



## Sintesis Natrium Lignosulfonat Berbasis Lignin Pelepah Salak Pondoh (*Salacca zalacca* (Gaertner) Voss)

Sidik Muharom<sup>✉</sup>, Sudarmin, dan Nanik Wijayati

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima Agustus 2018

Disetujui Oktober 2018

Dipublikasikan November  
2018

#### Keywords:

dispersing agent

lignin

snakefruit midcrib

sulfonation

### Abstrak

Pelepah salak (*Salacca zalaacca* (Gaertner) Voss) merupakan salah satu tanaman yang mengandung lignin dan tersedia dalam jumlah banyak namun belum banyak dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan lignin pada pelepah salak pondoh sebagai bahan sintesis menjadi natrium lignosulfonat dan menguji aktivitasnya sebagai agen pendispersi. Isolasi lignin dilakukan dengan metode *Kraft pulping* dengan natrium hidroksida sebagai katalis. Isolat lignin selanjutnya diuji menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR). Sintesis dilakukan dengan metode sulfonasi menggunakan instrumen refluks dengan natrium bisulfat sebagai bahan pendonor ion sulfat. Hasil sintesis selanjutnya dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR dan UV-Vis serta diuji aktivitasnya sebagai agen pendispersi pasta gipsum. Data FT-IR lignin isolat menunjukkan kemiripan dengan lignin standar, dan natrium lignosulfonat dengan rasio pembuatan 6:5 menunjukkan serapan di semua gugus fungsi utama pada lignosulfonat yaitu alkena, sulfat, asam karboksilat, dan ester. Hasil UV-Vis pada rasio pembuatan 3:5 menunjukkan kemurnian sebesar 46,71%. Kemampuan dispersi natrium lignosulfonat optimal diperoleh pada rasio 6:5 penambahan 0,20% dengan kenaikan laju aliran sebesar 20%.

### Abstract

Snake fruit tree stem (*Salacca zalaacca* (Gaertner) Voss) is one of the plant which contains lignin and available in large quantities but not yet widely used. This study aims to utilize the lignin of snake fruit midcrib as a synthesis material into sodium lignosulfonate and test its activity as a dispersing agent. Isolation of lignin was done by *Kraft pulping* method and using sodium hydroxide as catalyst. Isolated lignin were then tested using instrument *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR) spectrophotometer. The synthesis was done by sulfonation method using reflux instrument with sodium bisulfite as sulfate ion donor. The synthesis results were further characterized using FT-IR and UV-Vis spectrophotometer and tested its activity as a gypsum paste dispersing agent. The FT-IR data of isolated lignin showed similarities with standard lignin, and sodium lignosulfonate with a 6 : 5 weight ratio showed absorption in all major functional groups in lignosulfonate ie alkenes, sulfates, carboxylic acids, and esters. Analysis using UV-Vis showed the highest purity of sodium lignosulfonate equal to 46.71% at 3 : 5 weight ratio. The optimal dispersion of sodium lignosulfonate is obtained at a 6: 5 ratio of 0.20% addition with an increase in flow rate of 20%.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:  
Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
E-mail: [almuharrom28@gmail.com](mailto:almuharrom28@gmail.com)

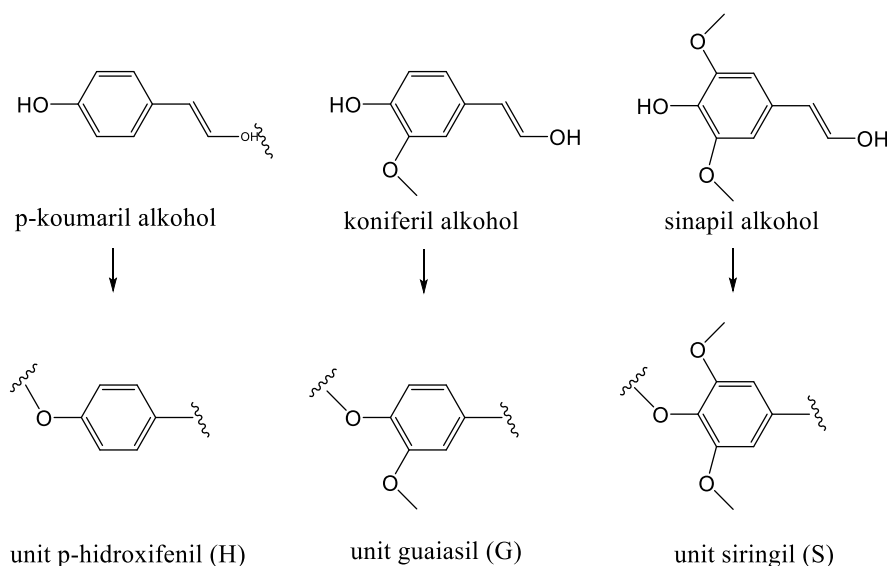
## Pendahuluan

Salah satu wilayah di Indonesia yang merupakan penghasil salak terbesar adalah kabupaten Banjarnegara. Daerah kabupaten Banjarnegara mempunyai potensi dikembangkannya perkebunan salak pondoh. Sampai saat ini, terdapat kurang lebih 8.502 Ha area lahan yang digunakan untuk kebun salak di beberapa kecamatan sentra salak pondoh dengan jumlah rumpun produktif  $\pm$  12.651.800 buah (DIPERTAN Banjarnegara, 2011).

Satu rumpun tanaman salak produktif setiap tahunnya mampu menghasilkan potongan pelepah salak kurang lebih sekitar 24 buah. Guna menjamin tingkat produktivitas tanaman salak, maka diperlukan perawatan yang intensif. Salah satu jenis perawatan tanaman yang sesuai Standar Prosedur Operasional (SPO) “*Good Agricultural Practice-(GAP)*” adalah pemangkasan pelepah daun antara 2-3 pelepah daun per pohon per musim (kemarau/penghujan). Hasil pangkasan pelepah daun tersebut merupakan limbah tanaman yang dimanfaatkan petani sebagai bahan organik bagi tanaman salak (Kaliky *et al.*, 2016).

Menurut Raharjo *et al.* (2016), kandungan senyawa kimia penyusun pelepah salak adalah selulosa 42,54%, hemiselulosa 34,35%, dan lignin 28,01%. Kadar air pelepah salak segar 67,04% (bb). Pelepah salak yang dikeringkan sampai tingkat kadar air 10-20% mengalami penyusutan sebesar 14,17% pada arah radial, arah longitudinal (panjang) sebesar 0,47% dan susut volume sebesar 27,64% (Sutrisno, 2008).

Lignin merupakan makromolekul tiga dimensi yang tersusun atas tiga jenis fenol tersubstitusi yaitu: koniferil, sinapil, dan *p*-kumaril alkohol polimerisasi enzimatis menghasilkan gugus fungsi dan ikatan dengan jumlah besar (6-8). Ketiga unit penyusun lignin (koniferil, sinapil, dan *p*-kumaril alkohol) saling berikatan membentuk makromolekul dalam ikatan  $\beta$ -O-4 (Zhou, 2017). Dalam struktur lignin unit koniferil alkohol ditemukan dalam bentuk guaiasil (G), unit sinapil alkohol ditemukan dalam bentuk syringil (S), dan unit *p*-kumaril alkohol ditemukan dalam bentuk *p*-hidroksifenil (Graglia, 2016).



**Gambar 1.** Gugus utama penyusun (monolignol) lignin dan unit yang ditemukan di dalam struktur lignin (Graglia, 2016)

Lignosulfonat adalah polimer anionik yang pada dasarnya memiliki sifat hidrofobik (lignin) kemudian diubah menjadi hidrofilik melalui penstubsitusian gugus sulfonat. Ouyang *et al* (2006) mengungkapkan bahwa lignosulfonat mengandung gugus hidrofilik (sulfonat, hidroksil fenolik, dan hidroksi alkoholik) serta gugus hidrofobik (rantai karbon). Senyawa ini merupakan surfaktan anionik, memiliki aktivitas permukaan yang besar, meningkatkan aktivitas permukaan, dan dispersi partikel. Lignosulfonat merupakan surfaktan anionik dengan tingkat aktivitas permukaan yang pasti dimana dapat meningkatkan serapan permukaan dan dispersi partikel.

Lignosulfonat (LS) adalah lignin yang mengandung gugus sulfonat, sehingga larut dalam air. Penggunaan lignosulfonat sangat beragam, diantaranya sebagai bahantambahan (*admixture*) pada semen dan beton, sebagai penstabil tanah dalam industri pengeboran minyak, pendispersi warna pada industri tekstil, emulsifier dalam pembuatan pelumas, bahan perekat untuk papan gypsum, hingga sebagai bahan aditif untuk media kultur. Sifat larut air yang dimiliki lignosulfonat membuatnya banyak juga digunakan sebagai bahan untuk membantu proses pengadukan dalam *cement mill*, dan membuat konstruksi bangunan

menjadi lebih kokoh karena lignosulfonat juga bersifat sebagai bahan pengikat (*binding agent*) yang sangat baik (Gargulak dan Lebo, 2000).

### Metode

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi saringan ukuran 50 *mesh*, oven, neraca analitik, *soxhlet apparatus*, spektrofotometer UV-Vis, dan spektrofotometer FT-IR. Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi pelepah salak, benzena, etanol, aquades, NaOH, natrium bisulfit ( $\text{NaHSO}_3$ ), dan asam sulfat, metanol dengan *grade pro analyst* buatan *Merck* dan pasta gipsum.

Ekstraksi lignin dilakukan dengan memasukkan serbuk pelepah salak pada digester dengan perbandingan 10 : 1 (v/b), dimana komposisi digester adalah etanol 96% : air (1:1). Pada digester ditambahkan katalis NaOH 20% dari berat bahan baku. Campuran kemudian dimasak pada suhu 70°C selama 2 jam. Lindi hitam yang diperoleh disaring dengan menggunakan kain, kemudian filtrat diencerkan dengan air pada perbandingan 1 : 1 (v/v). Filtrat yang diperoleh diendapkan ligninnya dengan cara penambahan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan konsentrasi 20% sedikit demi sedikit sampai pH 2 sambil dilakukan pemanasan pada suhu 60 °C dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*.

Endapan lignin dipisahkan dari lindi hitam yang telah diasamkan menggunakan alat *sentrifuse* (1000 rpm, 20 menit). Endapan yang dihasilkan selanjutnya dikeringkan dalam oven (105°C) selama 2 jam sampai berat konstan. Lignin hasil isolasi selanjutnya diuji menggunakan spektrofotometer FT-IR untuk mendapatkan gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa lignin.

Proses sulfonasi lignin dilakukan dengan mensuspensikan lignin sebanyak 2,5 g pada 75 mL air dalam labu bulat leher tiga ukuran 250 mL dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Suspensi ini ditambahkan natrium bisulfit ( $\text{NaHSO}_3$ ) pada rasio berat 2:5, 3:5, 4:5, 5:5, 6:5, dan 7:5 terhadap berat lignin. pH diatur menggunakan larutan NaOH sampai pH 7, NaOH berfungsi sebagai katalis. Campuran ini diaduk selama 4 jam pada suhu reaksi 90°C. Larutan yang dihasilkan dari proses sulfonasi diuapkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* pada suhu 100°C untuk mengurangi volume air. Larutan yang telah pekat disaring menggunakan corong buchner sehingga didapatkan filtrat berupa larutan natrium lignosulfonat yang masih bercampur dengan lignin dan natrium bisulfit yang tidak bereaksi. Filtrat ditambahkan metanol sedikit demi sedikit sambil dikocok kuat untuk mengendapkan natrium bisulfit, kemudian disentrifuse pada kecepatan 2000 rpm selama 10 menit. Larutan natrium lignosulfonat kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C, selanjutnya ditimbang sampai diperoleh berat konstan dan dihitung nilai rendemennya.

Kemurnian Natrium Lignosulfonat diuji dengan cara menimbang sebanyak 0,1 g NaLS dan dilarutkan dalam 100 mL aquades, kemudian larutan tersebut diambil 5 mL kemudian dipindahkan dalam gelas ukur 200 mL. pH larutan diatur menjadi 4 dengan menambahkan NaOH 0,125 N atau HCl 0,2 N. Larutan tersebut dipindahkan ke dalam labu ukur 250 mL dan ditetapkan volumenya dengan aquades. Larutan diukur absorbansinya dengan alat spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 232 nm. Tingkat kemurnian NaLS ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{Kemurnian} = A_{232} \times \frac{FP}{\text{Faktor} \times g \times 10}$$

Keterangan:

A<sub>232</sub> = Absorbansi pada  $\lambda$  232 nm

FP = Faktor Pengenceran (50)

Faktor = Faktor NaLS (35)

(Wirtanto, 2012)

### Hasil dan Pembahasan

Pelepah salak yang digunakan dipilih yang sudah tua, ditandai dengan posisi pelepah berada di bagian paling bawah pada tanaman salak, berwarna hijau kehitaman, dan memiliki banyak duri yang lebat. Pelepah selanjutnya dipotong menjadi ukuran 15 cm dan dibelah menjadi 8 bagian sehingga terbuka bagian dalam dari pelepah salak. Selanjutnya pelepah salak dijemur di bawah sinar matahari selama 6 hari untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam pelepah salak. Pelepah salak yang sudah kering kemudian digiling menggunakan mesin blender sehingga diperoleh serbuk dengan ukuran 50 *mesh*.

Pemisahan senyawa pengotor dari serbuk pelepah salak dilakukan dengan metode ekstraksi. Senyawa yang diekstrak adalah senyawa organik selain lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang dimungkinkan terkandung dalam pelepah salak seperti alkaloid, flavonoid, dan senyawa organik lainnya. Senyawa-senyawa organik tersebut perlu dipisahkan dari serbuk pelepah salak karena dikhawatirkan dapat mempengaruhi kemurnian lignin yang akan diisolasi. Metode ekstraksi yang digunakan untuk memisahkan senyawa pengotor dari serbuk pelepah salak adalah sokhletasi. Cara ini dilakukan dengan menggunakan larutan campuran benzena:etanol 96% dengan perbandingan 2:1 (v/v). Larutan ini digunakan karena

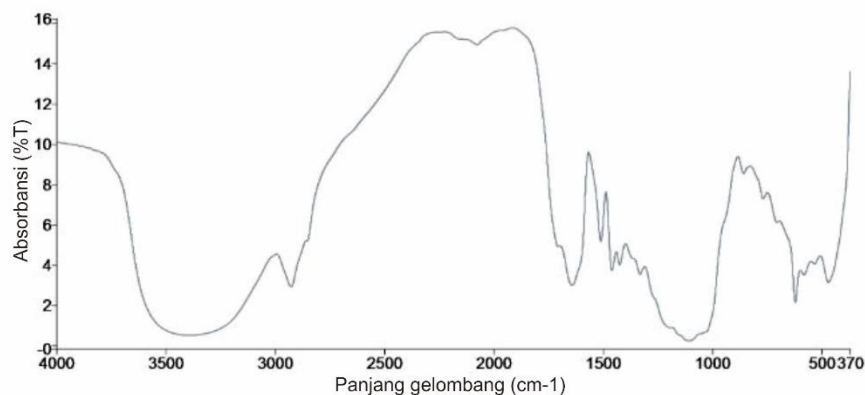
memiliki sifat yang sama dengan senyawa yang akan dipisahkan dari serbuk pelepah salak, karena sifat senyawa yang dapat larut dengan sifat *like-dissolve like*. Sokhletasi dilakukan selama 4 jam pada suhu 70°C dengan kecepatan pengadukan 200 RPM.

**Tabel 1.** Perbandingan larutan etanol sebelum dan setelah ekstraksi

Parameter	Sebelum ekstraksi	Setelah ekstraksi
Warna	Tidak berwarna	Kuning kehijauan
Aroma	Aroma alkohol	Aroma alkohol bercampur pelepah salak
Bentuk	Cair	Cair

Warna larutan ekstrak sebelum proses ekstraksi dilakukan adalah jernih (tidak berwarna) dan setelah dilakukan ekstraksi warna larutan berubah menjadi kuning kecokelatan. Perubahan warna larutan ekstrak menandakan larutan sudah mengekstraksi senyawa-senyawa yang terkandung dalam pelepah salak selain lignin, selulosa, dan hemiselulosa.

Penelitian ini menggunakan metode *Kraft Pulping* untuk mengekstrak dan mengisolasi lignin dari pelepah salak pondoh (*Salacca zalacca (Gaertner) Voss*). Metode ini digunakan karena memerlukan bahan yang ramah lingkungan dan peralatan yang digunakan relatif sederhana. Lignin isolat pelepah salak pondoh diidentifikasi menggunakan instrumen spektrofotometer FT-IR dan spektrofotometer UV-Vis. Spektrofotometer FT-IR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam lignin hasil isolasi, sementara spektrofotometer UV digunakan untuk menganalisis kemurnian lignin yang dihasilkan. Identifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam lignin hasil isolasi dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer FT-IR spektrum 100 *Perkin Elmer* dalam rentang bilangan gelombang 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ . Spektrum hasil pengukuran disajikan dalam Gambar 2.



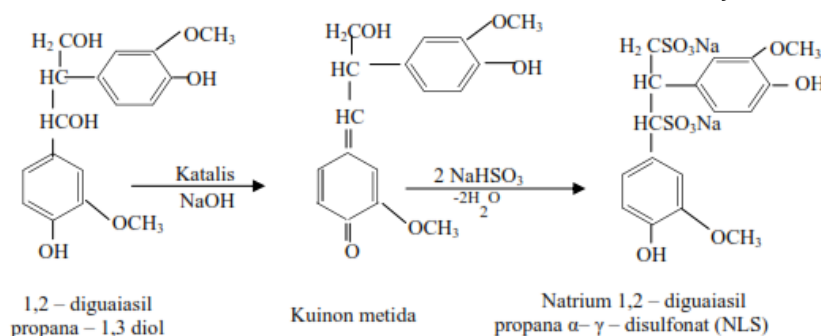
**Gambar 2.** Spektrum FT-IR lignin isolat pelepah salak pondoh

Spektrum FT-IR menunjukkan serapan pada bilangan gelombang tertentu yang mengindikasikan suatu gugus fungsi tertentu. Pada spektrum diatas, serapan yang pertama muncul pada bilangan gelombang 3399  $\text{cm}^{-1}$  yang mengindikasikan serapan gugus OH fenolik. Pita serapan selanjutnya muncul pada bilangan gelombang 2930  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan gugus fungsi -C-H- alifatik dan aromatik. Pada bilangan gelombang 1643  $\text{cm}^{-1}$  muncul pita serapan yang ketiga, berdasarkan literatur serapan pada bilangan gelombang 1675-1500  $\text{cm}^{-1}$  disebabkan oleh ikatan regang C=O (asam, aldehida, keton, amida, ester, anhidrida), dalam hal ini ikatan yang mungkin masuk dalam daerah serapan ketiga adalah regang C=O keton karena dari regang ikatan C=O yang tercantum hanya ikatan C=O keton yang terdapat dalam struktur lignin. Berdasarkan spektrum, pita serapan ke-empat muncul pada bilangan gelombang 1424  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus fungsi -C=C- arena dan pita serapan kembali terbentuk pada bilangan gelombang 1105  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan dari gugus fungsi C-N amina dan gugus fungsi C-H alkil pada 619  $\text{cm}^{-1}$ . Perbandingan bilangan gelombang serapan gugus fungsi pada lignin isolat pelepah salak pondoh, lignin komersial (Aldrich) dan lignin standar akan ditampilkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Perbandingan bilangan gelombang lignin isolat dengan lignin komersial (*Aldrich*), dan lignin standar

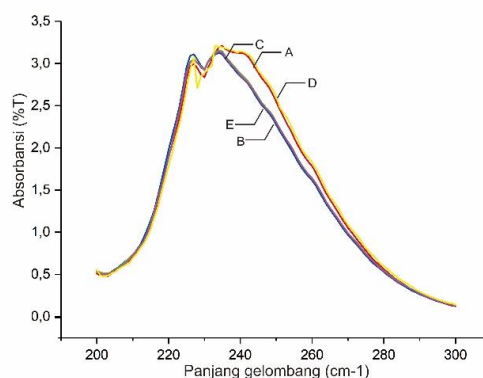
No	Komponen	Standar lignin	Komersial ( <i>Aldrich</i> )	Lignin isolat pelepas salak
1.	O-H Fenolik	3200-3400	3436	3399
2.	-C-H- Alifatik dan Aromatik	2900	2930	2930
3.	C=O Keton	1500-1600	1599	1643
4.	-C=C- Arena	1400-1450	1444	1424
5.	C-N Amina	1000-1250	-	1105
6.	C-H Alkil	600-700	-	619

Sulfonasi lignin merupakan proses substitusi gugus fungsi dimana gugus sulfonat direaksikan untuk menggantikan gugus lain yang terdapat dalam struktur lignin. Penelitian ini menggunakan reaksi sulfonasi dengan katalis basa, yaitu natrium hidroksida. Lignin sebanyak 1 gram direaksikan dengan natrium bisulfit pada rasio berat 3:5, 4:5, 5:5, 6:5, dan 7:5. Mekanisme reaksi sulfonasi akan disajikan dalam Gambar 3.

**Gambar 3.** Reaksi sulfonasi terhadap 1,2, diguaiasil propana-1,3-diol (Fengel dan Wegener, 1995)

Tahap pertama reaksi sulfonasi adalah pembentukan kuinon metida dengan pemecahan gugus  $\alpha$ -hidroksil. Reaksi adisi elektrofilik terhadap kuinon metida oleh bisulfit menghasilkan natrium 1,2 diguaiasil propana- $\alpha$ - $\gamma$ -disulfonat. Katalis yang digunakan dalam reaksi ini adalah natrium hidroksida (NaOH). Natrium hidroksida berperan dalam pemecahan gugus  $\alpha$ -hidroksil, yang menyebabkan lepasnya satu molekul air sehingga ikatan tunggal antara cincin benzena dengan atom C alpha menjadi ikatan rangkap. Adisi gugus sulfonat terjadi pada atom C  $\alpha$  sementara pada atom C  $\gamma$  terjadi substitusi gugus OH menjadi gugus sulfonat. Adanya reaksi substitusi ini menyebabkan terlepasnya satu molekul air dari kuinon metida, sehingga secara keseluruhan proses sulfonasi ini menyebabkan dua molekul air terlepas dari 1,2, diguaiasil propana-1,3-diol.

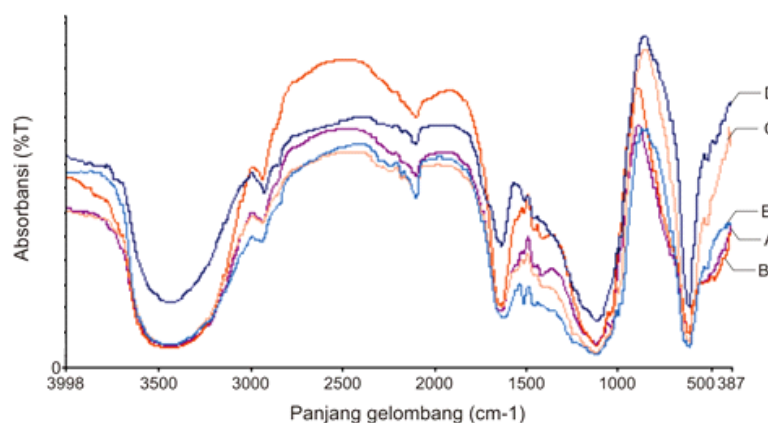
Natrium lignosulfonat dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menghitung kemurnian natrium lignosulfonat dan FT-IR untuk memprediksi gugus fungsi yang terdapat dalam Natrium Lignosulfonat hasil sintesis. Pengujian kemurnian Natrium Lignosulfonat adalah spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 232 nm.

**Gambar 4.** Spektra UV-Vis natrium lignosulfonat: A rasio 3:5 (merah), B rasio 4:5 (biru), C rasio 5:5 (hijau), D rasio 6:5 (kuning), dan E rasio 7:5 (ungu).

Kemurnian natrium lignosulfonat hasil sintesis sangat dipengaruhi oleh ada atau tidaknya bahan pengotor di dalamnya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kemurnian natrium lignosulfonat tertinggi sebesar 46,7% pada rasio 3:5, dan yang terendah pada 40,8 % untuk pembuatan natrium lignosulfonat dengan rasio 4:5. Rendahnya tingkat kemurnian natrium lignosulfonat hasil sintesis dapat dikarenakan masih tersisanya bahan pengotor yang bercampur dengan hasil. Hasil perhitungan kemurnian natrium lignosulfonat disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Absorbansi dan kemurnian natrium lignosulfonat

Rasio pembuatan NaLS	Absorbansi pada $\lambda$ 232 nm	Kemurnian (%)
3:5	3,257	46,7
4:5	3,064	40,8
5:5	3,084	43,9
6:5	3,067	43,9
7:5	3,258	44,1



**Gambar 5.** Spektra FT-IR natrium lignosulfonat hasil sintesis : A (NaLS rasio pembuatan 3:5), B (NaLS rasio pembuatan 4:5), C (NaLS rasio pembuatan 5:5), D (NaLS rasio pembuatan 6:5), dan E (NaLS rasio pembuatan 7:5)

Identifikasi natrium lignosulfonat hasil sintesis menggunakan spektrofotometer FT-IR bertujuan untuk melihat serapan gugus fungsi yang terdapat di dalamnya. Berdasarkan standar komponen lignin, hanya terdapat empat komponen utama lignosulfonat yaitu Alkena, Sulfat, Asam karboksilat, dan Ester.

**Tabel 4.** Perbandingan bilangan gelombang lignosulfonat hasil sintesis dengan lignosulfonat standar

No	Komponen	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )					Standar (Aldrich)
		Rasio 3:5	Rasio 4:5	Rasio 5:5	Rasio 6:5	Rasio 7:5	
1	Alkena C = C	1642	1640	1640	1639	1633	1608
2	Sulfat S = O	1416	1416	-	1514	1458	1365
3	Asam Karboksilat C = O	1118	1117	1122	1115	1122	1187
4	Ester S - OR	-	-	515	515	-	499

Data di dalam Tabel 4. menunjukkan bahwa pada pembuatan natrium lignosulfonat dengan rasio 3:5, 4:5, dan 7:5 tidak dijumpai adanya serapan pada kisaran bilangan gelombang  $499 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan bahwa pada rasio-rasio ini tidak menunjukkan serapan senyawa ester. Sementara itu, pada pembuatan natrium lignosulfonat dengan rasio 5:5 tidak terdapat serapan pada kisaran bilangan gelombang  $1365 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan bahwa dalam rasio 5:5 tidak menunjukkan adanya serapan senyawa sulfat. Rasio 6:5 menunjukkan adanya serapan pada ke-empat gugus fungsi pada bilangan gelombang  $1639 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan serapan gugus alkena (C = C), bilangan gelombang  $1514 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan serapan gugus Sulfat (S = O), bilangan gelombang  $1115 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan serapan gugus asam karboksilat (C = O), dan pada bilangan gelombang  $515 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan serapan gugus ester (S - OR).

### Simpulan

Pelepeh salak pondoh (*Salacca zalacca (Gaertner) Voss*) memiliki kandungan senyawa lignin yang dapat disintesis menjadi natrium lignosulfonat. Kadar lignin yang terkandung dalam pelepeh salak pondoh

(*Salacca zalacca* (Gaertner) Voss) adalah sebesar 12,69%. Lignin isolat pelepah salak pondoh dapat disintesis menjadi natrium lignosulfonat menggunakan metode sulfonasi dengan kemurnian tertinggi sebesar 46,7%.

#### Daftar Pustaka

- Creswell, C.J., Runquist, O.A., Campbell, M.M. 1982. *Analisis Spektrum Senyawa Organik*. Terjemahan dari: Spectrum Analysis of Organic Compound. Bandung: Penerbit ITB
- Dinas Pertanian Perikanan dan Peternakan Kabupaten Banjarnegara. 2011. *Banjarnegara*. <http://banjarnegarakab.go.id/v3/index.php/potensi-daerah/potensi-pertanian>
- Fengel, D. dan G. Wegener. 1995. *Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*. Diterjemahkan oleh Sastrohamidjojo, H. Terjemahan dari: Wood: Chemical, Ultrastructure, Reactions. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Gargulak, J.D., Lebo, S.E. 2000. *Commercial Use of Lignin-based Materials*. In: Glasser, W.G. Northey, R.A., Schultz, T.P. (Eds.), Lignin : Historical, Biological, and Materials Perspectives. Washington: Oxford University Press
- Graglia, M. 2016. Lignin Valorization: Extraction, Characterization, and Application. *Disertasi*. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Postdam
- Ismiyati, Suryani, A., Djumali, M., Machfud, dan Erliza, H. 2009. Pembuatan Natrium Lignosulfonat Berbahan Dasar Lignin Isolasi Tandan Kosong Kelapa Sawit : Identifikasi dan Uji Kerjanya Sebagai Bahan Pendispersi. *Jurnal Teknik Industri Pertanian*, 19(1): 25-29
- Ouyang, X., Qiu, X., Chen, P. 2006. Physicochemical Characterization of Calcium Lignosulfonate a Potentially Useful Water Reducer. *Physicochem Eng Aspects*, 282-283: 489-497
- Raharjo, W.P., Rudy, S., Anindito, P., Agus, C., dan Triyono. 2016. *Mechanical Properties of Untreated and Alkaline Treated Fibers from Zalacca Midrib Wastes*. Sustainable Energy and Advanced Materials Conf. Proc. 1717, 040018-1-040018-8
- Sutrisno, Darmawati, E., Siregar, W.L.S. 2008. *Pemanfaatan Pelepah Salak Untuk Kemasan Transportasi Buah Salak (Salacca edulis)*. Yogyakarta: Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian
- Wirtanto, E., Lim, M., Masyithah, Z. 2012 Kajian Kemurnian dan Pengaruh Nisbah Pereaksi, pH Awal Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Nilai CMC dan HLB Natrium Lignosulfonat. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(1): 15-19