

Pra Desain Pabrik Surfaktan SLS dengan Bahan Baku Lignin

Enrique Gianfranco, Risfanali Raja, Susianto, dan Ali Altway
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: susianto@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonate (SLS) dengan Bahan Baku Lignin di Kabupaten Kampar, Riau, Indonesia, telah direncanakan dengan kapasitas produksi 2.500 ton per tahun. Pabrik ini bertujuan untuk memproduksi SLS, sebuah senyawa kimia yang banyak digunakan sebagai bahan pendispersi dalam berbagai aplikasi industri. Saat ini, mayoritas Sodium Lignosulfonate yang digunakan di Indonesia masih diimpor dari negara lain. Proses produksi SLS dimulai dengan tahap pre-treatment, di mana feed yang terdiri dari lignin dan impurities lainnya diolah melalui proses evaporasi dan pengasaman dengan H_2SO_4 20% untuk memperoleh isolat lignin. Selanjutnya, isolat lignin direaksikan dengan agen pensulfonasi $NaHSO_3$ dalam reaktor sulfonator untuk menghasilkan Sodium Lignosulfonate (SLS) dengan tingkat konversi sebesar 89% mol. Setelah proses pemisahan pada sentrifus, SLS yang lebih murni akan mengalami proses metanasi dan evaporasi untuk mendapatkan produk SLS yang pekat. Proses pengeringan menggunakan fluidized bed dryer menghasilkan SLS berbentuk bubuk, yang kemudian dihaluskan dan diskirning sesuai spesifikasi produk. Produk yang sesuai spesifikasi disimpan dalam tangki penyimpanan, sedangkan yang tidak sesuai dikembalikan ke dalam proses produksi. Pabrik ini direncanakan untuk beroperasi pada tahun 2027 dengan pertimbangan indikator Supporting infrastructure, economical, dan environmental. Diperlukan total investasi sebesar Rp95.013.326.653,9 untuk mendirikan pabrik ini, dengan estimasi total biaya produksi sebesar Rp64.166.737.917,9 dan estimasi penjualan sebesar Rp63.125.250.000,0 per tahun. Pabrik ini diharapkan dapat beroperasi selama 25 tahun dengan Internal Rate of Return (IRR) sebesar 25,20%, waktu pengembalian modal (POT) selama 7 tahun, dan Break Even Point (BEP) sebesar 40%.

Kata Kunci—Lignin, Sulfonasi, SLS.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA memiliki sumber daya melimpah dan infrastruktur pengolahan yang lengkap, namun mayoritas produksi Sodium Lignosulfonate masih mengandalkan impor dari negara lain. Di seluruh dunia, produksi Sodium Lignosulfonate mencapai sekitar 980.000 ton per tahun, dengan 50% digunakan sebagai bahan pendispersi [1]. SLS adalah jenis surfaktan yang digunakan luas dalam industri karena dapat menurunkan tegangan permukaan, berfungsi sebagai penstabil emulsi, dan menjadi bahan pendispersi yang efektif. Penggunaannya bervariasi, dari perekat dalam industri keramik hingga bahan pengemulsi dan pelarut dalam industri tekstil. Dalam menghadapi meningkatnya permintaan surfaktan anionik, penting untuk mengembangkan Sodium Lignosulfonate (SLS) secara lokal agar memenuhi kebutuhan dalam negeri tanpa mengandalkan impor [2].

Surfaktan adalah senyawa organik yang memiliki struktur unik, terdiri dari kepala yang bersifat hidrofilik atau suka air dan sangat polar, serta ekor yang bersifat hidrofobik atau non-

Tabel 1.
Data kenaikan impor, dan ekspor surfaktan SLS di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
2017	33.956,92	13.029,10
2018	34.155,67	12.564,13
2019	40.812,75	17.639,32
2020	44.161,13	20.672,03
2021	43.351,63	22.686,45

Tabel 2.
Proyeksi supply-demand surfaktan SLS di Indonesia pada tahun 2027

Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
59.707,71	47.527,80

Tabel 3.
Spesifikasi feed lignin

Komposisi	Persentase (%)
Lignin	0,63
Air	82,68
Etanol	13,49
Amonium hidroksida	3,20

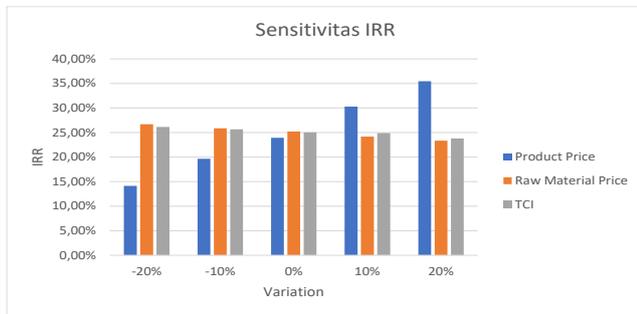
polar. Kepala surfaktan dapat memiliki karakteristik anionik, kationik, nonionik, dan amfoter, sementara ekornya dapat berupa hidrokarbon linier atau bercabang. Kombinasi struktur head-to-tail ini menjadikan surfaktan sebagai bahan serbaguna yang berperan penting di banyak industri. Dari sabun dan deterjen hingga tekstil, karet dan plastik, kosmetik, makanan, serta perekat dan dispersan dalam industri bahan bangunan, surfaktan menjadi aditif krusial yang luas digunakan. Permintaan dan penggunaan surfaktan yang besar di berbagai industri mengakibatkan nilai ekonomisnya yang signifikan. Data kenaikan impor, dan ekspor surfaktan SLS di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

Proyeksi data untuk tahun 2027 menunjukkan bahwa jumlah impor surfaktan SLS (Sodium Lignosulfonate) diperkirakan mencapai 39.287,62 ton, membuka peluang pasar yang menarik bagi industri surfaktan SLS di Indonesia dan dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan perkiraan permintaan tersebut, dibangun rencana untuk membangun pabrik surfaktan SLS di Indonesia dengan kapasitas produksi sebesar 2.500 ton per tahun dan beroperasi selama 330 hari kerja per tahun. Pemilihan kapasitas pabrik ini juga dipengaruhi oleh pertimbangan rata-rata produksi di perusahaan sejenis dan terbatasnya teknologi yang digunakan.

Selain kapasitas dan teknologi, pemilihan lokasi pabrik juga menjadi faktor penting dalam pembangunan industri. Beberapa parameter dipertimbangkan dalam menentukan lokasi yang strategis, seperti ketersediaan bahan baku, potensi pasar, pasokan energi, iklim, transportasi, utilitas, ketersediaan tenaga kerja, dan lain-lain. Setelah mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, lokasi yang paling strategis untuk pembangunan pabrik surfaktan SLS diputuskan berada di Provinsi Riau, tepatnya di Kabupaten

Tabel 4.
Spesifikasi standar surfaktan SLS

Karakteristik	Spesifikasi
Kadar air %	Maks. 5
Sulfat (dihitung sebagai S), %	Maks. 0,3
Natrium (Na), %	Min. 5
Kadar abu, %	Maks. 26
Bagian yang tak larut dalam air, %	Maks. 0,2
pH (larutan)	6-7
Kerapatan curah	1,5 g/ml
Titik Leleh	Min. 200°C
Densitas	0,5 g/cm ³
Berat Molekul	534,51 kg/kmol
Ukuran	28 mesh



Gambar 3. Grafik Sensitivitas IRR.

Kampar.

Dengan didukung oleh data proyeksi permintaan yang menjajikan dan lokasi yang strategis, pembangunan pabrik surfaktan SLS di Indonesia diharapkan dapat berkontribusi secara positif terhadap perekonomian negara, memenuhi kebutuhan dalam negeri, serta memperkuat posisi Indonesia sebagai produsen surfaktan yang handal dan berkualitas di tingkat regional dan global. Selain itu, pabrik ini juga diharapkan dapat memanfaatkan bahan baku dari limbah kelapa sawit secara efisien, berkontribusi pada pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dengan demikian, proyek pembangunan pabrik surfaktan SLS ini merupakan langkah yang tepat menuju keberlanjutan industri dan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

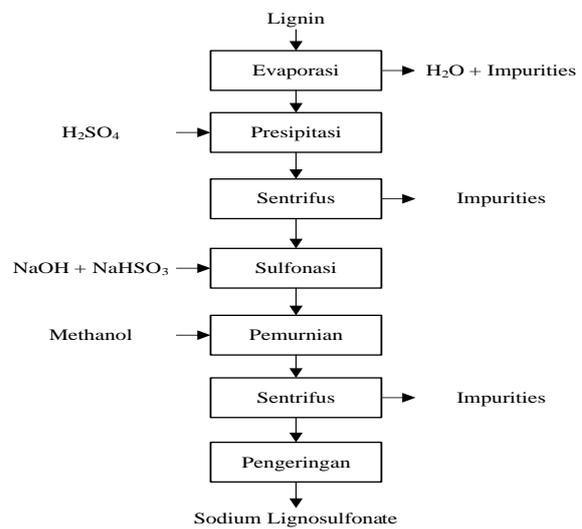
II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

A. Seleksi Proses

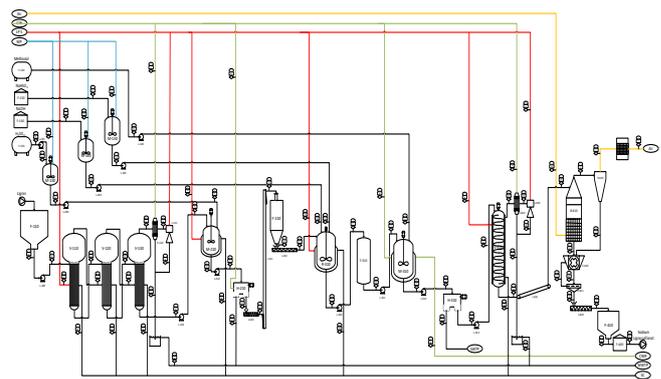
Pemilihan metode proses sulfonasi mempengaruhi penggunaan alat dan bahan baku. Parameter penting yang dipertimbangkan dalam memilih metode sulfonasi adalah tekanan, suhu, kebutuhan bahan, dan hasil samping reaksi.

Tekanan adalah salah satu parameter yang berbeda untuk masing-masing metode sulfonasi. Proses sulfonasi dengan natrium bisulfit (NaHSO₃) dilakukan pada tekanan 1 atm, sedangkan proses dengan Sulfur Trioksida (SO₃ Cair) membutuhkan tekanan sekitar 20 atm. Sulfonasi dengan oleum 20% dilakukan pada tekanan 1 atm. Tekanan ini mempengaruhi spesifikasi alat seperti pompa dan kompresor yang digunakan [3].

Suhu juga merupakan pertimbangan penting dalam proses sulfonasi. Penggunaan heater atau cooler pada alat sangat tergantung pada suhu reaksi. Proses sulfonasi dengan natrium bisulfit (NaHSO₃) berlangsung pada suhu 51°C, sedangkan dengan Sulfur Trioksida (SO₃ Cair) berlangsung pada suhu 430°C. Proses sulfonasi dengan oleum 20% membutuhkan suhu 60°C, tetapi reaksi ini bersifat sangat eksotermis.



Gambar 1. Blok Diagram Proses.



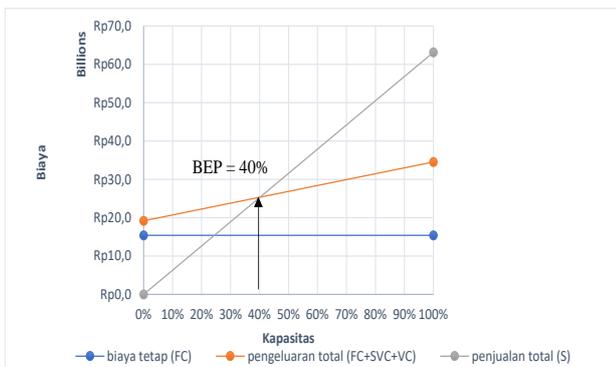
Gambar 2. Process Flow Diagram.

Kebutuhan bahan juga berbeda antara metode sulfonasi. Sulfonasi dengan natrium bisulfit (NaHSO₃) memerlukan NaOH dan H₂SO₄ sebagai bahan tambahan. NaOH berfungsi sebagai katalis reaksi, sementara H₂SO₄ untuk menstabilkan pH. Sulfonasi dengan Sulfur Trioksida (SO₃ Cair) membutuhkan V₂O₅ sebagai katalis dan memproduksi SO₂ dengan menggunakan proses pengeringan udara. Sementara itu, sulfonasi dengan oleum 20% menggunakan H₂SO₄, gas SO₃, dan oleum [3].

Hasil samping reaksi juga harus dipertimbangkan. Proses sulfonasi dengan natrium bisulfit (NaHSO₃) menghasilkan air (H₂O) sebagai produk samping. Pada reaksi sulfonasi dengan Sulfur Trioksida (SO₃ Cair), dapat terbentuk sulfon dan polisulfonat jika SO₃ berlebih. Sulfonasi dengan oleum 20% menghasilkan asam disulfonik sebagai produk samping.

Pertimbangan terhadap parameter-parameter ini akan membantu dalam memilih metode proses sulfonasi yang sesuai untuk menghasilkan Surfaktan Sodium Lignosulfonate dari lignin dengan efisien dan berkualitas tinggi. Spesifikasi feed lignin dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari perbandingan ketiga proses di atas, dapat ditentukan proses sulfonasi yang akan digunakan dengan menggunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Process) dengan bantuan Expert Choice. AHP merupakan sebuah metode pengambilan keputusan dengan melakukan perbandingan antar parameter dan kriteria. Dari hasil yang diperoleh dengan metode AHP, maka dapat ditentukan bahwa proses sulfonasi yang terpilih adalah proses sulfonasi menggunakan natrium bisulfit (NaHSO₃).



Gambar 4. Grafik Break Event Point.

Tabel 7. Neraca Massa

Komponen	Massa Masuk (Kg/hari)	Massa Keluar (Kg/hari)
Lignin	2.378,97	-
H ₂ O	321.363,21	-
C ₂ H ₅ OH	50.940,14	-
NH ₄ OH	12.083,65	-
H ₂ SO ₄	424,431	-
NaOH	475,79	-
NaHSO ₃	2.378,97	-
CH ₃ OH	313,42	-
Produk	-	7.575,97
Limbah	-	417.168,45

B. Ketersediaan dan Kualitas Bahan Baku dan Produk

Pabrik Sodium Lignosulfonate dirancang untuk menggunakan Lignin dari limbah atau produk samping pengolahan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku utama. Namun, Lignin tersebut memiliki tingkat kemurnian yang rendah, yaitu kurang dari 1%, dengan mayoritas kandungan air. Sebagai langkah awal dalam proses produksi, diperlukan tahap pemurnian untuk mendapatkan Lignin yang lebih murni. Penggunaan Lignin sebagai bahan baku utama dipilih karena potensinya sebagai surfaktan yang memiliki nilai tinggi dalam berbagai industri, termasuk industri keramik. Selain itu, ketersediaan bahan baku dari limbah kelapa sawit dalam negeri juga memastikan pasokan yang mencukupi.

Selain Lignin, dalam proses produksi Sodium Lignosulfonate, beberapa bahan baku penunjang diperlukan. NaOH digunakan sebagai senyawa berpH tinggi (14) untuk menetralkan asam kuat dan menciptakan suasana basa dalam reaksi sulfonasi. Asam sulfat digunakan untuk menurunkan pH larutan lignin dan menyebabkan presipitasi lignin. Natrium bisulfid digunakan dalam proses sulfonasi untuk menambahkan gugus sulfat ke lignin dan membentuk surfaktan. Methanol juga digunakan untuk mengikat natrium bisulfid berlebih sehingga dapat dihilangkan dari produk akhir.

Hasil analisis pada tabel 4 menunjukkan bahwa produk Surfaktan Sodium Lignosulfonate (SLS) yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian sekitar 90% dengan kandungan air kurang dari 5%, serta memiliki pH dalam rentang 6-7. Kualitas produk yang tercapai mengindikasikan bahwa proses produksi telah berhasil menghasilkan SLS dengan spesifikasi yang diinginkan.

C. Penentuan Kapasitas

Estimasi kapasitas pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat

Tabel 8. Neraca Panas

Komponen	Panas Masuk (Kg/hari)	Komponen	Panas Keluar (Kg/hari)
Lignin	733,25	Produk SLS	14.011,26
H ₂ O	272.133,36	WWTP	157.084.779,8
C ₂ H ₅ OH	27.974,88	Steam	123.647.835,6
NH ₄ OH	5.906,89	Condensate	-
Air Proses	3.446.144,18	Air Pendingin	19.287.737.374,56
Low Pressure Steam	544.112.343,20	Udara	52.707,46
Air Pendingin	6.443.764.545,30	-	-
Udara	49.778,29	-	-
ΔH_r	12.576.857.149,33	-	-
Total	19.568.536.708	Total	19.568.536.708

(SLS) didasarkan pada data produksi, impor, ekspor, dan konsumsi dari berbagai sumber, termasuk Badan Pusat Statistik (BPS). Data tersebut mencakup informasi mengenai impor, produksi, dan ekspor Sodium Lignosulfonat yang diperoleh dari BPS, serta konsumsi yang diproyeksikan berdasarkan penggunaan SLS dalam berbagai industri, termasuk sebagai bahan dispersi oli dan penambah untuk industri tekstil.

Dengan menganalisis dan mengolah data tersebut, dilakukan perhitungan untuk menentukan laju produksi, konsumsi, ekspor, dan impor, dan kemudian diestimasi kebutuhan SLS pada tahun 2027. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kapasitas pabrik yang optimal adalah sebesar 2.500 ton per tahun.

D. Lokasi dan Ketersediaan Utilitas

Pemilihan lokasi pabrik adalah faktor kritis yang harus dipertimbangkan secara cermat dalam perencanaan sebuah perusahaan. Lokasi yang tepat dapat menentukan risiko dan keuntungan yang dihadapi oleh perusahaan. Hal ini disebabkan karena lokasi pabrik akan mempengaruhi distribusi bahan baku dan produk hasil produksi, sehingga aspek-aspek penting harus diperhatikan dengan seksama. Berbagai pertimbangan harus dilakukan dalam pemilihan lokasi pabrik [4], termasuk:

1. Ketersediaan bahan baku
2. Lokasi pemasaran
3. Aksesibilitas dan fasilitas transportasi
4. Tenaga kerja
5. Ketersediaan utilitas
6. Harga tanah dan gedung
7. Kondisi geografis wilayah
8. Tingkat polusi

Berdasarkan parameter di atas, didapatkan dua alternatif pendirian lokasi pabrik yaitu Provinsi Riau, Kabupaten Kampar dan Provinsi Kalimantan Barat, Kabupaten Sanggau. Berdasarkan dua opsi tersebut, dilakukan pembobotan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* pada software "Expert Choice" dan dipilihlah Provinsi Riau, Kabupaten Kampar sebagai berdirinya lokasi pabrik.

III. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Masalah utama dalam pembuatan surfaktan SLS dari bahan baku lignin adalah memisahkan lignin murni dari zat-

zat pencemar. Untuk mencapai isolat lignin, diperlukan proses pengendapan dan pencucian berulang-ulang. Setelah isolat lignin didapatkan, langkah selanjutnya adalah mereaksikannya dengan natrium bikarbonat untuk membentuk surfaktan SLS.

Pemilihan metode presipitasi asam dengan asam sulfat didasarkan pada efektivitasnya dalam mengendapkan lignin dari black liquor, sehingga menghasilkan produk surfaktan SLS sesuai dengan Tabel 4. Metode ini dipilih karena bahan baku yang digunakan relatif murah dan menghasilkan yield lignin yang cukup tinggi, mencapai 90%.

A. Pengendapan dengan Presipitasi Asam

Pada tahap pre-treatment dalam pembuatan Surfaktan Sodium Lignosulfonat dari lignin, bahan baku yang terdiri dari H₂O, C₂H₅OH, NH₄OH, dan lignin dipindahkan dari tangki penampungan feed menggunakan pompa untuk dilakukan proses evaporasi dengan Multiple Effect Evaporator. Proses evaporasi ini bertujuan mengurangi kandungan air menjadi sekitar 30%. Selanjutnya, bahan baku dimasukkan ke dalam tangki pengasaman dan ditambahkan H₂SO₄ 20% untuk menyebabkan presipitasi dan memperoleh isolat lignin. Setelah itu, lignin yang sudah terpisah dalam bentuk padatan dipisahkan dari larutan menggunakan sentrifus. Hasil pemisahan adalah lignin cake dan filtrat. Lignin cake kemudian dimasukkan ke dalam reaktor sulfonator setelah disimpan dalam tangki penyimpanan sementara.

B. Reaktor Sulfonasi

Sulfonasi lignin merupakan reaksi untuk pembuatan Sodium Lignosulfonat (SLS) dengan cara menambahkan gugus sulfat seperti asam sulfat, oleum, natrium bisulfat (NaHSO₃), atau natrium thiosulfat ke dalam senyawa lignin. Tujuannya adalah untuk mengubah sifat hidrofobik lignin menjadi SLS yang lebih hidrofilik dan polar, sehingga berperan sebagai surface active agent atau surfaktan. Untuk meningkatkan kemurnian SLS, katalis NaOH ditambahkan sebagai pengatur pH, sehingga penggunaan NaHSO₃ berlebihan dapat dihindari. Reaksi sulfonasi lignin menjadi SLS menggunakan katalis NaOH, di mana gugus lignin akan berubah menjadi Kuinon metida dan kemudian menjadi SLS. Penambahan NaOH bertujuan untuk menjaga pH dalam kondisi basa, mengurangi penggunaan berlebihan NaHSO₃, dan menghindari endapan NaHSO₃ yang tidak bereaksi dengan menggunakan metanol. Dengan demikian, penggunaan NaOH dapat mengurangi penggunaan NaHSO₃ yang berlebihan.

C. Uraian Proses

Tahap pertama adalah pre-treatment yang merupakan langkah awal dalam pembuatan Surfaktan Sodium Lignosulfonat dari lignin. Pada tahap ini, feed yang terdiri terutama dari H₂O dengan sedikit C₂H₅OH, NH₄OH, dan lignin dipompa dari tangki penampungan feed (F-110) menuju Multiple Effect Evaporator untuk mengurangi kebutuhan steam. Proses evaporasi ini mengurangi kandungan H₂O hingga tersisa sekitar 30%. Pada effect pertama (V-110), kondisi operasi mencakup suhu 123.29°C dan tekanan 2.06 atm, effect kedua (V-120) suhu 94.61°C dan tekanan 0.8 atm, serta effect ketiga (V-130) suhu 66.93°C dan tekanan 0.13 atm. Selanjutnya, bahan baku dipindahkan ke

tangki pengasaman (M-210) dengan menggunakan pompa (L-110) dan di dalamnya ditambahkan H₂SO₄ 20% untuk menyebabkan presipitasi yang menghasilkan isolat lignin. Tangki pengasaman (M-210) dioperasikan pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Setelah itu, isolat lignin dipompakan dengan pompa (L-210) menuju sentrifus (H-210) untuk dipisahkan menjadi lignin cake dan filtrat, yang terdiri dari larutan H₂O dan H₂SO₄.

Tahap selanjutnya adalah sulfonasi, dimana lignin isolat dari tangki penyimpanan sementara (F-210) dimasukkan ke dalam reaktor sulfonator (R-310) menggunakan belt conveyor (J-212). Reaktor sulfonator (R-310) berfungsi untuk mereaksikan lignin isolat dengan NaHSO₃ 30% dengan perbandingan tertentu untuk menghasilkan sodium lignosulfonat (SLS) dengan konversi 89% mol. Penambahan NaOH 20% dilakukan untuk mengatur pH dan menurunkan energi aktivasi reaksi. Kondisi operasi pada reaktor sulfonator (R-310) adalah pH 7, suhu 95°C, dan tekanan 1 atm, dengan reaksi berlangsung selama 3 jam.

Setelah proses sulfonasi selesai, SLS diangkut ke tangki penyimpanan sementara (F-310) untuk menjaga kelancaran aliran. Selanjutnya, dilakukan metanasi pada tangki metanasi (M-310) dengan penambahan metanol (CH₃OH) untuk memurnikan SLS dari sisa NaHSO₃. Pemisahan SLS dari CH₃SO₃Na yang terbentuk dilakukan di sentrifus (H-310). Filtrat yang terdiri dari SLS, H₂O, NaOH, dan lignin dipompakan menggunakan pompa (L-313) menuju evaporator (V-410) untuk mengurangi kandungan H₂O dan mendapatkan SLS yang lebih murni dan pekat. Kondisi operasi pada evaporator (V-410) adalah 100.19°C dan 1 atm.

Selanjutnya, SLS berbentuk cair dimasukkan ke dalam fluidized bed dryer (B-410) untuk mengubahnya menjadi bubuk. Pada tahap ini, SLS dicampur dengan udara kering bersuhu 130°C dengan kelembaban rendah. Setelah itu, bubuk SLS dihaluskan menggunakan hammer mill (C-410) dan di-screening pada screener (H-411) untuk mendapatkan ukuran SLS yang sesuai spesifikasi produk. SLS yang sesuai spesifikasi disimpan dalam tangki penyimpanan produk (F-410) sebelum dilakukan pengemasan dan penyimpanan pada storage house.

IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

A. Neraca Massa

Pabrik surfaktan SLS dari lignin menggunakan jumlah bahan baku yang mencapai 377.614,08 kg/hari. Untuk mendukung berjalannya proses produksi, berbagai macam bahan pendukung diperlukan dalam jumlah besar. Di antaranya, H₂SO₄ untuk proses presipitasi dibutuhkan dengan jumlah sebanyak 424,431 kg/hari, NaHSO₃ dan NaOH sebagai reaktan pada reaktor dibutuhkan dengan jumlah sebesar 2.378,97 kg/hari dan 475,79 kg/hari, kebutuhan H₂O dibutuhkan sejumlah 9.151,89 kg/hari. Dalam proses pemurnian produk, CH₃OH dengan jumlah sebesar 313.42 kg/hari. Dengan memadukan berbagai bahan baku dan bahan pendukung, pabrik mampu menghasilkan surfaktan SLS sebanyak 7.575,97 kg/hari dengan tingkat kemurnian mencapai 87%. Informasi rinci mengenai neraca massa masuk dan keluar dari proses ini dapat ditemukan pada Tabel 5.

B. Neraca Energi

Pabrik *surfaktan* SLS dari lignin ini membutuhkan *steam* sebagai pemanas, air pendingin, udara kering dan listrik. Diperlukan *steam* untuk menunjang kebutuhan panas peralatan sebanyak 198.290,225 kg/hari. Jumlah Air pendingin digunakan dalam peralatan sebagai pendingin, dalam sehari membutuhkan air pendingin sebanyak 17.080.886,8 kg. Kebutuhan udara kering perhari sejumlah 6.906,264 kg/hari. Listrik berfungsi untuk mengoperasikan unit pompa dan beberapa alat lainnya dengan daya yang dibutuhkan 5.970,81 kWh/hari. Detail kebutuhan panas masuk dan keluar dapat dilihat pada Tabel 6.

V. ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan sesuatu hal yang perlu di perhatikan yang berfungsi sebagai parameter kelayakan berdirinya sebuah pabrik. Macam-macam parameter yang digunakan untuk ekonomi yaitu Pay Out Time (POT), Net Present Value (NPV), Break Even Point (BEP), dan sensitifitas (Analisa kepekaan).

A. Asumsi-asumsi

Analisis ekonomi dilakukan dengan menggunakan metode arus kas yang didiskontokan. Yaitu arus kas, nilainya perkiraan nilai arus kas saat ini. Nilai-nilai asumsi yang digunakan dalam evaluasi ini adalah sebagai berikut :

Modal investasi dari modal sendiri 40% dan modal pinjaman bank 60%

Bunga bank peminjaman yang digunakan sebesar 7,90%.

1. Laju inflasi yang diasumsikan terjadi di Indonesia adalah 4%.
2. Pengembalian modal pinjaman dalam 10 tahun
3. Nilai tukar rupiah (1 USD): Rp. 14.853,00
4. Lama konstruksi selama 3 tahun, dengan tahapan produksi tahun pertama 40% dan meningkat tiap tahunnya sebesar 20%.
5. Umur pabrik selama 25 tahun.

B. CAPEX dan OPEX

Capital Expenditures (CAPEX) merupakan investasi awal yang harus dilakukan oleh perusahaan untuk membangun pabrik atau infrastruktur. Sementara itu, *Operating Expenses* (OPEX) adalah biaya-biaya yang terjadi secara rutin dan berkala oleh perusahaan dalam menjalankan operasionalnya dari waktu ke waktu.

1) Capital Expenditures (CAPEX)

Dalam perhitungan ini, CAPEX memiliki nilai yang sama dengan investasi tetap (FCI) dengan menghitung aset yang paling penting perusahaan. Aset terpenting dari *surfaktan* SLS ini berasal dari teknologi yang digunakan sebesar Rp95.013.326.653,9.

2) Operating Expenses (OPEX)

Pada perhitungan OPEX nilainya sama dengan nilai dari *Total Production Cost* yang meliputi *Direct Production Cost*, *Fixed Cost*, *Plant Overhead Cost*, *General Expenses*, dan *Manufacturing Cost*. Nilai OPEX pabrik *surfaktan* SLS ini adalah Rp64.166.737.917,9.

C. Faktor Kelayakan Pendirian Pabrik

Kelayakan pendirian pabrik *surfaktan* SLS ini ditinjau dari

beberapa hal antara lain *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Pay Out Time* (POT), dan *Break Even Point* (BEP).

1) Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah selisih antara Present Value dari investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. Untuk menghitung nilai sekarang perlu ditentukan tingkat bunga yang relevan. Berdasarkan perhitungan, nilai modal ditentukan Rp229.872.875.526 dengan WACC 6,38%. Net Present Value yang diperoleh bernilai positif (NPV>0). Hal ini menunjukkan bahwa proyek akan menguntungkan perusahaan apabila didirikan

2) Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) merupakan tingkat bunga tertentu di mana seluruh penerimaan diharapkan mencukupi untuk menutup seluruh pengeluaran modal. Dalam perhitungannya, nilai *i* (discount factor) ditetapkan sebesar 25,20%, yang melebihi suku bunga deposito bank sebesar 2,01% per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa investasi tersebut lebih menguntungkan daripada menempatkan modal di bank.

Selain itu, IRR dapat berubah berdasarkan berbagai faktor, yang disebut sebagai sensitivitas IRR. Sensitivitas IRR digunakan untuk menganalisis dampak perubahan faktor-faktor tertentu, seperti harga bahan baku dan harga produk, terhadap tingkat IRR. Hasil analisis menunjukkan bahwa harga produk dan modal usaha memiliki pengaruh signifikan terhadap fluktuasi IRR. Namun, harga bahan baku cenderung tidak berpengaruh atau secara relatif stabil terhadap IRR.

3) Pay Out Time (POT),

Pay Out Time adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai titik balik investasi di mana arus kas masuk sudah melebihi total biaya investasi awal (CAPEX). Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan bahwa pabrik ini memerlukan waktu 7 tahun untuk mengembalikan modal yang diinvestasikan. Waktu pengembalian tersebut masih kurang dari setengah usia ekonomis pabrik, sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan, berdasarkan pertimbangan *Net Present Value* (NPV). Artinya, investasi dalam pendirian pabrik ini diharapkan menghasilkan keuntungan yang positif dan berkelanjutan dalam jangka waktu yang lebih lama.

4) Break Event Point (BEP)

Perhitungan *Break Even Point* dilakukan untuk mengetahui kapasitas produksi pabrik dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan nilai BEP sebesar 40% atau jumlah produksi sebesar 2.500 ton/tahun. Grafik BEP tertera pada Gambar 4

Gambar 4. Grafik *Break Event Point*

VI. ASPEK SOSIAL DAN LINGKUNGAN

A. Aspek Sosial

Pendirian suatu pabrik memiliki dampak sosial yang signifikan. Secara ekonomi, pabrik memberikan peningkatan pendapatan keluarga, mengubah pola nafkah masyarakat, dan menciptakan kesempatan kerja, mengurangi pengangguran,

serta menyediakan sarana dan prasarana bagi masyarakat dan pemerintah. Selain itu, pabrik juga menggali, mengatur, dan menggunakan sumber daya alam secara efisien, meningkatkan perekonomian pemerintah baik lokal maupun regional, dan mendorong pengembangan daerah dengan pemerataan pembangunan di daerah tertentu. Pendirian pabrik juga berkontribusi dalam meningkatkan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dan Pendapatan Asli Daerah (PAD), serta mengurangi kebutuhan impor dengan produksi lokal.

B. Aspek Lingkungan

Pendirian pabrik dan industri dapat menyebabkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satunya adalah berkurangnya lahan hutan karena lahan yang sebelumnya dilindungi berubah menjadi kawasan industri atau pabrik. Selain itu, pabrik juga menyebabkan pencemaran lingkungan seperti polusi udara akibat asap pabrik yang mengandung gas beracun dan berpotensi menyebabkan berbagai penyakit pernapasan dan jantung pada manusia. Pencemaran air juga terjadi karena pembuangan limbah industri yang tidak terkontrol, mengkontaminasi saluran air dan membahayakan kehidupan lingkungan di sekitarnya. Selain itu, limbah pabrik dapat merusak kesuburan tanah, menyebabkan kontaminasi pada makanan yang dikonsumsi, dan mengganggu produktivitas tanaman, serta berpotensi menyebabkan kanker pada manusia yang terpapar. Semua dampak ini harus menjadi perhatian serius bagi pabrik dan industri untuk mengadopsi praktik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

VII. KESIMPULAN

Hasil analisis pra-desain dan tinjauan terhadap pabrik lainnya menyimpulkan bahwa Pabrik Surfaktan SLS dari Lindi Hitam akan menggunakan sistem semibatch dengan jangka waktu operasional selama 330 hari kerja setiap tahun, dan kapasitas produksi sebesar 2.500 ton per tahun. Dari segi ekonomi, pabrik ini menunjukkan Internal Rate of Return (IRR) sebesar 25,20%, Pay Out Time (POT) 7 tahun, dan Break Even Point (BEP) sebesar 40%. IRR yang diperoleh menandakan keunggulan investasi jangka panjang yang memiliki nilai lebih besar daripada bunga deposito bank. Selain itu, analisis *Net Present Value* (NPV) perusahaan selama periode 25 tahun juga menunjukkan nilai positif. Dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik surfaktan sodium lignosulfonate dari bahan baku lignin adalah layak untuk dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. , B. L. L. & S. A. K. Gargulak, "Ammoxidized Lignosulfonate Cement Dispersant," US 6,238,475 B1, May 29, 1999
- [2] F. Flider, "Commercial considerations and markets for naturally derived biodegradable surfactants," *Inform*, vol. 12, no. 12, pp. 1161–1164, 2001.
- [3] S. Ismiyati, "Pembuatan natrium lignosulfonat berbahan dasar lignin isolat tandan Kosong Kelapa sawit: Identifikasi dan uji kinerjanya sebagai bahan pendispersi," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 19, no. 1, pp. 25–29, 2008.
- [4] M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant Design Economics For Chemical Engineers*, 5th ed., vol. 4. New York: McGraw-Hill, 1991.