

Pra Desain Pabrik Natrium Lignosulfonat (NLS) dari Lindi Hitam Dengan Metode *Precipitation Acid H₂SO₄*

Muhammad Adafa Kenyo, Amri Maulana, Gede Wibawa, dan Rizky Tetrisyanda
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: gwibawa@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Limbah dari pabrik kelapa sawit terdiri atas tiga macam, yaitu limbah cair, padat, dan gas. Salah satu limbah padat yang dihasilkan dari industri kelapa sawit adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). TKKS yang dihasilkan dari jumlah panen tandan buah sawit sebesar 22-23%. Salah satu yang menjadi penyusun tandan kosong kelapa sawit adalah lignoselulosa. Lignoselulosa merupakan komponen polisakarida yang jumlahnya melimpah terutama sebagai limbah pertanian, perkebunan, dan kehutanan. Lignoselulosa tersusun dari tiga polimer, yaitu selulosa (35-50%), hemiselulosa (20-35%), dan lignin (10-25%). Kandungan selulosa ini dapat diolah lebih lanjut menjadi *Microcrystalline Cellulose*. *Microcrystalline Cellulose* banyak dimanfaatkan pada industri farmasi, kosmetik, dan makanan. Pra desain Pabrik Surfaktan NLS dari Lindi Hitam dengan Metode Presipitasi Asam ini direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2027 dengan kapasitas produksi sebesar 5000 ton/tahun. Lokasi pendirian pabrik direncanakan di Kabupaten Pelalawan, Riau. Pada proses pembuatan pabrik ini, terdapat tiga tahap, yaitu tahap isolasi lignin dengan H₂SO₄, tahap reaksi dengan sulfonasi, dan tahap pengeringan. Pra Desain Pabrik Natrium Lignosulfonat dari Lindi Hitam dengan Metode Presipitasi Asam ini dirancang sebagai perusahaan berbadan hukum Perseroan terbatas (PT) dengan sistem organisasi garis dan staff. Untuk dapat mendirikan pabrik dengan kapasitas produksi 5000 ton/tahun, maka diperlukan modal investasi sebesar \$54.971.315,86 dan total biaya produksi sebesar \$17.420.614,77. Dengan estimasi penjualan sebesar \$27.500.000,00. Estimasi umur pabrik adalah 25 tahun dengan Internal rate of Return (IRR) sebesar 10.6%, Waktu pengembalian (POT) selama 9 tahun, dan Break Event Point (BEP) sebesar 40.5%.

Kata Kunci—Lindi Hitam, NLS, TKKS.

I. PENDAHULUAN

BLACK liquor (lindi hitam), produk sampingan dari pabrik pulp, merupakan bahan bakar cair dalam industri pulp dan kertas. Black liquor terdiri dari sisa bahan dari proses pemasakan pulp. Lignin dan zat organik lainnya, yang membentuk setengah dari pulp, meninggalkan digester sebagai lindi hitam. Black liquor merupakan campuran dari beberapa unsur dasar yang proporsi terbesarnya adalah karbon C, oksigen O, sodium Na dan sulfur S. Black liquor mencemari lingkungan apabila dibuang langsung ke alam, sehingga tergolong limbah B3. Oleh karena itu, harus diproses ulang untuk memulihkan ligninnya [1]. Berbagai produk yang sangat ekonomis dapat dihasilkan dari kandungan lignin lindi hitam tersebut. Misalnya menggunakan lignin sebagai surfaktan yang berfungsi sebagai bahan kimia semprot dalam industri eksplorasi minyak atau *booster oil recovery* (EOR) untuk meningkatkan daya dorong reservoir terhadap batuan.

Tabel 1.

Data kenaikan produksi, impor, dan ekspor surfaktan NLS di Indonesia

Tahun	Produksi (%)	Impor (%)	Ekspor (%)
Tahun-1	0	0	0
Tahun-2	-38,05	-10,5	12,46
Tahun-3	85,52	18,82	3,42
Tahun-4	24,93	-6,91	9,09
Tahun-5	22,97	1,60	5,04

Tabel 2.

Proyeksi supply-demand surfaktan NLS di Indonesia pada tahun 2027

Produksi (Ton)	Konsumsi (Ton)	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
14.278,9	14.065,89	166.604,38	25.429,87

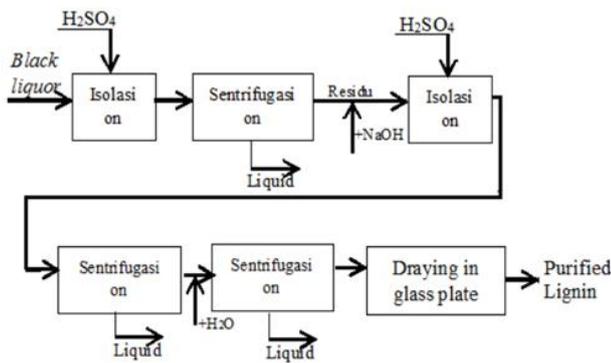
Tabel 3.

Spesifikasi black liquor dry basis

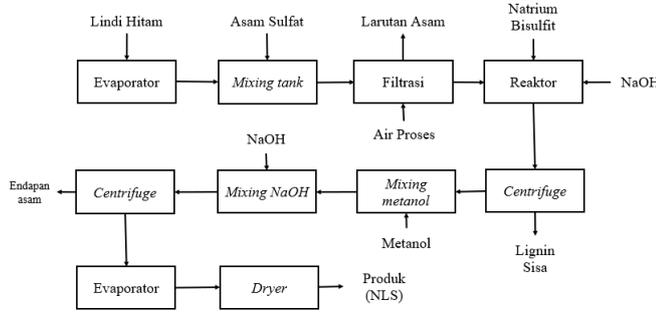
Komposisi	Persentase (%)	Komposisi	Persentase (%)
Lignin	37,5	NaHS	3,6
Asam Sakarin	22,6	Na ₂ CO ₃ dan K ₂ CO ₃	9,2
Asam Alifatik	14,4	Na ₂ SO ₄	4,8
Lemak dan Resin	0,5	Na ₂ S ₂ O dan Na ₂ S	0,5
Polisakarida	3,0	NaCl	0,5
NaOH	2,4	Lain-lain (Ca, dll)	2,0

Surfaktan adalah senyawa organik dengan gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik. Surfaktan terdiri dari kepala dan ekor. Kepala bersifat hidrofilik (suka air) dan karenanya sangat polar, sedangkan ekor bersifat hidrofobik, artinya bagian non-polar. Kepala bisa anionik, kationik, nonionik dan amfoter sedangkan ekornya bisa berupa hidrokarbon linier atau bercabang. Konfigurasi head-to-tail membuat surfaktan serbaguna di banyak industri. Surfaktan banyak digunakan sebagai aditif penting dalam industri sabun dan deterjen, industri tekstil, industri karet dan plastik, industri kosmetik, industri makanan, perekat eternit, dispersan dalam industri bahan bangunan dan lain-lain [2]. Karena banyaknya permintaan dan penggunaan surfaktan di berbagai industri, surfaktan memiliki nilai.

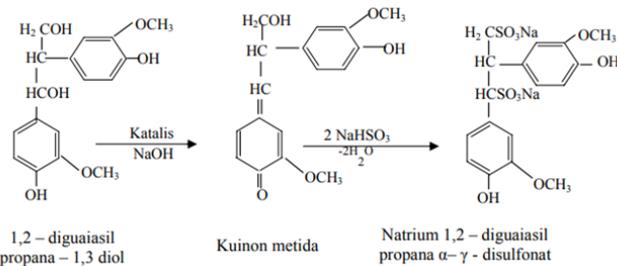
Pada tahun 2027, jumlah impor surfaktan NLS diperkirakan mencapai 166.604,38 ton yang dapat menjadi peluang pasar bagi industri surfaktan NLS di Indonesia. Data ekspor impor NLS surfaktan tertera pada Tabel 1. Perkiraan permintaan NLS surfaktan di Indonesia Tahun 2027 ditunjukkan pada Tabel 2. Penentuan kapasitas pabrik surfaktan NLS yang akan dibangun akan ditentukan oleh beberapa aspek selain supply dan demand. Aspek pertama adalah ketersediaan bahan baku sesuai hasil, dengan rata-rata produksi limbah pabrik kertas per tahun adalah 460.000 ton/tahun, yang dapat menghasilkan 781.877,2 ton/tahun. Aspek lainnya adalah rata-rata produksi di perusahaan sejenis, karena kapasitas teknologi yang digunakan terbatas. Dengan pertimbangan tersebut maka kapasitas pabrik



Gambar 1. Diagram blok proses isolasi lignin dengan metode presipitasi asam



Gambar 2. Diagram blok proses pembuatan surfaktan NLS



Gambar 3. Reaksi Lignin Menjadi Surfaktan Natrium Lignosulfonat dengan Katalis NaOH.

surfaktan NLS ditetapkan sebesar 5.000 ton/tahun, beroperasi 330 hari kerja per tahun dan memproduksi 57.415,35 ton lindi hitam sebagai bahan baku/tahun. Data spesifikasi bahan baku ditunjukkan pada Tabel 3.

Pemilihan lokasi bisa berdampak besar dalam pembangunan industri. Beberapa pemikiran harus terdiri dari beberapa parameter. Penentuan lokasi pabrik akan menentukan keuntungan bagi perusahaan. Pemilihan ditinjau dari beberapa kondisi seperti ketersediaan bahan baku, ketersediaan Pasar, pasokan energi, iklim, transportasi, ketersediaan utilitas, ketersediaan pekerjaan dan lain-lain. Berdasarkan kondisi tersebut, disimpulkan bahwa lokasi Kabupaten Pelalawan merupakan lokasi yang paling strategis untuk pembangunan pabrik surfaktan NLS Lindi Hitam.

II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

A. Ketersediaan dan Kualitas Bahan Baku dan Produk

Pabrik ini menggunakan lindi hitam yang mengandung lignin, limbah dari pabrik kertas, sebagai bahan bakunya. Ketersediaan bahan baku tergantung pada potensi total lindi hitam di Indonesia. Total produksi kertas di Indonesia diperkirakan meningkat sebesar 1,85% sejak 2011. Pada tahun 2003, total produksi kertas di Indonesia mencapai 10.297.560,98 ton, dan diperkirakan mencapai 10.474.027,01

Tabel 4. Spesifikasi standar surfaktan NLS

Karakteristik	Spesifikasi
Fase	Padatan (Powder)
Warna	Kuning-Coklat
Berat Molekul, kg/kmol	534
Densitas, kg/m ³	368,42
Kemurnian, % _{min}	80
pH : 20% larutan	7,5
Gula Pereduksi, % _{min}	7
Kandungan Air, % _{min}	7
Kelarutan dalam Air	Larut

Tabel 5. Supply- Demand NLS

Tahun	Import (2015-2019) (Ton/tahun)	Produksi (2011-2015) (Ton/tahun)	Ekspor (2002-2006) (Ton/tahun)
Ke -1	16.355	12.972	27.359
Ke -2	10.131	11.610	30.767
Ke -3	18.795	13.795	31.820
Ke -4	23.483	12.842	34.712
Ke -5	26.293	13.048	36.463

Tabel 6. Spesifikasi black liquor dry basis

Parameter	Presipitasi Asam	Ultrafiltration	Lignoforce™
Temperature	60-80 °C	25 °C	70-75 °C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
pH	pH 2-4	pH 10-14	pH 9,5-10
Kehandalan	Handal	Sulit	Sulit
Purity	90%	67-80%	97-99%
Yield	90%	67-80%	62%
Harga alat	Murah	Mahal	Sedang
TRS Emission	6,6%	0%	1,9-2,5 %

ton pada tahun 2020 dengan kenaikan rata-rata 1%. Pulau Jawa menyumbang sebanyak 44,8% dari total produksi kertas.

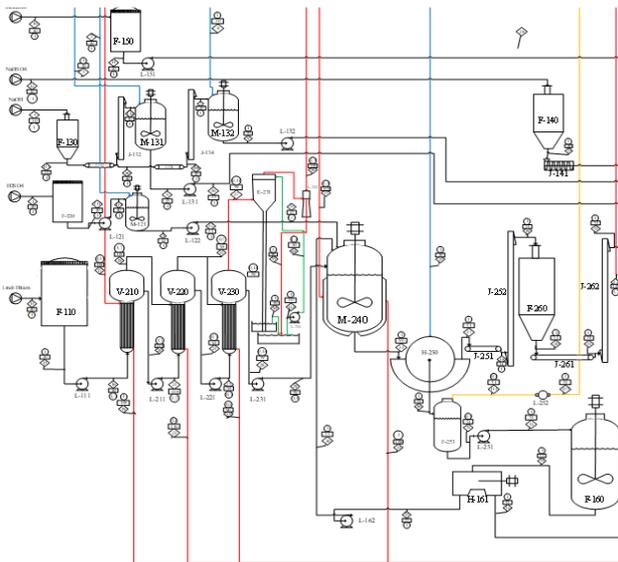
Produksi kertas menghasilkan sekitar 1,7-1,8 ton lindi hitam per ton kertas (pulp). Dengan produksi tahun 2020, jumlah lindi hitam yang terhasil adalah sekitar 19.999.990 ton, dengan Pulau Jawa menyumbang sekitar 7.977.018,97 ton lindi hitam. Data ketersediaan lindi hitam menunjukkan potensi pemanfaatan yang tinggi dan berprospek baik di masa mendatang [3].

Selain lindi hitam sebagai bahan baku utama, diperlukan juga beberapa bahan baku penunjang lainnya, diantaranya adalah NaOH sebagai senyawa dengan pH yang tinggi (14) sehingga dapat menetralkan asam kuat yang mana digunakan untuk menciptakan suasana basa pada reaksi sulfonasi. Selain itu, dibutuhkan juga asam sulfat untuk menurunkan pH larutan lindi hitam sehingga tercipta suatu lignin yang terpresipitasi. Pada proses sulfonasi dibutuhkan natrium bisulfit yang bertujuan untuk menambahkan gugus sulfat ke dalam senyawa lignin sehingga terciptanya surfaktan. Selain itu, digunakan juga methanol dalam mengikat natrium bisulfit berlebih sehingga dapat hilang dari produk.

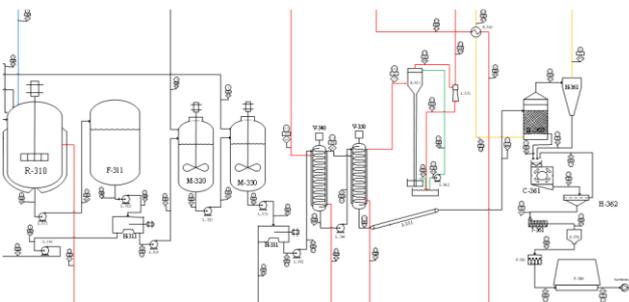
Berdasarkan Tabel 4, produk Surfaktan Natrium Lignosulfonat (NLS) yang dihasilkan memiliki kemurnian 80% dengan kandungan air kurang dari 7%, gula pereduksi kurang dari 7% dan pH dalam rentang 6-8.

B. Penentuan Kapasitas

Perhitungan kapasitas pabrik surfaktan natrium lignosulfonat (NLS) mempertimbangkan data produksi, impor, ekspor, dan konsumsi. Data impor, produksi, dan ekspor didapatkan berdasarkan data Badan Pusat Statistik



Gambar 4. Diagram presipitasi asam dengan H₂SO₄.



Gambar 5. Diagram reaktor sulfonasi dengan pemurnian surfaktan NLS.

(BPS), sedangkan data konsumsi diperoleh penggunaan surfaktan NLS diberbagai industri salah satunya adalah sebagai bahan dispersi oli dan bahan penambah untuk industri tekstil. Berikut adalah data terkait import, produksi, dan ekspor Natrium Lignosulfonat pada Tabel 5.

Data tersebut kemudian diolah untuk mengetahui laju produksi, konsumsi, ekspor, dan impor dalam melakukan estimasi kebutuhan NLS pada tahun 2027. Berdasarkan perhitungan diperoleh kapasitas pabrik sebesar 5.000 ton/tahun.

C. Lokasi dan Ketersediaan Utilitas

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting yang perlu diperhatikan dalam perancangan sebuah pabrik. Lokasi dapat menentukan resiko serta keuntungan dari sebuah perusahaan. Karena lokasi pabrik akan mempengaruhi distribusi bahan baku maupun hasil produksi dari pabrik sehingga segalanya mesti diperhatikan. Berikut merupakan pertimbangan-pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik, antara lain :

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 Pelalawan dan Provinsi Jawa Timur, Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 7. Neraca Massa

Komponen	Massa Masuk (Kg/hari)	Massa Keluar (Kg/hari)
Lindi Hitam	173.743,66	-
H ₂ SO ₄	4.433,01	-
NaOH	2.532,84	-
Natrium Bisulfit	11.075,65	-
Metanol	1.763,65	-
Air	657.264,56	-
Produk	-	15.151,52
Air Limbah	-	805.561,85

Tabel 8. Neraca Panas

Komponen	Panas Masuk (Kg/hari)	Komponen	Panas Keluar (Kg/hari)
Metanol	68.344,47	Produk NLS	341.110,10
NaHSO ₄	155.021,87	WWTP	11.472.242,00
NaOH	37.704,21	Steam	213.747.338,00
		Condensate	
H ₂ SO ₄	51.248,13	Air	318.704.432,00
		Pendingin	
Lindi Hitam	3.415.877,13	Udara	335.753,30
Air Proses	7.964.632,23	-	-
Low Pressure	415.948.680,00	-	-
Steam			
High Pressure	31.962.127,20	-	-
Steam			
Air Pendingin	30.276.320,00	-	-
Udara	85.257,20	-	-
ΔH_{r}	54.635.662,20	-	-
TOTAL	544.600.875,00	TOTAL	544.600.875

Berdasarkan dua opsi tersebut, dilakukan pembobotan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* pada software “Expert Choice” dan dipilihlah Provinsi Riau, Kabupaten Pelalawan sebagai berdirinya lokasi pabrik.

III. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

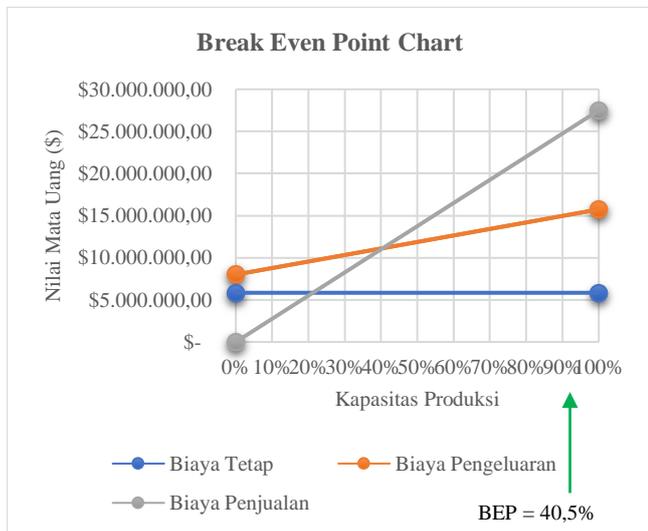
Permasalahan utama dalam proses pembuatan surfaktan NLS dari *black liqour* adalah memisahkan lignin murni dari *mother liqour*. Perlu dilakukan pengendapan dan pencucian berkali-kali terhadap *black liqour* untuk mendapatkan lignin. Lignin murni yang dipatkan kemudian direaksikan dengan natrium bikarbonat yang akan membentuk surfaktan NLS.

Pemilihan proses ditentukan dari efektifitas proses dalam mengendapkan lignin dari *black liqour* sehingga didapatkan produk surfaktan NLS sesuai Tabel 4 [4]. Dari Tabel 6. Metode presipitasi asam dengan asam sulfat dipilih dikarenakan bahan baku pendukung yang relatif murah dan mendapatkan yield lignin yang cukup tinggi hingga 90% [5].

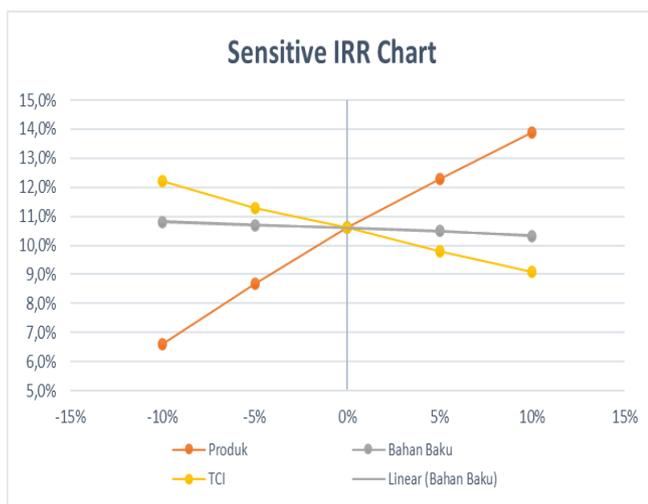
A. Pengendapan dengan Presipitasi Asam

Lignin tidak larut dalam suasana asam, sehingga larutan asam dapat digunakan sebagai pelarut dalam isolasi lignin untuk mencegah lignin terakumulasi dalam lindi hitam. Cara terbaik untuk mengisolasi lignin dari lindi hitam adalah dengan menggunakan asam sulfat (H₂SO₄). Menggunakan H₂SO₄ sebagai asam kuat lebih baik daripada menggunakan HCL karena lignin mengandung kation Na⁺ dalam proses akhir dan oleh karena itu membutuhkan isolasi yang lebih sedikit daripada HCl. Penggunaan *sulfuric acid* juga bersifat lebih ekonomis dibandingkan dengan penggunaan HCl, penggunaan H₂SO₄ juga akan mendegradasi substansi organik non-lignin [6].

Berikut urutan proses pada metode Presipitasi asam dapat dilihat pada Gambar 1. Pertama-tama *black liqour* diisolasi



Gambar 6. Grafik Break Event Point.



Gambar 7. Grafik Sensitivitas IRR.

menggunakan H₂SO₄ hingga pHnya menjadi 2 dan larutan berwarna coklat. Kemudian hasil endapan dipisahkan dengan liquid menggunakan metode sentrifugasi sehingga menghasilkan endapan crude lignin. Guna meningkatkan kemurnian endapan lignin, dilakukan pelarutan dengan pelarut NaOH sehingga pH mencapai 10,5 - 11,5. Larutan hasil pemurnian difiltrasi kembali menggunakan sentrifugasi, selanjutnya dilakukan isolasi kembali dengan H₂SO₄. Kemudian, dilakukan sentrifugasi kembali untuk memisahkan liquid yang tidak diperlukan. Setelah mendapatkan endapan, dilakukan netralisasi endapan menggunakan distilled water sehingga pH konstan pada angka netral. Setelah itu, kembali dilakukan sentrifugasi untuk memisahkan air pencuci dengan endapan lignin murni, kemudian dilakukan pengeringan terhadap endapan lignin untuk mengurangi kadar air. Hasil produk akhir proses isolasi adalah padatan berbentuk bubuk berwarna coklat.

B. Reaktor Sulfonasi

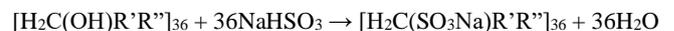
Sulfonasi lignin adalah sebuah reaksi pembuatan Natrium Lignosulfonat (NLS) dengan cara menambahkan gugus sulfat seperti asam sulfat, oleum, natrium bisulfit (NaHSO₃) maupun natrium thiosulfat ke dalam senyawa lignin. Tujuan dari reaksi ini yaitu mengubah sifat hidrofilitas lignin yang kurang polar (tidak larut air) menjadi NLS yang lebih polar. Sifat NLS yang lebih polar akan berperan sebagai surface

active agent (surfaktan). Dalam meningkatkan kemurnian NLS dilakukan penambahan katalis berupa NaOH sekaligus pengatur pH sehingga tidak perlu menggunakan bahan NaHSO₃ yang berlebihan. Reaksi sulfonasi lignin menjadi NLS menggunakan katalis NaOH seperti pada Gambar 3, dimana gugus lignin akan berbentuk Kuinon metida kemudian menjadi NLS. Penambahan katalis NaOH bertujuan untuk menjaga kondisi pH menjadi basa, walaupun NaHSO₃ juga akan menaikkan pH namun harus dalam jumlah banyak sehingga akan terdapat NaHSO₃ berlebihan. NaHSO₃ berlebihan yang tidak beraksi harus diendapkan dan dihilangkan menggunakan methanol, sehingga penggunaan NaOH dapat mengurangi penggunaan NaHSO₃.

C. Uraian Proses

Uraian proses dapat dilihat pada Gambar 2. Tahap pertama, adalah isolasi lignin, pertama-tama bahan baku berupa *black liquor* masuk melalui *storage* ke dalam evaporator, fungsi dilakukan evaporasi adalah untuk mengurangi kadar air pada *black liquor* sehingga dapat mengurangi daya tampung pada tangki proses, selain itu kandungan air dalam lindi hitam juga cukup banyak yaitu 95 %. Setelah melalui evaporator, selanjutnya dilakukan pencampuran pada *mixing tank* untuk dihasilkan endapan isolat lignin, sehingga lignin mudah dipisahkan dengan proses separasi. Kemudian, dilakukan filtrasi dengan rotary drum vacuum filter. Digunakan *rotary drum vacuum filter* dikarenakan memiliki efisiensi yang tinggi dalam menghilangkan kandungan air secara continuous sebesar 80%. Pada proses filtrasi akan dihasilkan dua *output* yaitu larutan asam yang akan di-*recycle* dan lignin *cake* yang akan dimasukkan ke dalam reaktor. Selanjutnya isolat lignin dimasukkan ke dalam tangki reaktor sulfonasi dengan penyimpanan terlebih dahulu. Diagram *flowsheet* dapat dilihat pada Gambar 4.

Tahap kedua, yaitu proses pembuatan NLS pada reaktor dilakukan reaksi antara natrium bisulfit dan isolat lignin dengan bantuan katalis NaOH untuk menghasilkan produk NLS, hal ini disebabkan karena reaksi akan berjalan maksimal pada kondisi basa. Berikut adalah reaksi dari proses sulfonasi [1]:



Setelah proses batch pada reaktor selesai dilakukan selanjutnya hasil masakan disimpan didalam tangki *intermediate*. Hasil *filtrat* dari proses *centrifuge* akan masuk ke tahap selanjutnya dan residue akan di *recycle* untuk dikumpulkan terlebih dahulu di dalam. Setelah itu, *filtrat* yang mengandung NLS akan di campur terlebih dahulu dengan metanol, hal ini bertujuan untuk mengikat natrium bisulfit sisa yang belum bereaksi, kemudian dilanjutkan dengan pencampuran dengan NaOH untuk menghilangkan kandungan H₂SO₄. Kemudian dari hasil campuran akan diperoleh suatu endapan yang akan dipisah pada tahap selanjutnya dengan *centrifuge*. Pada tahap ini endapan yang terbentuk pada proses pencampuran NaOH dan metanol akan dibuang sebagai residue dan diperoleh *filtrat* NLS yang lebih murni. Diagram reaktor sulfonasi tertera pada Gambar 5.

Tahap ketiga, yaitu pengeringan. Pengeringan dilakukan menggunakan *dryer* agar dihasilkan NLS yang berbentuk bubuk. Pada *spray dryer* dibutuhkan feed dengan kondisi tekanan 15-17 bar, dengan suhu masuk sekitar 90°C. Pada

spray dryer, feed dikontakkan secara langsung dengan udara kering bersuhu 350 °C dengan humidity yang kecil. Kemudian, dihasilkan produk NLS bubuk yang mana akan dilakukan *screener* terlebih dahulu agar ukuran partikel sesuai dengan spesifikasi produk 350 mikron, bubuk NLS yang tidak sesuai spesifikasi akan dimasukkan ke dalam *ball mill* untuk di *grinding* dan bubuk yang sudah sesuai spek akan dimasukkan ke dalam storage melalui *screw conveyor*. Selanjutnya hasil bubuk dari *ball mill* akan dimasukkan ke dalam *screener* kembali dan apabila sesuai spesifikasi maka akan masuk ke dalam *storage*. Selanjutnya dilakukan pengemasan NLS dan penyimpanan pada *storage house*.

IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

A. Neraca Massa

Bahan baku yang digunakan pada pabrik *surfaktan* NLS ini adalah *black liquor* sebanyak 737.350,85 kg/hari membutuhkan bahan pendukung seperti bahan peraksi maupun bahan pemurni. Kebutuhan bahan peraksi NaHSO₄ sebanyak 11.015,4 kg/hari. Sedangkan kebutuhan NaOH sebanyak 4.384,52 kg/hari, H₂SO₄ sebanyak 983,49 kg/hari, dan metanol sebanyak 1.737,4 kg/hari. Dari bahan baku dan bahan pendukung dapat menghasilkan produk *surfaktan* sebanyak 15.151,52 kg/hari dengan kemurniaan hingga 89%. Detail untuk neraca massa keluar dan masuk dapat dilihat pada Tabel 7.

B. Neraca Energi

Pabrik *surfaktan* ini membutuhkan *steam* sebagai pemanas, air pendingin dan listrik. Diperlukan *steam* sebanyak 292.792 kg.hari. Air pendingin digunakan dalam mesin sebagai pendingin dalam sehari membutuhkan air pendingin sebanyak 4.222.995 kg. Listrik berfungsi untuk mengoperasikan unit pompa dan beberapa alat lainnya dengan daya yang dibutuhkan 5918,3 kWh/hari. Detail panas masuk dan keluar dapat dilihat pada Tabel 8

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 :

1. Modal investasi dari modal sendiri 20% dan modal pinjaman bank 80%
2. Bunga bank peminjaman yang digunakan sebesar 7,95%.
3. Laju inflasi yang diasumsikan terjadi di Indonesia adalah 5,42%.
4. Pengembalian modal pinjaman dalam 10 tahun
5. Lama konstruksi selama 3 tahun, dengan tahapan produksi tahun pertama 40% dan meningkat tiap tahunnya sebesar 20%.
6. Umur pabrik selama 25 tahun.

B. CAPEX dan OPEX

Capital Expenditures (CAPEX) adalah faktor biaya yang perlu digunakan oleh perusahaan pembangunan awal pabrik dan *Operating Expenses* (OPEX) adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mengarahkan operasi perusahaan dari waktu ke waktu spesifik [7]. Dalam perhitungan ini, CAPEX memiliki nilai yang sama dengan investasi tetap (FCI) dengan menghitung aset yang paling penting perusahaan. Aset terpenting dari *surfaktan* NLS ini berasal dari teknologi yang digunakan sebesar Rp. 70.565.029.028.496.

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* NLS ini adalah Rp. 271.935.796.559,7.

C. Faktor Kelayakan Pendirian Pabrik

Kelayakan pendirian pabrik *surfaktan* NLS 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).

NPV adalah analisis yang membandingkan nilai investasi sekarang dengan nilai investasi yang dia buat di masa depan. Biaya modal rata-rata tertimbang (WACC) digunakan menentukan nilai proyeksi arus kas sekarang. Berdasarkan perhitungan, nilai modal ditentukan Rp. 81.296.533.798,54 dengan WACC 10,47%. NPV positif menunjukkan bahwa aset tersebut dapat digunakan untuk didirikan dalam arti pabrik layak didirikan yang ditinjau dari NPV.

IRR berdasarkan arus kas yang didiskontokan yang berarti hitungan tingkat bunga dengan membandingkan waktu saat ini dengan nilai sekarang dari hasil kas bersih yang akan datang. Ditentukan dalam perhitungan yang dibuat Nilai *i* (*discount factor*) adalah 10,6%, yang merupakan angka di atas suku bunga deposito bank sebesar 2,01%/Tahun. Hal ini menunjukkan kelayakan investasi yang lebih menguntungkan dibandingkan dengan penanaman modal pada bank.

Selain itu IRR akan berubah terhadap sesuatu, yang disebut sensitivitas IRR. Sensitivitas IRR digunakan untuk menganalisis perubahan-perubahan yang terjadi, misalnya harga bahan baku, harga produk, dll. Berdasarkan grafik Gambar 7, dapat disimpulkan harga produk dan modal usaha berpengaruh secara signifikan terhadap kenaikan dan penurunan IRR. Namun untuk harga bahan baku relatif tidak berubah atau dapat disimpulkan bahwa harga bahan tidak terlalu berpengaruh terhadap IRR.

Pay Out Time adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal suatu pabrik. Dalam hal ini adalah arus kas masuk terakumulasi telah melebihi CAPEX. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan waktu pengembalian modal yang dibutuhkan dalam pendirian pabrik ini, yaitu 9 tahun. Waktu pengembalian tersebut masih kurang dari setengah umur pabrik sehingga pabrik layak untuk didirikandidirikan dalam arti pabrik layak didirikan yang ditinjau dari NPV. 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 40,5% atau jumlah produksi sebesar 2.205 ton/tahun. Grafik BEP tertera pada Gambar 6.

VI. KESIMPULAN

Dari hasil Analisa pra-desain dan tinjauan pabrik lainnya maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik *Surfaktan* NLS dari Lindi Hitam akan dibangun dengan sistem *semibatch* selama 330 hari kerja, dengan kapasitas produksi 5000 ton/tahun. Dari segi ekonomi pabrik ini memiliki IRR sebesar 10,6%, POT 9 tahun, dan BEP sebesar 40,5%. Dari IRR yang diperoleh memiliki keunggulan dalam investasi jangka panjang yang memiliki nilai lebih besar dari bunga bang deposito selain itu NPV dari perusahaan yang berumur 25 tahun bernilai positif. Maka dapat disimpulkan bahwa pabrik *surfaktan* natrium lignosulfonate dari lindi hitam layak untuk dibangun.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Ismiyati, "Pembuatan natrium lignosulfonat berbahan dasar lignin

isolat tandan kosong kelapa sawit : indentifikasi, dan uji kinerjanya sebagai bahan pendispersi," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 19, no. 1, pp. 25--29, 2000.

- [2] M. A. Hubin, "Lignin recovery from spent alkaline pulping liquors using acidification, membrane separation, and related processing steps: a review," *BioResources*, vol. 14, no. 1, pp. 2300--2351, 2019.
- [3] S. a Priyanto *et al.*, "The effect of acid concentration (h2so4) on the yield and functional group during lignin isolation of biomass waste pulp and paper industry," *Reaktor*, vol. 19, no. 4, pp. 162--167, 2019.
- [4] S. Nugroho, "Potensi Lignin pada Limbah Lindi Hitam Hasil Produksi Bioetanol dari Tandan Kosong Sawit Sebagai Aditif Flame Retardant," Departemen Kimia: UIN Syarif Hidayatullah, 2017.
- [5] B. Kavitha, P. a Jothimani, and G. Rajannan, "Empty fruit bunch-a potential organic manure for agriculture," *Int. J. Sci. Environ. Technol.*, vol. 2, no. 5, pp. 930--937, 2013.
- [6] M. S. Peters, K. D. Timmerhaus, and R. E. West, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw-Hill, 2003. ISBN: 9780070495791.
- [7] A. K. Paminto, R. S. Sitorus, R. Firmansyah, and N. S. Laili, "Kajian peningkatan efisiensi energi di industri pulp dan kertas," *J. Energi dan Manufaktur*, vol. 13, no. 1, pp. 1--7, 2020.