelam dengan variasi konsentrasi pengasaman. SM = selulosa murni, KG0 = kayu gelam, KG1 - KG11 = pengasaman dengan asam klorida konsentrasi 1%-11%(v/v)

No.	$\nu \text{ (cm}^{-1}\text{)}$							
	SM	KG0	KG1	KG3	KG5	KG7	KG9	KG11
1	3350,0	3411,5	3429,8	3412,4	3408,1	3399,9	3422,1	3401,8
2	2901,34	2925,5	2905,1	2914,17	2907,0	2930,0	2931,0	2918,1
3	2366,4	-	-	-	2380,3	-	-	-
4	2346,4	-	-	-	2346,7	-	-	-
5	2129,9	-	2134,0	2134,7	2126,8	-	-	-
6	-	1737,8	1736,2	1735,1	1735,0	1728,5	1738,7	1734,5
7	1640,09	1633,9	1631,5	1640,2	1637,1	1674,9	-	1638,9
8	-	-	1508,0	1596,2	1596,4	-	1595,9	-
9	-	-	-	-	-	1508,3	1508,3	1508,3
10	-	1461,1	1461,1	1462,7	1461,7	1458,1	1465,1	1464,6
11	1430,0	1424,8	1426,2	1426,2	1425,3	1426,3	-	1425,3
12	1372,3	1375,6	1375,5	1375,1	1375,8	1367,9	1375,6	1371,5
13	1337,0	1331,8	1331,7	1332,1	1331,8	-	-	-
14	1318,1	-	-	-	-	-	-	-
15	1282,1	-	-	-	-	-	-	-
16	1235,9	1240,1	1244,1	1244,8	1244,0	-	1244,3	1240,1
17	1202,9	-	-	-	-	1223,1	-	-
18	1163,3	-	-	1160,7	1160,4	-	-	-
19	1112,20	-	-	1114,8	1112,2	-	-	-
20	1059,60	1053,5	1051,8	1056,3	1056,3	-	1053,8	1055,7
21	1035,80	-	-	-	-	1033,5	-	-
22	898,50	-	-	899,6	899,2	-	-	-
23	670,20	-	-	-	-	-	-	-
24	663,40	-	-	-	-	-	-	-
25	617,0	616,9	609,8	611,2	608,4	612,9	609,5	617,0
26	561,0	-	-	-	-	-	-	-

baik untuk kayu gelam maupun kayu serbuk industri mebel dimana beberapa bilangan gelombang yang khas pada selulosa hilang seperti pada bilangan gelombang disekitar 2300 cm^{-1} (tabel 4 dan 5). Konsentrasi yang tinggi tidak efektif untuk memisahkan selulosa dengan hemiselulosa dan gugus $-\text{CH}_2$ yang ada dimungkinkan telah putus oleh pengasaman sehingga dapat disimpulkan pada konsentrasi asam yang rendah belum terjadi pemisahan yang efektif antara selulosa dan hemiselulosa dan pada konsentrasi yang tinggi menyebabkan gugus metilen pada selulosa putus.

4 SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari data hasil penelitian dan pembahasan maka disimpulkan bahwa konsentrasi asam klorida optimum pada ekstraksi selulosa dari kayu gelam (*Melaleuca*

leucadendron Linn) dan kayu serbuk industri mebel adalah 5%(v/v) dengan kadar air 2,35% dan kadar abu 1,26% untuk selulosa dari kayu gelam serta 2,74% kadar air dan 2,44% kadar abu untuk selulosa dari kayu serbuk industri mebel.

Saran

Selulosa hasil ekstraksi dengan konsentrasi asam klorida yang optimum sebaiknya dimanfaatkan lebih lanjut seperti studi interaksi dengan logam maupun studi konversi menjadi fine chemicals.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang di biayai oleh skema Hibah Kompetitif Universitas Sriwijaya tahun 2011. Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sriwijaya atas dukungan dana yang diberikan.

TABEL 5: Data Bilangan gelombang ($\nu \text{ cm}^{-1}$) pada spektrum FT-IR selulosa murni dan hasil ekstraksi dari kayu serbuk industri mebel dengan variasi konsentrasi pengasaman. SM = selulosa murni, KG0 = kayu serbuk industri mebel, KG1 - KG11 = pengasaman dengan asam klorida konsentrasi 1%-11%(v/v)

No.	$\nu \text{ (cm}^{-1}\text{)}$							
	SM	KG0	KG1	KG3	KG5	KG7	KG9	KG11
1	3350	3401,9	3423,1	3421,3	3420,7	3422,3	3423	3400
2	2901,34	2934,4	2904,4	2914,4	2928,4	2913,4	2906	2905,3
3	2366,4	-	-	-	-	-	-	-
4	2346,4	-	-	-	-	-	-	-
5	2129,9	2124,6	2124	2129,6	2129,7	-	-	-
6	-	1734,9	1735	1737,8	1734,6	1738,9	1734,3	1734,3
7	1640,09	1599,7	1630,2	1619,4	1595,8	-	1598,9	1596,1
8	-	1508,2	1508,1	1501	1503,8	1508,4	1509,1	1507,7
9	-	1462,1	1461,7	-	1462	1459,3	1461,2	1464,5
10	-	1425,1	1425,1	1429,3	1425,2	1425	-	1427,4
11	1430	1372,3	1371,9	-	1375,9	1375,6	-	1371,2
12	1372,3	1333,4	1333,2	1330,7	1331,5	-	1331,9	-
13	1337	-	-	-	-	-	-	-
14	1318,1	-	-	-	-	-	-	-
15	1282,1	-	-	1245,1	1246,8	1246,2	1244,2	1244,7
16	1235,9	1241,2	1243,8	-	-	-	-	-
17	1202,9	-	-	-	-	-	-	-
18	1163,3	-	1160,3	-	1164,6	-	-	-
19	1112,2	-	1112,6	1058,3	1112,2	-	-	-
20	1059,6	1061,3	1058,9	-	1052,4	1053	1055,2	1055,8
21	1035,8	-	-	-	-	-	-	-
22	898,5	794,6	897,3	-	899,5	-	-	-
23	670,2	779,4	-	-	-	-	-	-
24	663,4	694,1	-	-	657,1	-	-	-
25	617	-	619,3	618,9	-	616,5	609,5	608,8
26	561	-	-	-	-	-	-	-

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Corma, A., O.D.L. Torre, M. Renz, N Villandier, 2011, Production of High-Quality Diesel from Biomass Waste Products, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 50, 2375-2378
- [2] Stahlberg T., W. Fu, J.M. Woodly, A. Riisager, 2011, Synthesis of 5-(hydroxymethyl)furfural in Ionic Liquids: Paving the Way to Renewable Chemicals, *ChemSusChem*, 4, 451-458
- [3] Hegner, J., K.C. Pereira, B. DeBoef, B.L. Lucht, 2010, Conversion of Cellulose to Glucose and Levulinic Acid Via Solid-Supported Acid Catalysis, *Tetrahedron Letters*, 51, 2356-2358
- [4] Stoker, M., 2008, Biofuel and Biomass-To-Liquid Fuels In The Biorefinery: Catalytic Conversion of Lignocellulosic Biomass Using Porous Materials, *Angew.Chem.Int.Ed.*, 47, 9200-9211
- [5] Lenihan, P., A. Orozco, E. O'neill, M.N.M. Ahmad, D.W. Rooney, G.M. Walker, 2010, Dilute acid hydrolysis of lignocellulosic biomass, *Chemical Engineering Journal*, 156, 395-403
- [6] Sjostrom, E., 1998, *Kimia Kayu: Dasar-dasar dan Penggunaan*, Edisi 2, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- [7] Sastrohamidjojo, H., 1992, *Spektroskopi Infra Merah*, Penerbit Liberty, Yogyakarta
- [8] Clayden, Greeves, Warren, Wothers, 2008, *Organic Chemistry*, Oxford University Press
- [9] Creswell, C.J., A.R. Olaf, M.C. Malcolm, 1982, *Analisis spektrum senyawa organik*, Edisi kedua, Institut Teknologi Bandung, Bandung