

Pra-Desain Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonate (SLS) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Dhanar Kurnia Ramadhan, Ampeldenta Kertsaning Gusti, dan Lailatul Qadariyah

Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: lqadariyah@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Surfaktan Sodium Lignosulfonate (SLS) adalah surfaktan anionik yang memiliki gugus hidrokarbon sebagai bagian ekornya. Salah satu aplikasi penting dari surfaktan Sodium Lignosulfonate (SLS) terletak di industri *Enhanced Oil Recovery* (EOR) yang berfungsi untuk meningkatkan *yield* minyak. Kelapa sawit adalah salah satu komoditas utama yang berkontribusi signifikan pada perekonomian Indonesia, sebagai negara pengekspor kelapa sawit terbesar di dunia. Proses perancangan pabrik SLS dari bahan baku TKKS melibatkan beberapa tahap, mulai dari *pretreatment* bahan baku, proses delignifikasi, isolasi lignin, proses sulfonasi, hingga pengeringan. Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinu selama 24 jam per hari, selama 330 hari dalam setahun, dengan kapasitas produksi mencapai 20000 ton per tahun. Pabrik ini akan berlokasi di Kota Dumai. Dari segi ekonomi, analisis menunjukkan bahwa pabrik ini memiliki nilai kelayakan dengan NPV, IRR, BEP, POT, dan sensitivitas yang menguntungkan.

Kata Kunci—Sodium Lignosulfonate, TKKS, Delignifikasi, Sulfonasi.

I. PENDAHULUAN

SURFAKTAN merupakan suatu senyawa kimia yang memiliki gugus polar bersifat hidrofilik dan gugus non polar bersifat hidrofobik. Secara umum, surfaktan terbagi menjadi 4 jenis antara lain surfaktan non-ionik, anionik, kationik, dan amfoterik. Surfaktan telah digunakan di industri kimia untuk memodifikasi fase yang berbeda seperti sebagai pengemulsi untuk menstabilkan campuran liquid-liquid dan sebagai dispersan campuran solid-solid [1].

Surfaktan Sodium Lignosulfonate (SLS) adalah surfaktan anionic yang memiliki gugus hidrokarbon sebagai bagian ekornya. Struktur tersebut menyebabkan meningkatnya sifat hidrofilitas surfaktan SLS sehingga lebih mudah larut dalam air. Menurut ASTM standard C 494-79 (spec. for water reducing admixture for concrete), surfaktan SLS adalah bahan kimia yang termasuk jenis water reducing admixtures (WRA) atau plasticizer. Surfaktan jenis WRA mampu mendispersi berbagai sistem disperse partikel (seperti pasta semen dan gipsium). Penambahan surfaktan SLS dalam partikel akan menghasilkan pembatas elektrik menyebabkan terjadinya flokulasi [2].

Saat ini kebutuhan surfaktan di Indonesia semakin meningkat seiring dengan perkembangan industri deterjen. Kebutuhan surfaktan di Indonesia sekitar 95.000 ton per tahun, sedangkan kapasitas produksi dalam negeri sekitar 55.000 ton per tahun. Hal ini berarti bahwa Indonesia pada tahun 2006 masih mengimpor sekitar 44.500 ton [3].

Produksi garam lignosulfonat di seluruh dunia diperkirakan mencapai 965.000 ton per tahun dan sekitar 50% digunakan sebagai bahan pendispersi pasta gipsium dan semen. Menurut PT Fosroc-Indonesia yang berada di Cikarang, Bekasi, Jawa Barat, salah satu distributor garam lignosulfonat, sampai saat ini Indonesia masih seratus persen

Tabel 1.
Lignosulfonat di Dunia dan Kapasitas Produksinya

Produsen	Negara	Kapasitas (ton/tahun)
Borregaard Ligno Tech	Norwegia	160.000
Ligno Tech Sweden	Swedia	60.000
Borregaard Ligno Tech Iberica	German	50.000
Tech Iberica	Jerman	50.000
Ligno Tech Finland	Spanyol	30.000
Ligno Tech USA	Finlandia	20.000
Georgia Pacific	USA	60.000
Westvaco	USA	200.000
Flambeau Paper	USA	35.000
Tembec	USA	60.000
Avebene	Canada	20.000
Tolmezzo	Prancis	40.000
Sanyo Kokusaka	Italia	30.000
Lainnya	Jepang	50.000
Total		150.000
		965.000

Tabel 2.
Data Impor Surfaktan Anionik di Indonesia

Tahun	Massa (ton)	Peningkatan (%)
2018	1328,864	0
2019	3873,056	1,914
2020	4118,252	0,063
2021	5265,603	0,278
2022 (Januari-Agustus)	4366,676	-0,17
Rata-rata		0,752

Tabel 3.
Harga SLS Bubuk di Pasaran Tahun 2022

Berat SLS (ton)	Harga SLS (Rp)
1	13.203.775

mengimpor lignosulfonat dari Finlandia dan negara-negara Skandinavia lainnya. Tabel 1 merupakan data pabrik lignosulfonat di dunia dan kapasitas produksinya.

Indonesia dalam memenuhi kebutuhan surfaktan SLS masih mengimpor dari negara lain. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Indonesia pada tahun 2018 – 2022 data impor surfaktan anionik ditunjukkan pada Tabel 2.

Produk surfaktan Sodium Lignosulfonate (SLS) dijual di pasaran dalam bentuk serbuk atau cairan dengan kemasan berukuran kecil maupun besar. Berikut merupakan harga SLS bubuk dengan kemurnian 45-60% di pasaran pada tahun 2022 (Tabel 3).

Menurut Ketua Minyak dan Gas First Golden Energy, penggunaan surfaktan dapat menaikkan produksi minyak sebesar 20% bahkan dari hasil uji coba yang dilakukannya, produksi minyak mengalami kenaikan sampai empat kali lipat dari 10 barel per hari naik menjadi 40 barel per hari setelah diberikan surfaktan. Oleh karena itu, produksi surfaktan dalam skala pabrik diharapkan menjadi jawaban untuk mendapatkan surfaktan EOR (Enhanced Oil Recovery) berbiaya rendah (low cost surfactant) dan mampu memenuhi target produksi minyak satu juta barel pada tahun 2030.

Tabel 4.
Perbandingan Parameter Seleksi Proses *Pulping* Metode Soda, Kraft, Sulfit, dan Organosolv

Proses	Bahan Pemasak	Harga Pemasak (Rp)	Bahan Rendemen pada <i>Black Liquor</i> (% b/v)	Dampak Lingkungan
Soda	NaOH (kg)	28.000	20 – 35	Lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung belerang dan tidak menggunakan bahan kimia berlebihan
Kraft	Na ₂ S (kg) NaOH (kg)	3.200.000 28.000	22 – 37,5	Mencemari lingkungan karena mengandung belerang
Sulfit	H ₂ SO ₃	1.669.250	17 – 30,2	Mencemari lingkungan karena mengandung belerang
Organosolv	Methanol (l) NaOH (kg)	13.000 28.000	20 – 35	Lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung belerang

Tabel 5.
Kondisi Operasi Jenis Proses Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Parameter	Soda	Kraft	Sulfit	Organosolv
Yield	50 – 70%	45 – 55%	50 – 65%	56 – 67%
Kemurnian	90%	> 95%	55 – 90%	> 90%
Waktu Pemasakan	1 – 5 jam	1 jam	3 – 7 jam	1 jam
Cocok digunakan untuk jenis kayu	Limbah pertanian	<i>Softwoods, Hardwoods</i>	Kayu daun lebar dan <i>Softwoods</i>	<i>Softwoods, Hardwoods</i> , Limbah pertanian

Tabel 6.
Perbandingan Proses Isolasi Lignin

Proses	Bahan Pemasak	Harga Bahan (Rp)	Rendemen (% b/b)	Kemurnian Lignin (%)
Presipitasi Asam	H ₂ SO ₄ (l)	336.700	19,29	88,9
Ekstraksi	Dioksana (l)	2.825.000	20	< 80

Tabel 7.
Kondisi Operasi Proses Sulfonasi

Waktu Operasi (Jam)	4 – 8
Tekanan (atm)	1
Suhu Operasi (°C)	80 – 100
pH	5 – 7

Lokasi pabrik merupakan salah satu hal terpenting untuk kesuksesan keberjalanan pabrik dan menentukan kelancaran usaha karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Lokasi pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan produksinya. Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam penentuan lokasi suatu pabrik meliputi lokasi pemasaran, feedstock, aksesabilitas dan fasilitas transportasi, sumber tenaga kerja, utilitas, lahan pabrik, dampak terhadap lingkungan, iklim dan topografi, dan hukum dan peraturan. Berdasarkan hasil analisa yang, diketahui bahwa lokasi pendirian pabrik SLS yang cocok dan memenuhi kriteria-kriteria yang diinginkan yaitu terletak di Riau tepatnya di Kota Dumai. Lokasi ini dipilih karena unggul dari segi wilayah pemasaran, ketersediaan bahan baku, pertimbangan komunitas lokal, dan lain-lain.

Pabrik Sodium Lignosulfonate dari TKKS direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2025 yang mengacu pada pemenuhan kebutuhan dalam negeri, feedstock, dan data existing plant. Berdasarkan aspek-aspek tinjauan tersebut, maka kapasitas produksi pabrik SLS dari TKKS yang dipilih yaitu 20.000 ton/ tahun.

II. DASAR PERANCANGAN

A. Uraian dan Seleksi Proses

Dalam merancang pabrik, diperlukan seleksi proses dengan meninjau beberapa faktor seperti harga bahan, rendemen yang dihasilkan, keamanan dan kemudahan handling limbah, dampak lingkungan, kondisi operasi serta sifat fisik dan kimia. Pembuatan Sodium Lignosulfonate dari

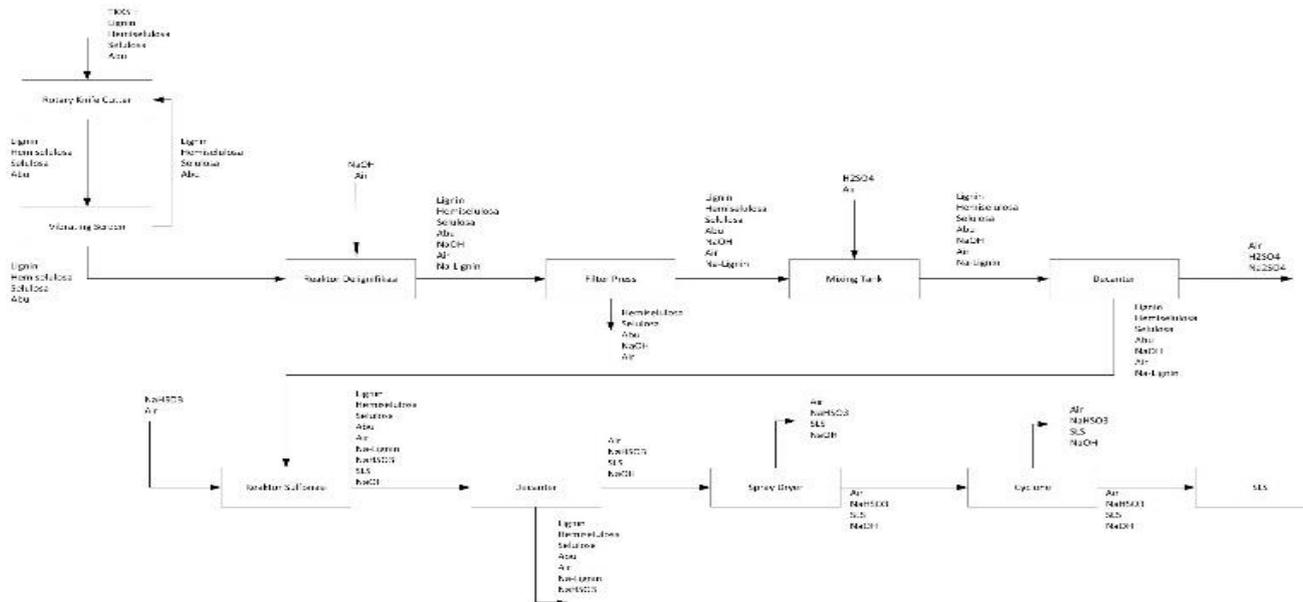
Tandan Kosong Kelapa Sawit terdiri dari tiga proses utama yaitu proses delignifikasi/pulping, isolasi lignin, dan sulfonasi. Sehingga perlu dilakukan seleksi proses dari masing-masing proses tersebut.

Proses delignifikasi bertujuan untuk membebaskan lignin dari biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit. Hasil pemisahan lignin tersebut berupa larutan lignin berkonsentrasi tinggi yang disebut black liquor. Secara praktikal, produksi pulp di dunia sekarang masih berdasarkan proses sulfit dan sulfat (kraft). Terdapat jenis proses pelarutan lignin dari biomassa selain proses sulfat (kraft) dan sulfit yaitu proses soda dan organosolv.

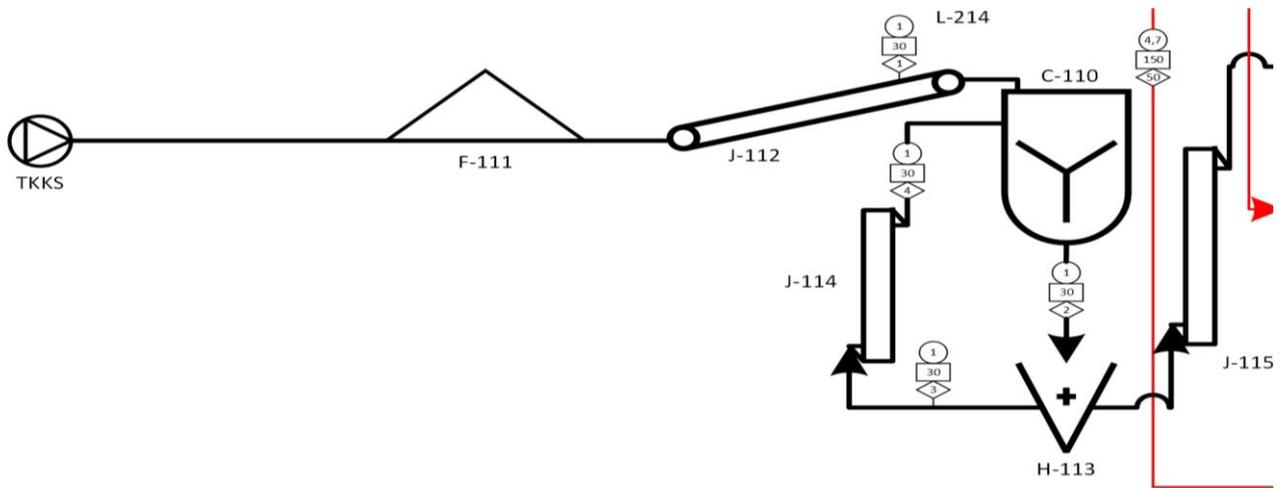
Pada proses soda, lignin akan terdegradasi dan kemudian larut dalam air karena adanya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil yang terdapat pada bahan pemasak yang digunakan yaitu NaOH.

Proses sulfat (kraft) menghasilkan pulp yang susah untuk dilakukan bleaching dan berwarna gelap namun kuat, sehingga baik digunakan sebagai kertas packaging yang lebih mementingkan kekuatan. Permasalahan pada proses ini adalah recovery zat aktif dan bleaching. Pada beberapa tahun awal proses ini tidak terlalu berkembang hingga ditemukannya Tomlinson Combustion Furnace dan Teknik bleaching [4].

Proses sulfit menghasilkan pulp yang lebih mudah untuk dilakukan bleaching namun memiliki kekurangan pada kekuatan pulp. Hal ini bukan suatu masalah karena pulp bukan hasil utama yang diinginkan dari proses ini. Proses ini memiliki biaya yang mahal dan rendemennya tidak jauh berbeda dengan proses kraft. Recovery dan regenerasi bahan kimia pada cairan limbah dari proses sulfit lebih sulit



Gambar 1. Blok diagram proses pembuatan sodium lignosulfonate dari tandan kosong kelapa sawit.



Gambar 2. Proses Preparasi bahan baku.

daripada cairan limbah proses kraft [4].

Proses organosolv yaitu suatu proses pemisahan serat dengan menggunakan bahan kimia organik seperti methanol, ethanol, aseton, asam asetat, dan lainnya. Pada proses organosolv, pelarut berupa alkohol primer yang memiliki titik didih rendah seperti methanol dan ethanol lebih umum untuk digunakan meskipun pelarut lain seperti asam format, asam asetat, dan pelarut dengan titik didih tinggi lainnya juga sering digunakan.

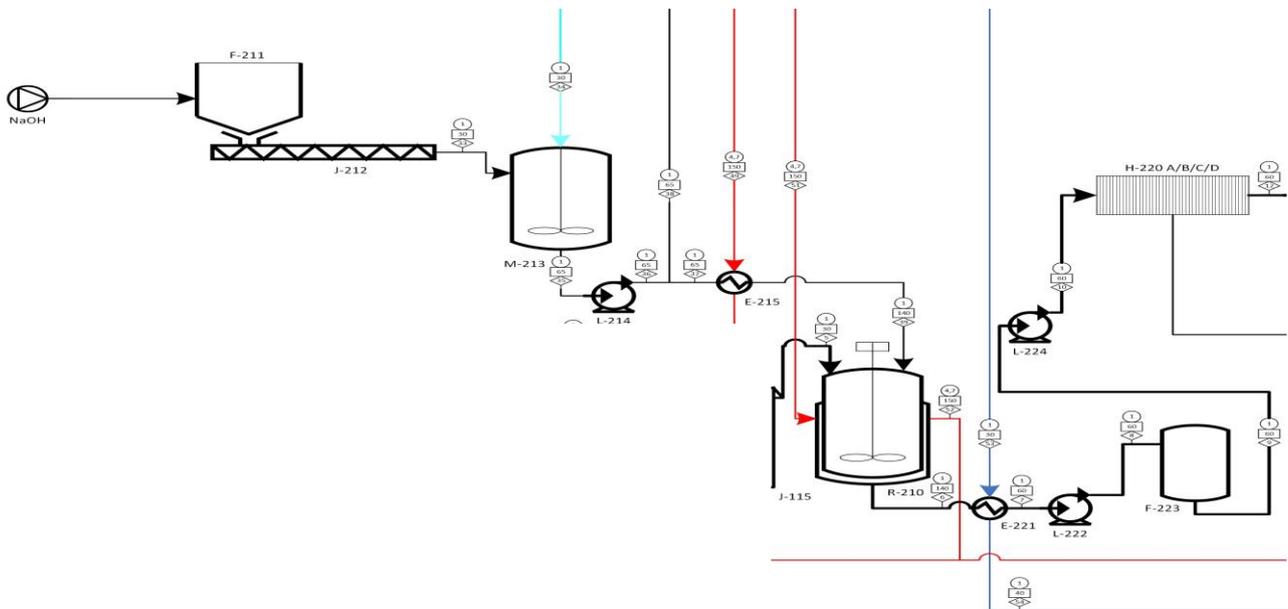
Katalisator sangat penting pada proses organosolv karena proses ini berlangsung pada suhu yang tinggi. Berdasarkan katalis yang digunakan dalam organosolv, terdapat dua jenis proses yaitu organosolv asam (dengan katalis H₂SO₄ atau HCl) dan proses organosolv basa (dengan katalis NaOH atau Na₂S). Selama berlangsungnya proses delignifikasi berisi larutan NaOH, polimer lignin akan terdegradasi dan kemudian larut dalam air [5]. Perbandingan parameter pada proses delignifikasi/pulping (Tabel 4).

Berdasarkan parameter-parameter pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa dari segi harga bahan baku, proses soda memerlukan biaya paling minimum. Rendemen black liquor

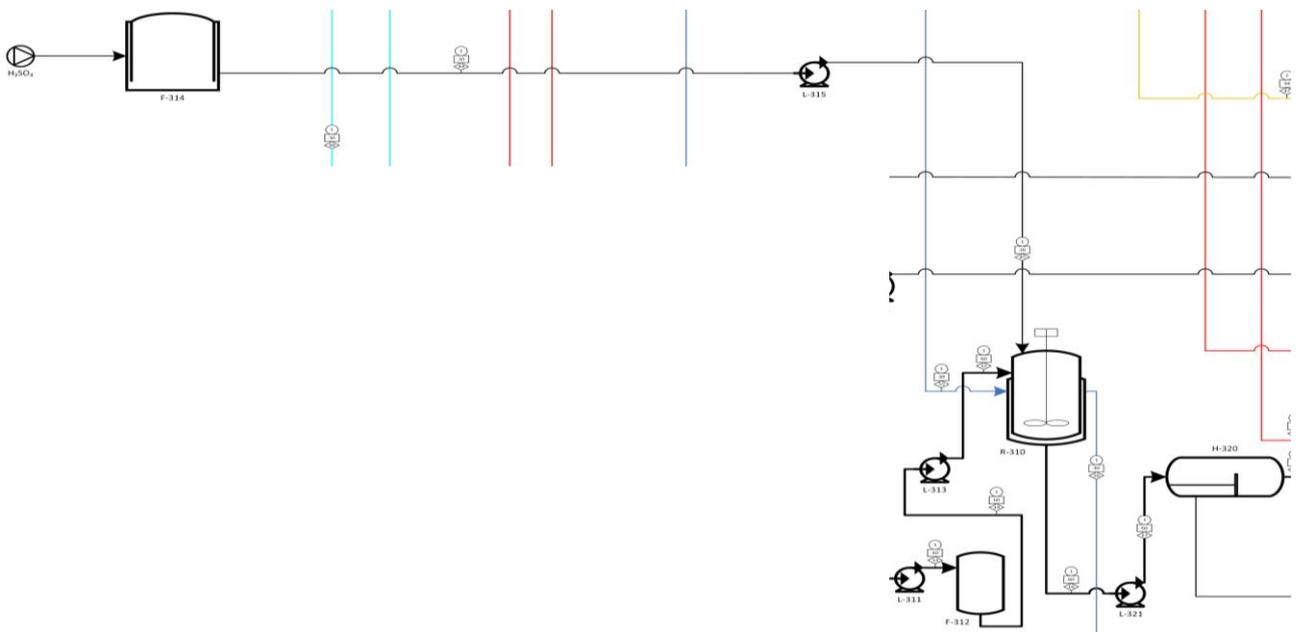
maksimum dihasilkan oleh proses kraft (sulfat), namun pada proses kraft biaya yang diperlukan sangat mahal dan menghasilkan limbah yang mengandung belerang sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Selain itu, kondisi operasi yang digunakan juga dapat menjadi pertimbangan seleksi proses delignifikasi/pulping (Tabel 5).

Dari Tabel 5, parameter yield menunjukkan perbedaan yang tidak jauh signifikan diantara proses yang ada, begitu juga dengan kemurnian black liquor yang dihasilkan. Pada parameter waktu pemasakan, metode sulfat menghabiskan waktu paling lama yaitu sekitar 3 – 7 jam, sedangkan metode lain menghabiskan waktu yang relatif sama yaitu 1 jam. Jenis kayu yang digunakan sebagai feed kali ini adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang mana termasuk limbah pertanian dan cocok apabila menggunakan metode soda atau organosolv.

Dari perbandingan metode delignifikasi, metode yang digunakan adalah metode soda untuk memperoleh lignin dari TKKS karena metode tersebut cocok dengan bahan baku yang digunakan, proses yang sederhana, kemurnian dan yield yang dihasilkan cukup tinggi serta menghasilkan jenis lignin



Gambar 3. Proses delignifikasi.



Gambar 4. Proses isolasi lignin.

yang tidak mengandung belerang sehingga tidak berpotensi mencemari lingkungan.

Proses isolasi lignin merupakan tahapan yang bertujuan untuk memisahkan lignin dari campuran black liquor. Terdapat metode untuk proses isolasi lignin, diantaranya menggunakan metode ekstraksi dan metode presipitasi asam.

Proses ekstraksi menggunakan berbagai bahan seperti Dioksana, dimetilsulfoksida (DMSO), formamide, dimetilformamida (DMF), piridin, dikloroetana, etilenaglikolmonoetiler (metil selosolv), dan heksa fluoropropanol. Metode ini menghasilkan rendemen yang tidak terlalu tinggi dan bahan ekstraksi memiliki harga yang relatif mahal atau handling yang rumit karena bahan termasuk berbahaya [6].

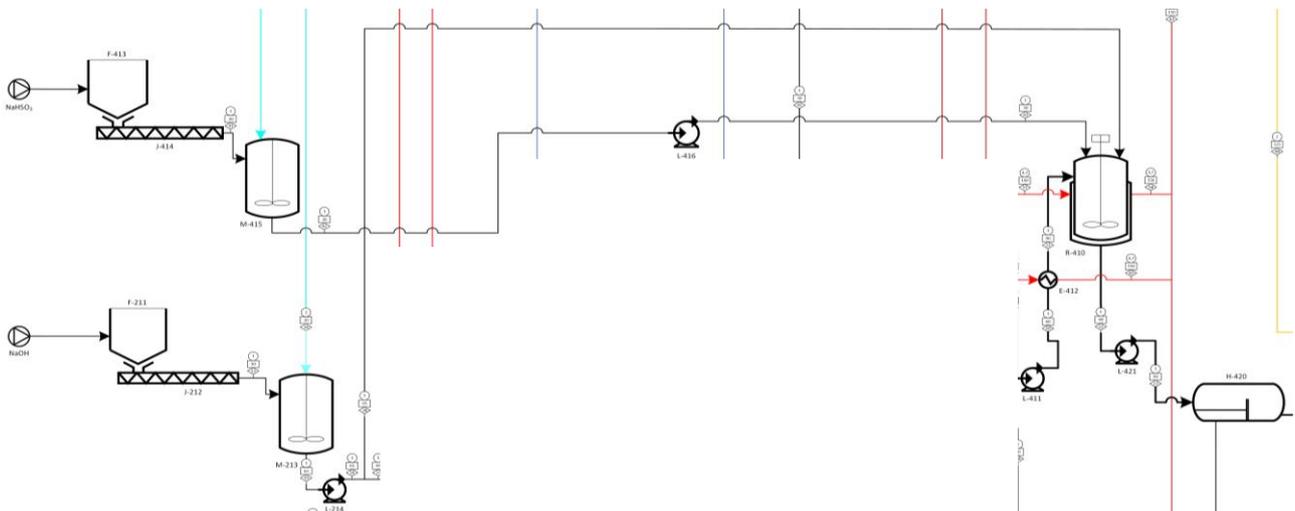
Terdapat cara lain dalam melakukan isolasi lignin, yaitu menggunakan pereaksi anorganik yaitu H₂SO₄ pekat dan HCl pekat dengan tujuan untuk mendestruksi karbohidrat. Pengendapan lignin dalam larutan black liquor terjadi karena reaksi kondensasi pada unit-unit penyusun lignin yaitu para-koumaril alcohol, koniferil alcohol, dan sinapil alcohol yang

semula larut akan mengalami repolimerisasi dan membentuk molekul yang lebih besar. Konsentrasi asam yang digunakan sebaiknya berada diantara 5% hingga 20% untuk mencegah terjadinya proses pengasaman sebagian sehingga tercapai pengasaman yang seragam [5].

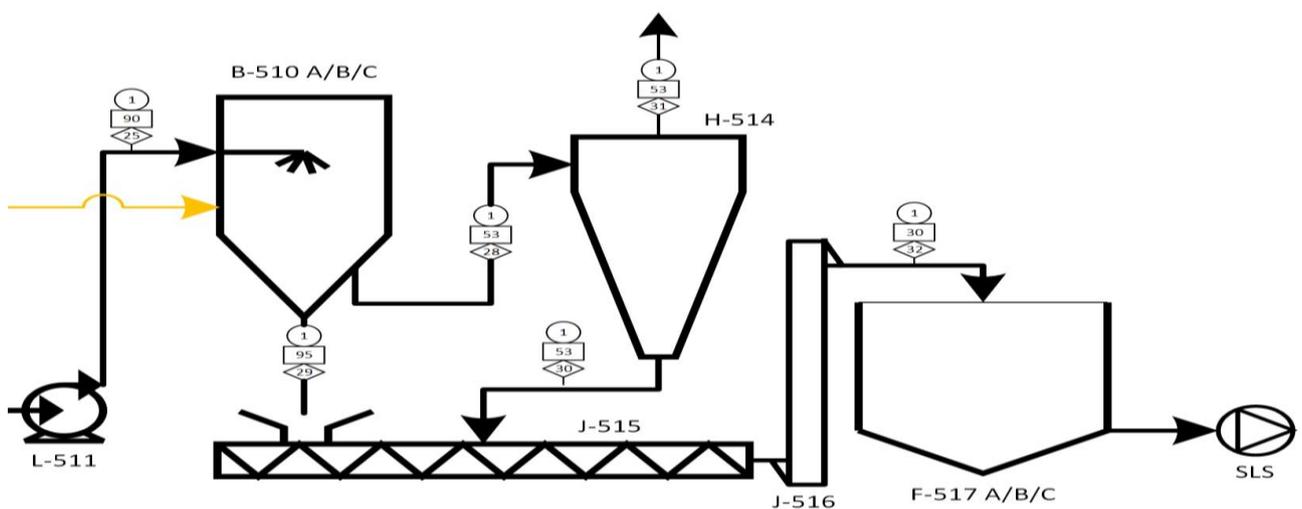
Dari beberapa uraian proses yang telah dijabarkan sebelumnya, seleksi proses dapat dilakukan dengan mengacu pada parameter bahan, harga bahan, rendemen lignin yang dihasilkan, kemurnian lignin, dan dampak lingkungan (Tabel 6).

Proses ekstraksi menggunakan bahan yang termasuk berbahaya bagi kesehatan dan memiliki harga yang relatif mahal. Sehingga dengan pertimbangan yang telah disebutkan, proses presipitasi asam akan digunakan pada produksi Sodium Lignosulfonate sebagai metode isolasi lignin.

Proses sulfonasi bertujuan untuk mengubah sifat hidrofilitas lignin yang kurang polar membentuk Sodium Lignosulfonate (SLS) yang lebih polar dengan memasukkan gugus sulfonat ke dalam gugus hidroksil lignin sehingga



Gambar 5. Proses sulfonasi.



Gambar 6. Proses pengeringan produk SLS.

menyebabkan SLS mudah larut dalam air. Prinsip inilah yang menggambarkan SLS berperan sebagai surface active agent atau disebut surfaktan [7].

Lignin dilakukan proses sulfonasi menggunakan pereaksi natrium sulfit (Na_2SO_3) atau dengan natrium bisulfit (NaHSO_3). Namun, literatur menyebutkan bahwa menggunakan natrium bisulfit (NaHSO_3) lebih disarankan karena hasil dari reaksi tersebut berupa produk SLS, sisa reaksi (lignin dan natrium bisulfit) serta air.

Lignin isolat yang memiliki pH sekitar 3 – 4 akan sulit terdegradasi pada proses sulfonasi, sehingga perlu ditambahkan basa untuk meningkatkan pH hingga pH minimum 5. Pada dasarnya proses sulfonasi lignin menggunakan natrium bisulfit juga akan menaikkan pH, namun harus dalam jumlah banyak untuk mencapai pH minimum. Akibatnya akan ada terlalu banyak NaHSO_3 yang tidak bereaksi sehingga menimbulkan pemborosan dalam pemakaian bahan. Proses tersebut akan dimodifikasi dengan jalan menambahkan NaOH , suatu basa kuat pada proses sulfonasi untuk mendapatkan konversi lignin menjadi Sodium Lignosulfonate yang relatif tinggi (72,2%) serta kemurnian yang lebih tinggi yaitu 80,05% (Tabel 7).

Secara garis besar, uraian proses produksi Sodium Lignosulfonate dari Tandan Kosong Kelapa Sawit ditunjukkan pada Gambar 1.

Proses pembuatan Sodium Lignosulfonate dari Tandan

Kosong Kelapa Sawit ini dapat dibagi menjadi 5 tahapan, yaitu:

1) *Preparasi Bahan Baku*

Pada tahap persiapan bahan baku, TKKS dari tempat penyimpanan TKKS diangkut menggunakan belt conveyor menuju rotary knife cutter untuk dihancurkan dengan mereduksi ukurannya hingga menjadi kurang lebih 3 mm [8]. Efisiensi dari pemotongan menggunakan rotary knife cutter sebesar 83%. TKKS yang telah dihancurkan tersebut menuju vibrating screen untuk menyeragamkan ukuran dan sisa TKKS yang tidak sesuai spesifikasi dihancurkan kembali pada rotary knife cutter dengan menggunakan bucket elevator. Kemudian, untuk TKKS yang sudah sesuai spesifikasi diangkut dengan bucket elevator menuju reaktor delignifikasi dimana proses soda pulping berlangsung (Gambar 2).

2) *Proses Delignifikasi*

Di dalam reaktor delignifikasi, TKKS dimasak dengan larutan NaOH dengan konsentrasi 10% [5]. Volume larutan pemasak dibandingkan massa TKKS yaitu 10:1 (v/b). Reaksi delignifikasi berjalan dengan temperatur reaksi 140°C dan tekanan 1 atm selama 13 menit, dengan persamaan reaksi sebagai berikut: $\text{Lignin} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaLignin} + \text{H}_2\text{O}$ [8].

Hasil reaksi tersebut berupa larutan lindi hitam dengan serat TKKS yang kemudian dialirkan dengan pompa menuju

pendingin untuk menurunkan temperatur keluaran reaktor 140°C menjadi 60°C. Rendemen pulp yang dihasilkan yaitu 69,32 – 78,04% sehingga membutuhkan pompa khusus yaitu pompa slurry sentrifugal supaya adanya pulp tidak merusak pompa. Kemudian dipisahkan dengan menggunakan filter press untuk mendapatkan larutan lindi hitam. Sisa dari hasil delignifikasi tersebut berupa unbleached pulp yang akan dibawa menggunakan screw conveyor ke tangki penyimpanan untuk kemudian dapat dijual untuk kebutuhan industri pulp. Sedangkan larutan lindi hitam yang mengandung lignin yang telah terbebas dari pulp-nya kemudian dilanjutkan menuju proses isolasi lignin (Gambar 3).

3) Proses Isolasi Lignin

Proses isolasi lignin dengan presipitasi asam menggunakan asam sulfat untuk mengendapkan lignin dalam larutan lindi hitam. Lindi hitam yang dihasilkan dari proses delignifikasi dialirkan menuju mixing tank melalui pompa dan ditambahkan asam sulfat encer H₂SO₄ 72% untuk mengendapkan lignin. Reaksi isolasi lignin berjalan selama 2 jam dengan temperatur 60°C [9]. Berikut adalah reaksi yang terjadi pada Tangki Pengasaman H₂SO₄: $\text{Na Lignin} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Lignin} + 2\text{Na}_2\text{SO}_4$, $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Kemudian keluaran dari tangki pengasaman dialirkan dengan pompa menuju decanter untuk memisahkan light stream dan heavy stream yang telah ditentukan berdasarkan densitas campuran dan kelarutannya terhadap air. Kelarutan lignin dalam air pada suhu 30°C yaitu 46,1% yang mana sangat rendah sehingga lebih mudah dipisahkan dengan menggunakan decanter. Lignin yang terpisahkan akan keluar melalui heavy stream karena memiliki densitas yang lebih tinggi yaitu 1,3 sampai 1,4 g/ml. Sehingga, heavy stream akan diteruskan menuju proses sulfonasi (Gambar 4) [10].

4) Proses Sulfonasi

Proses sulfonasi bertujuan untuk mengubah lignin menjadi surfaktan sodium lignosulfonate (SLS) dengan mereaksikan lignin dengan agen penyulfonasi (NaHSO₃) dengan katalis NaOH. Penambahan NaHSO₃ merupakan 40-60% dari berat lignin yang digunakan sedangkan penambahan NaOH dilakukan hingga pH mencapai 5. Reaksi yang terjadi pada proses sulfonasi lignin ini termasuk reaksi ireversibel dan bersifat endotermis [11]. Isolat lignin dialirkan melalui pompa menuju reaktor sulfonasi dan ditambahkan dengan natrium bisulfite (NaHSO₃) yang diangkut dari silo dengan screw conveyor dengan katalis NaOH yang dialirkan dari tangki pelarutan NaOH. Reaksi berlangsung pada temperatur reaksi 90°C dengan tekanan 1 atm dengan waktu 1 jam dengan persamaan reaksi pada Gambar 5. $2\text{Lignin} + 2\text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{SLS} + \text{H}_2\text{O}$ [12].

5) Pengeringan SLS

Hasil sulfonasi kemudian dialirkan dengan pompa menuju decanter untuk memisahkan light stream dan heavy stream yang telah ditentukan berdasarkan densitas campuran dan kelarutannya terhadap air. SLS yang masih mengandung air akan dikeluarkan melalui light stream karena memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan serat selulosa dan hemiselulosa. Kemudian larutan SLS dialirkan dengan pompa menuju spray dryer untuk dikeringkan dengan bantuan udara pemanas dengan temperatur 125°C. Kemudian keluaran bubuk SLS dari spray dryer dan cyclone keluar dan diangkut menuju silo dengan screw conveyor (Gambar 6).

B. Neraca Massa dan Neraca Energi

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa, kapasitas produksi pabrik SLS dari TKKS sebesar 20.000 ton/tahun. Kebutuhan TKKS yang digunakan sebagai bahan baku utama sebesar 105.023,369 ton/tahun. Lalu, bahan baku penunjang yang digunakan, yaitu NaOH sebanyak 44,85 ton/tahun, H₂SO₄ sebanyak 98,49 ton/tahun, dan NaHSO₃ sebanyak 103,97 ton/tahun. Kemudian, untuk kebutuhan power total sebesar 1397,65 kW.

C. Alat Utama

Alat utama yang digunakan pada proses pembuatan SLS dari TKKS antara lain:

- Rotary Knife Cutter, berfungsi sebagai alat untuk menghancurkan TKKS sehingga dapat memiliki ukuran yang lebih kecil yaitu 0,5 mm.
- Vibrating Screen, berfungsi sebagai alat untuk menyaring TKKS yang sudah terpotong dan belum terpotong, sehingga TKKS yang belum terpotong dapat direcycle kembali ke
- Delignification Reactor, berfungsi sebagai alat untuk mereaksikan TKKS dan NaOH untuk menghasilkan Black Liquor.
- Filter Press, berfungsi sebagai alat untuk memisahkan Black Liquor dan Pulp.
- Acidification Reactor, berfungsi untuk mereaksikan Black Liquor dan H₂SO₄ sehingga terbentuk endapan lignin isolat.
- Decanter I, berfungsi untuk memisahkan endapan lignin isolat dan sisa liquid yang terdapat pada Black Liquor.
- Sulfonation Reactor, berfungsi untuk terjadinya reaksi sulfonasi, yaitu reaksi antara lignin dan NaHSO₃ untuk menghasilkan Sodium Lignosulfonate.
- Decanter II, berfungsi sebagai alat untuk memisahkan Sodium Lignosulfonate dengan sisa-sisa reaktan yang tidak bereaksi dan hasil samping yang dihasilkan.
- Spray Dryer, berfungsi sebagai alat untuk mengurangi kadar air pada Sodium Lignosulfonate.
- Cyclone Separator, berfungsi sebagai tempat untuk memisahkan SLS dan dengan udara di spray dryer

D. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi merupakan salah satu faktor penentu apakah suatu pabrik layak didirikan atau tidak. Untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi suatu pabrik, perlu dilakukan perhitungan mengenai jumlah bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan berdasarkan neraca massa. Selain itu juga memperhitungkan biaya peralatan sesuai dengan spesifikasinya, serta menganalisis semua biaya yang terlibat dalam operasional pabrik, termasuk utilitas, pengadaan lahan, dan gaji karyawan. Dari pengolahan data, diperoleh hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan Total Capital Investment pabrik ini sebesar Rp 425.869.474.037,00. Biaya produksi per tahun sebesar Rp 297.864.551.710,00 untuk kapasitas bahan baku 110.556,47 ton/tahun dengan hasil penjualan per tahun sebesar Rp 434.729.965.051,00 dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun. Untuk asumsi yang digunakan yaitu bunga bank 8,25% per tahun, dan umur pabrik diperkirakan selama 10 tahun yang beroperasi selama 330 hari/tahun. Selain itu, terdapat beberapa parameter kelayakan didirikannya suatu pabrik, yaitu dari Interest Rate of Return (IRR), Net Present Value (NPV), dan Pay Out Time (POT). Dari hasil pengolahan data, diperoleh IRR sebesar 31,46 %, NPV

sebesar Rp 173.628.765.012,00, dengan pengembalian modalnya selama 5,18 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia Peralatan dan IRR lebih besar dari bunga bank.

III. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonate (SLS) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang didirikan di Kota Dumai, Riau dapat membantu memenuhi kebutuhan surfaktan dalam negeri terutama dalam pengaplikasian teknologi EOR (Enhanced Oil Recovery). Dengan hasil analisa ekonomi, didapatkan nilai IRR sebesar 31,46% yang lebih tinggi dari suku bunga bank, yaitu 8,25% per tahun, dengan pengembalian modalnya selama 5,18 tahun. Oleh karena itu, dapat disimpulkan baik dari segi teknis maupun ekonomi Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonate (SLS) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) ini layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. L. Schramm, E. N. Stasiuk, and D. G. Marangoni, "Surfactants and their applications," *Annu. Rep. Prog. Chem. Sect. C Phys. Chem.*, vol. 99, no. 1, pp. 3–48, 2003, doi: 10.1039/B208499F.
- [2] D. Amaliah, L. Qadariah, and M. Mahfud, "The production of surfactant anionic Methyl Ester Sulfonate (MES) from Virgin Coconut Oil (VCO) with ultrasound-assisted," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1845, no. 1, p. 12005, Mar. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1845/1/012005.
- [3] Badan Pusat Statistik, "Statistik Harga Sodium Lignosulfonat di Indonesia." Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2022. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/>
- [4] N. Sulistyowati, "Uji Kinerja Digester pada Proses Pulpung Menggunakan Variabel Temperatur dan Waktu Pemasakan (Test of Digester Work by Cooking Temperature and Time Variable in the Pulpung Process of Pineapple's leafs)," Departemen Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, 2014.
- [5] Heradewi, "Isolasi Lignin Dari Lindi Hitam Proses Pemasakan Organosolv Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)," Departemen Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2007.
- [6] S. Hartati, "Pengaruh macam ekstrak bahan organik dan zpt terhadap pertumbuhan planlet angrek hasil persilangan pada media kultur," *Caraka Tani J. Sustain. Agric.*, vol. 25, no. 1, pp. 101–105, 2010, doi: 10.20961/carakatani.v25i1.15752.
- [7] Y. Anggraeni, O. S. Betha, and others, "Karakteristik fisik dan aktivitas antibakteri sabun cair minyak nilam (Pogostemon cablin Benth.) yang berbasis surfaktan sodium lauril eter sulfat," *J. Kefarmasian Indones.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.22435/jki.v10i1.499.
- [8] M. Muryanto, Y. Sudiyani, and H. Abimanyu, "Optimasi proses perlakuan awal NaOH tandan kosong kelapa sawit untuk menjadi bioetanol," *J. Kim. Terap. Indones.*, vol. 18, no. 01, pp. 27–35, 2016.
- [9] S. Suhartati, R. Puspito, F. Rizali, and D. Anggraini, "Analisis sifat fisika dan kimia lignin tandan kosong kelapa sawit asal Desa Sape, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat," *J. Kim. Val.*, vol. 2, no. 1, pp. 24–29, 2016.
- [10] Y. Matsushita and S. Yasuda, "Preparation and evaluation of lignosulfonates as a dispersant for gypsum paste from acid hydrolysis lignin," *Bioresour. Technol.*, vol. 96, no. 4, pp. 465–470, 2005, doi: 10.1016/j.biortech.2004.05.023.
- [11] F. Falah, "Pemanfaatan Limbah Lignin dari Proses Pembuatan Bioetanol dari TKKS sebagai Bahan Aditif pada Mortar," Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, 2012.
- [12] S. M. Ismiyati, "Pembuatan natrium lignosulfonat berbahan dasar lignin isolat tandan Kosong Kelapa sawit: Identifikasi dan uji kekerjanya sebagai bahan pendispersi," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 19, no. 1, pp. 25–29, 2008.