

PENGARUH TEMPERATUR DAN RASIO BAHAN BAKU PADA PEMBUATAN SURFAKTAN DARI PELEPAH SAWIT

Sukmawati

Jurusan Teknik Kimia - Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan

email:sukmawatiuma@yahoo.co.id

ABSTRAK

Surfaktan adalah zat yang ditambahkan pada cairan untuk meningkatkan sifat penyebaran atau pembasahan dengan menurunkan tegangan muka. Banyak industri menggunakan surfaktan antara lain sebagai *emulsifier*, *corrosion inhibition*, *defoaming*, *detergency*, *emuliency*, dan lain lain. Penelitian ini mencoba memanfaatkan pelepah sawit sebagai bahan baku pembuatan surfaktan natrium lignosulfonat dikarenakan kandungan lignin yang cukup besar sekitar 22,6%. Selain itu bahan baku yang relatif murah tentunya akan memberikan nilai ekonomi yang cukup tinggi dan mengurangi pencemaran lingkungan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan reaktor labu leher tiga dengan rasio pelepah sawit:NaHSO₃ (4:5, 5:5, dan 6:5) pada temperatur 100 °C, 110 °C, 120 °C. Lama waktu perebusan 120 menit, pH 4, kecepatan pengadukan 80 rpm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur, perbandingan reaktan dan menentukan kualitas dari surfaktan. Dari hasil penelitian didapatkan surfaktan natrium lignosulfonat paling tinggi dengan karakteristik yang sesuai standar surfaktan alkyl benzene sulfonate yang dijual dipasaran dengan kriteria sebagai berikut; berbau sulfur dan agak asam, warna kuning kecoklatan, pH 4, dan larut sempurna dalam air. Pada komposisi A3:B3 pada T3, yaitu dengan perbandingan reaktan 6:5 pada temperatur 120 °C. Semakin besar perbandingan berat pelepah sawit dan larutan NaHSO₃, maka semakin besar pula kadar lignosulfonat yang didapatkan. Berdasarkan analisa dengan spektrofotometer didapat kadar surfaktan natrium lignosulfonat yang paling tinggi, yaitu 119,4 ppm, dengan densitas 1,1 gr/ml.

Kata kunci : *pelepah sawit, lignin, sulfonasi, surfaktan natrium lignosulfonat*

ABSTRACT

Surfactants are substances that are added to the fluid to increase the spreading or wetting properties by lowering the surface tension. Many industries use surfactants among others, as emulsifiers, corrosion inhibition, defoaming, detergency, emuliency, etc. This study tried to take advantage of palm fronds as raw material because the surfactant sodium lignosulfonate large enough lignin content of about 22,6%. Besides relatively cheap raw materials will certainly provide a relatively high economic value and reduce environmental pollution.

This study was conducted using a three-neck flask reactor with palm fronds ratio:NaHSO₃ (4:5, 5:5, and 6:5) at a temperature of 100 °C, 110 °C, 120 °C. Long boiling time of 120 minutes, pH 4, the stirring speed of 80 rpm. This study aims to determine the effect of temperature, ratio of reactants and determine the quality of surfactant.

From the results, the surfactant sodium lignosulfonate highest standard corresponding to the characteristics of the surfactant alkyl benzene sulfonate sold in the market with the following criteria; Smelling sulfur and slightly acid, brownish yellow color, pH 4, and completely soluble in water. In the composition A3:B3 on T3, which is the ratio of reactants 6:5 at a temperature of 120 °C. The greater the weight ratio of palm fronds and NaHSO₃ solution, the greater the level of lignosulfonate obtained. Based on the analysis by spectrophotometer obtained sodium lignosulfonate surfactant levels are highest, namely 119,4 ppm, with a density of 1,1 gr/ml.

Keywords: *palm frond, lignin, sulphonated, surfactant sodium lignosulfonate*

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman yang tumbuh subur di Indonesia. Produksinya tercatat mencapai 9.776.000 ton per tahun dengan luas perkebunan kelapa sawit 9.271.000 hektare (Kementan, 2012). Industri yang mengolah kelapa sawit menjadi berbagai produk juga sangat banyak, dan hal ini juga menghasilkan limbah kelapa sawit yang tidak sedikit. Salah satu limbah padat dari kelapa sawit adalah pelepah sawit. Jumlahnya mencapai 10 ton/ha/tahun limbah pelepah kering hasil pemangkasan (Sahmadi 2006).

Pelepah sawit mengandung lignin 22,6% (Fengel and Wegener, 1995) yang bisa dimanfaatkan menjadi suatu bahan bernilai jual cukup tinggi. Lignin dapat dimanfaatkan menjadi surfaktan (dispersan, emulsifier), pengikat (binder agent), bahan pencampur pakan ternak, resin penukar ion, sampai sebagai bahan aditif dalam industri kosmetik, farmasi dan bahan dasar pembuatan lignin vanilin (Gargulak, 2001). Penggunaan Surfaktan banyak ditemui di bahan deterjen, kosmetik, farmasi dan tekstil. Produk pangan seperti es krim juga menggunakan surfaktan sebagai bahannya. Karena sifatnya yang menurunkan tegangan permukaan, surfaktan dapat digunakan sebagai bahan pembasah (*wetting agent*), bahan pengemulsi (*emulsion agent*) dan sebagai bahan pelarut (*solubilizing agent*) (Wikipedia). Surfaktan sebelumnya banyak dibuat dari bahan baku seperti minyak sawit, jarak, dan zaitun yang tentunya memerlukan biaya produksi yang tinggi, belum lagi ketiga minyak tersebut fungsi utamanya lebih ke produk pangan. Beberapa alternatif solusi sintesa natrium lignosulfonat (NaLS) telah dirintis oleh beberapa peneliti. Agarwal (2002) mensintesa NaLS dari fraksi ringan dan fraksi menengah *creosote*

oil pada suhu maksimum 150 °C. Meskipun demikian proses sintesis harus melewati 2 tahap proses yaitu pyrolisis dan sulfonasi secara terpisah. Untuk itu diperlukan terobosan agar tahapan proses dapat dipersingkat. Amun (2008) mensulfonasi langsung NaLS dari biomassa pelepah sawit. Dengan proses ini dapat menyederhanakan jalur produksi NaLS dari dua tahap menjadi satu tahap delignifikasi dan sulfonasi secara simultan. Menurut Hepi dkk (2007) bila konsentrasi perebus semakin besar dan ukuran partikel ampas tebu semakin kecil, maka konsentrasi surfaktan yang dihasilkan semakin besar, pada temperatur 105 °C.

Berdasarkan hal-hal diatas maka, perlu untuk melakukan penelitian natrium lignosulfonat dengan bahan baku yang terjangkau, dan sederhana dalam produksinya. Proses yang digunakan adalah Metode Sulfonasi langsung serbuk biomassa menggunakan pelarut NaHSO_3 dalam reaktor bertekanan sistem batch.

TINJAUAN PUSTAKA

Surfaktan (*surface active agent*) atau zat aktif permukaan, adalah senyawa kimia yang terdapat pada konsentrasi rendah dalam suatu sistem, mempunyai sifat teradsorpsi pada permukaan antarmuka pada sistem tersebut. Energi bebas permukaan-antarmuka adalah kerja minimum yang diperlukan untuk merubah luas permukaan-antarmuka.

Jenis-jenis Surfaktan antara lain :

1. Surfaktan anionik

yaitu surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada suatu anion. Contohnya adalah garam alkana sulfonat, garam olefin sulfonat, garam sulfonat asam lemak rantai panjang.

2. Surfaktan kationik

yaitu surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada suatu kation.

Contohnya garam alkil trimethyl ammonium, garam dialkil-dimethyl ammonium dan garam alkil dimethyl benzil ammonium.

3. Surfaktan nonionik

yaitu surfaktan yang bagian alkilnya tidak bermuatan. Contohnya ester gliserin asam lemak, ester sorbitan asam lemak, ester sukrosa asam lemak, polietilena alkil amina, glukamina, alkil poliglukosida, mono alkanol amina, dialkanol amina dan alkil amina oksida.

4. Surfaktan amfoter

yaitu surfaktan yang bagian alkilnya mempunyai muatan positif dan negatif. Contohnya surfaktan yang mengandung asam amino, betain, fosfobetain.

5. Surfaktan Alkanolamida

Amida adalah turunan asam karboksilat yang paling tidak reaktif, karena itu golongan senyawa ini banyak terdapat di alam. Amida yang terpenting adalah protein. Amida dapat bereaksi dengan asam dan reaksi ini tidak membentuk garam karena amida merupakan basa yang sangat lemah. Selain itu senyawa amida merupakan nukleofilik yang lemah dan bereaksi sangat lambat dengan alkil halida. Amida asam lemak pada industri oleokimia dapat dibuat dengan mereaksikan amina dengan trigliserida, asam lemak atau metil ester asam lemak. Senyawa amina yang digunakan dalam reaksi amidasi sangat bervariasi seperti etanolamina dan dietanolamina, yang dibuat dengan mereaksikan amonia dengan etilen oksida. Alkanolamina seperti etanolamina, jika direaksikan dengan asam lemak akan membentuk suatu alkanolamida dan melepaskan air. Alkanolamida merupakan kelompok surfaktan nonionik yang berkembang dengan pesat. Surfaktan dapat digolongkan menjadi dua golongan besar, yaitu

surfaktan yang larut dalam minyak dan surfaktan yang larut dalam air.

6. Surfaktan yang larut dalam minyak

Ada tiga yang termasuk dalam golongan ini, yaitu senyawa polar berantai panjang, senyawa fluorokarbon, dan senyawa silikon.

7. Surfaktan yang larut dalam pelarut air

Golongan ini banyak digunakan antara lain sebagai zat pembasah, zat pembusa, zat pengemulsi, zat anti busa, detergen, zat flotasi, pencegah korosi, dan lain-lain. Ada empat yang termasuk dalam golongan ini, yaitu surfaktan anion yang bermuatan negatif, surfaktan yang bermuatan positif, surfaktan nonion yang tak terionisasi dalam larutan, dan surfaktan amfoter yang bermuatan negatif dan positif bergantung pada pH-nya.

Surfaktan menurunkan tegangan permukaan air dengan mematahkan ikatan-ikatan hidrogen pada permukaan. Hal ini dilakukan dengan menaruh kepala-kepala hidrofiliknya pada permukaan air dengan ekor-ekor hidrofobiknya terentang menjauhi permukaan air. Sabun dapat membentuk misel (*micelles*), suatu molekul sabun mengandung suatu rantai hidrokarbon panjang plus ujung ion. Bagian hidrokarbon dari molekul sabun bersifat hidrofobik dan larut dalam zat-zat non polar, sedangkan ujung ion bersifat hidrofilik dan larut dalam air. Karena adanya rantai hidrokarbon, sebuah molekul sabun secara keseluruhan tidaklah benar-benar larut dalam air, tetapi dengan mudah akan tersuspensi di dalam air. (Gultom dkk, 2009)

Natrium Lignosulfonat

Natrium lignosulfonat (NaLS) termasuk jenis surfaktan anionik karena memiliki gugus sulfonat dan garamnya ($-\text{NaSO}_3$) yang merupakan gugus

hidrofilik (suka air) serta gugus hidrokarbon yang merupakan gugus hidrofobik. Menurut ASTM Standard C 494-79, natrium lignosulfonat (NaLS) adalah bahan tambahan kimia termasuk jenis *water reducing admixture (WRA)* atau *plasticizer* yang memiliki kemampuan sebagai bahan pendispersi (*dispersant*) pada berbagai sistem dispersi partikel (pasta semen dan gipsum). Pada dasarnya padatan baik semen maupun gipsum adalah bahan yang tidak larut dalam air. Surfaktan NaLS sebagai bahan pendispersi yang bekerja pada antar muka antara dua fasa akan menghasilkan pembatas elektrik sehingga mencegah bersatunya partikel-partikel padatan yang terdispersi. Pengurangan atau penghilangan pembatas elektrik menyebabkan terjadinya flokulasi (Rosen dan Dahanayake, 2000). Penambahan NaLS sebagai bahan pendispersi (*dispersant*) pada pasta gipsum maupun pasta semen tersebut menyebabkan penurunan viskositas, sehingga luas permukaan menjadi besar (terdispersi) dan meningkatkan kelecakan/slam (*slump*) tanpa penambahan air, serta mempercepat pengerjaan (*setting time*) dan kuat tekan (*strength*) akan lebih tinggi (Neville, 1981).

Manfaat Natrium Lignosulfonat (NaLS)

Beberapa manfaat dari Natrium Lignosulfonat diberikan sebagai berikut.

1. Sebagai *superplasticizer* pada hidrasi semen portland untuk memperbaiki stabilitas semen.
2. Sebagai penghambat korosi dan pengerakan serta berpotensi digunakan dalam sistem resirkulasi air pendingin.
3. Sebagai agen fungsionalisasi *multiwalled carbon nanotubes (MWCNTs)*.
4. Sebagai *reinforcing agent* dalam pembuatan tembikar, porselen dan bahan-bahan yang tidak mudah terbakar.
5. Dalam bidang pertanian, NaLS digunakan sebagai agent pendispersi dari pestisida dan sebagai *pelletizing agent* dalam pembuatan pupuk dan pakan ternak.
6. Turunan NaLS dapat digunakan sebagai *embryo reinforcing agent* karena dapat meningkatkan fluiditas dari *slurry* dan embrio. (Lawoko Martin, 2005).

Lignin

Lignin berasal dari bahasa latin, yaitu lignun yang artinya ada kayu. Lignin merupakan senyawa polimer fenol yang terdapat dalam dinding sel tumbuhan. Lignin ditemukan pada jaringan tanaman, terikat pada selulosa dan komponen-komponen tanaman lainnya. Lignin mempunyai beberapa fungsi pada batang tanaman. Fungsi lignin adalah sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sebagai pengikat antar sel batang sehingga membentuk semacam material komposit dan berperan dalam menyalurkan air, nutrisi, serta hasil metabolisme didalam batang. Kandungan lignin berbagai biomassa disajikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan lignin dalam berbagai biomassa

Biomassa	Lignin (%)
Pelepah batang sawit	22,6
Sabut sawit	31,9
Sabut kelapa	38,9
Kayu karet	22

(Fengel and Wegener, 1995)

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan analisa produk ini dilaksanakan dilaboratorium Penelitian Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Medan Jl. Gedung Arca No. 52 Medan.

Teknik Sampling

Sampel pelepah sawit yang digunakan pada penelitian ini diambil dari PT. Perkebunan Nusantara IV (PERSERO) Unit Adolina Perbaungan.

Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian yang akan diambil adalah penentuan kadar surfaktan dan membandingkannya dengan Surfaktan Sintetis Alkyl Benzene Sulfonate (ABS).

Tahap Rancangan Penelitian

Variabel dan Kondisi Proses

Bahan – bahan , variabel proses, dan analisa yang digunakan antara lain

a. Bahan baku yang digunakan

: Pelepah Sawit

b. Larutan yang digunakan

: NaHSO_3 0,2 M

c. Pelarut yang digunakan

: Aquadest 240 ml

d. Variabel Proses

1. Variabel Tetap

✓ Waktu : 120 Menit

✓ Kecepatan pengadukan : 80 rpm

2. Variabel Tidak Tetap

✓ Variasi rasio Pelepah Sawit : Larutan Pemasak

▪ 4 : 5 (A1:B1)

▪ 5 : 5 (A2:B2)

▪ 6 : 5 (A3:B3)

✓ Temperatur Operasi :

▪ 100°C (T1)

▪ 110°C (T2)

▪ 120°C (T3)

d. Analisa yang dilakukan terhadap Surfaktan yang dihasilkan :

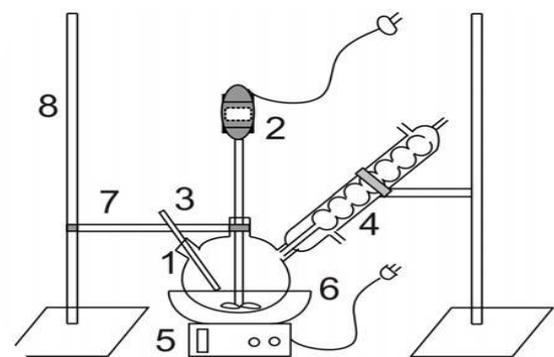
✓ Penentuan Kandungan Natrium Lignosulfonat

✓ Karakteristik Kualitas Surfaktan Natrium Lignosulfonat

Kualitas surfaktan yang dihasilkan memiliki karakteristik tertentu. Beberapa karakteristik penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

- Bau
- Warna
- pH
- Kelarutan dalam air
- Densitas

Rangkaian Alat Penelitian



Keterangan Gambar :

1. Labu leher tiga
2. Magnetic Stirrer
3. Termometer
4. Pendingin lebig
5. Hot Plate
6. Waterbath
7. Statif
8. Klem

Prosedur Pembuatan Surfaktan

1. Memberikan perlakuan awal pada pelepah sawit yaitu penghalusan.
2. Melakukan pengayakan untuk mengambil serbuknya yang lolos ayakan.
3. Selanjutnya mereaksikan serbuk pelepah sawit sebanyak 4 gram dengan larutan Natrium Bisulfit 5 gram dalam 240 ml Aquadest, pH diatur 4 menggunakan asam sulfat pekat, kemudian merebusnya pada

- suhu 100 °C selama 120 menit dalam reaktor labu leher tiga.
4. Mengulangi langkah diatas untuk setiap variabel
 5. Menyaring larutan hasil reaksi sehingga didapatkan residu dan filtrat, setelah itu menganalisis filtrat yang mengandung lignosulfonat dengan metode spektrofotometri *UV-Visible*. Selain itu menganalisa bau, warna, pH, kelarutan dalam air dan densitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil dari kadar surfaktan pada berbagai variabel proses dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Perbandingan kadar surfaktan natrium lignosulfonat (NaLS) pada berbagai variabel proses

Rasio Reaktan	Suhu Operasi	Absorban si	Kadar Surfaktan NaLS (ppm)
A1:B1	T1	1,714	80,28
	T2	1,834	108,1
	T3	1,945	117,2
A2:B2	T1	2,453	97,54
	T2	2,531	117,3
	T3	2,547	117,8
A3:B3	T1	2,709	98,54
	T2	2,722	109,2
	T3	2,783	119,4

Keterangan:

A = Variasi rasio Pelepah Sawit

B = Larutan Pemasak

- A1:B1 = 4:5
- A2:B2 = 5:5
- A3:B3 = 6:5

T = Temperatur Operasi :

- T1 = 100 °C
- T2 = 110 °C
- T3 = 120 °C

Hasil dari perhitungan densitas surfaktan pada berbagai variabel proses dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Perbandingan densitas surfaktan natrium lignosulfonat (NaLS) pada berbagai variabel proses

Perbandingan Reaktan	Temperatur Operasi	Densitas (ρ) (gr/ml)
A1:B1	T1	0,94
	T2	0,97
	T3	0,99
A2:B2	T1	0,96
	T2	0,97
	T3	1,03
A3:B3	T1	0,99
	T2	1,01
	T3	1,1

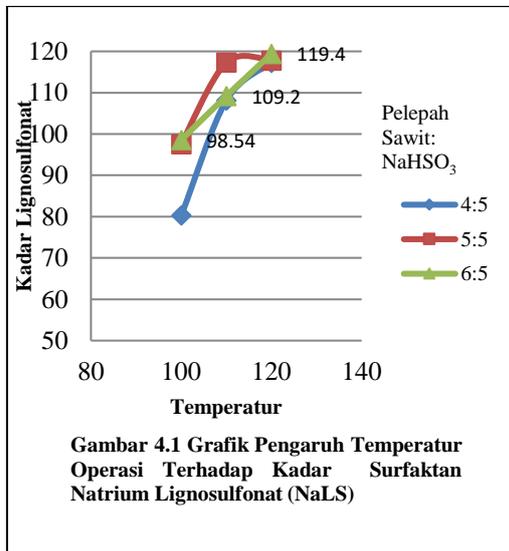
Hasil dari karakteristik surfaktan natrium lignosulfonat maksimum dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Karakteristik surfaktan natrium lignosulfonat (NaLS)

Karakteristik	Natrium Lignosulfonat (NaLS)
Bau	Berbau sulfur dan agak asam
Warna	Kuning kecoklatan
pH	4
Kelarutan dalam air	Larut sempurna

Pembahasan

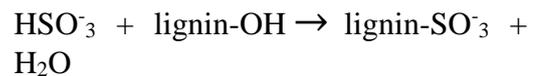
Pengaruh Temperatur Terhadap Kadar Surfaktan Natrium Lignosulfonat (NaLS)



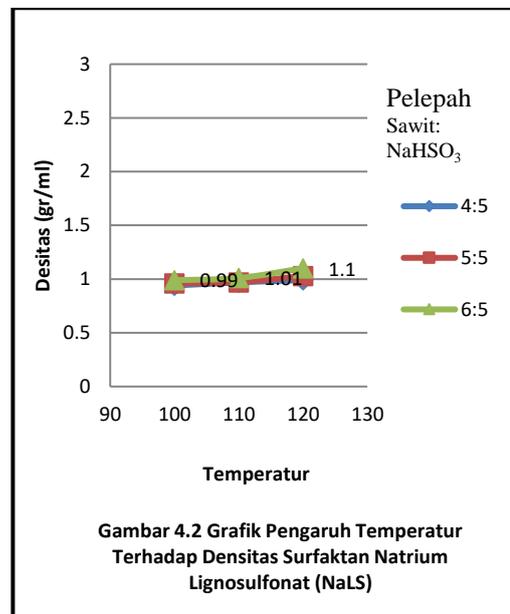
Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa variabel suhu maksimum pada pembuatan surfaktan natrium lignosulfonat adalah 120⁰C dengan perbandingan reaktan 6:5 yang ditunjukkan pada kurva berwarna hijau dimana kadar surfaktan natrium lignosulfonat paling tinggi didapat, yaitu 119,4 ppm.

Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan semakin besar perbandingan berat pelepah sawit dan larutan NaHSO₃ dengan suhu yang semakin tinggi, maka kadar surfaktan yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan jika semakin besar jumlah pelepah sawit dan suhu semakin tinggi maka akan mempercepat laju reaksi untuk mensulfonasi lignin pada pelepah sawit, sehingga semakin banyak lignin yang bereaksi dengan NaHSO₃ yang membentuk surfaktan natrium lignosulfonat (NaLS).

Pembentukan surfaktan (*lignosulfonate*) terjadi melalui reaksi sulfonasi molekul lignin dengan bisulfite, (Martin, 2005).



Pengaruh Temperatur Terhadap Densitas Surfaktan Natrium Lignosulfonat (NaLS)



Dari gambar grafik pengaruh temperatur terhadap kadar surfaktan natrium lignosulfonat dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur dan semakin besar perbandingan massa pelepah sawit terhadap larutan NaHSO₃ dengan konsentrasi yang tetap, maka densitas surfaktan natrium lignosulfonat yang dihasilkan akan semakin besar. Densitas surfaktan natrium lignosulfonat paling tinggi sebesar 1,1 gr/ml.

Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan jika semakin besar jumlah pelepah sawit yang direaksikan maka konsentrasi lignin dalam larutan juga semakin banyak untuk membentuk kadar surfaktan natrium lignosulfonat (NaLS). Jika kadar surfaktan natrium lignosulfonat semakin besar maka nilai densitas juga semakin meningkat.

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin besar perbandingan berat pelepah sawit dan larutan NaHSO₃ dengan suhu yang semakin tinggi, maka kadar surfaktan yang dihasilkan semakin besar. Kadar surfaktan paling tinggi sebesar 119,4 ppm.
2. Semakin tinggi temperatur, maka densitas surfaktan yang didapatkan semakin tinggi, yaitu 1,1 gr/ml.
3. Surfaktan natrium lignosulfonat (NaLS) dari pelepah sawit memiliki karakteristik yang hampir sama dengan standar Surfaktan Sintetis alkyl benzene sulfonate (ABS) yang dijual dipasaran. Dengan kriteria sebagai berikut:
 - Berbau sulfur dan agak asam
 - Warna kecoklatan
 - pH 4
 - Larut sempurna dalam air

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2012. Luas Lahan Sawit Indonesia 9,27 Hektar.
- Agarwal, S.K. 2002. Development of water reducing agent from creosote oil. *J. Conc. Sci*, 63(2), 111-123.
- Fengel, D. & Wegener, G. 1995. *Kayu: Kimia, ultra struktur dan reaksi-reaksi*. Terjemahan oleh Hardjono Sastrohamidjojo. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gargulak, J.D., Bushar, L.L. & Sengupta, A.K. 2001. Ammoxidized lignosulfonate cement dispersant. *US-Patent: US 6,238,475 B1*.
- Rosen M.J. dan M. Dahanayake. 2000. Industrial utilization of surfactant: Principle and practice. Illinois AOCS Press, Champaign.
- Neville A.M. 1981. Properties of concrete admixtures. 3rd ed. Pitman Publishing.
- Lawoko, Martin, (2005), "*Lignin Polysaccharide Networks in Softwood and Chemical Pulps: Characterisation, Structure, and Reactivity*", Doctoral Dissertation.
- Amun-Ramadani, dkk.,2008. *Pembuatan Sodium Lignosulfonat Dengan Metode Sulfonasi Langsung Biomassa Pelepah Sawit*. Jurusan Teknik Kimia. Pekanbaru: UNRI.
- Hepi, dkk.,2007. "*Studi Awal Mengenai Pembuatan Surfaktan Dari Ampas Tebu*". Jurusan Teknik Kimia. Yogyakarta: UNIP.
- Gultom, dkk.,2009. "*Konversi Lignin Menjadi Surfaktan*".Jurusan Teknik Kimia. Bandung: ITB.
- Sahmadi, 2006. Pengaruh Intensitas pencahayaan terhadap arah pertumbuhan kelapa sawit. Departemen Pertanian Fakultas Pertanian USU, Medan.
- Priyono SKS. 2001. Komitmen Berbagai Pihak dalam Menanggulangi Illegal Logging. Kongres Kehutanan Indonesia III. Jakarta.
- Pari G. 2002. Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu. Makalah M.K. Falsafah Sains. Program Pascasarjana IPB, Bogor. <https://id.wikipedia.org/wiki/Surfaktan>.