Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia

PRARANCANGAN PABRIK KIMIA SURFAKTAN SODIUM LIGNOSULFONAT DARI SEKAM PADI DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Linda Septiana[1], Muhammad Alfian Firmansyah[1*], Thiflatul Kamiliah[1]
Boy Arief Fachri[1], Ratri Sekaringgalih[1], Meta Fitri Rizkiana[1]

[1]Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember Jl. Kalimantan No. 37, Jember Jawa Timur, 68121
*Corresponding Author: muhammadalfianf18@gmail.com

Abstrak

Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) berbahan baku sekam padi dirancang dengan kapasitas 20.000 ton/tahun (2525,25 kg/jam) dengan waktu operasi 330 hari per tahun. Pabrik direncanakan akan didirikan di Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Pada pra-rancangan ini, Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) diproduksi melalui 5 tahapan proses, yaitu peledakan dengan steam explosion, delignifikasi, isolasi lignin, sulfonasi, dan pemurnian produk. Proses pada steam explosion menerapkan uap bertekanan tinggi untuk memanaskan dan memberi tekanan untuk meledakkan struktur biomassa melalui depresurisasi. Hasil output dari steam explosion akan masuk ke dalam reaktor delignifikasi untuk mendapatkan Na-ligninat. Kandungan lignin diisolasi dalam reaktor presipitasi untuk mendapatkan lignin murni. Lignin tersebut kemudian ditambahkan agen pensulfonasi (NaHSO3) pada reaktor sulfonasi untuk mendapatkan karaktersitik surfaktan. Keluaran dari reaktor sulfonasi kemudian ditambahkan metanol untuk mengikat kandungan impurities, sehingga dihasilkan SLS murni. SLS yang dihasilkan memiliki kemurnian sebesar 99,9%. Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 206 orang. Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa total modal yang dibutuhkan sebesar Rp 349.444.482.247,77 dengan ongkos produksi Rp 349.444.482.247,77. Keuntungan bersih yang didapatkan sebesar Rp 168.452.662.826,94 dengan lama waktu pengembalian 3,37 tahun, laju pengembalian modal sebesar 19,62%, dan titik impas (break even point) 46,12%. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) dari sekam padi dengan kapasitas 20000 ton/tahun layak untuk didirikan.

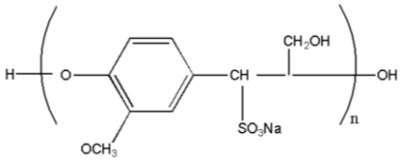
Kata kunci : *Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS), steam explosion, delignifikasi, presipitasi, sulfonasi, sekam padi, analisis ekonomi.*

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki peran penting dalam pertanian dan perkebunan. Hal tersebut dikarenakan Indonesia masuk dalam kategori negara agraris. Hasil pertanian dan perkebunan digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam maupun luar negeri. Padi merupakan salah satu hasil pertanian di Indonesia, yang mana beras menjadi makanan pokok serta sumber ekonomi bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Indonesia membutuhkan sekitar 50 juta ton/tahun besar dengan konsumsi beras per kapita tahunan mencapai 140-150 kg. Indonesia merupakan produsen beras terbesar ketiga di dunia setelah Cina dan Indonesia (Dwiningsih & Al-Kahtani, 2022). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) 2024, produksi padi Indonesia sebesar ±52 juta ton/tahun. Sekam padi yang dihasilkan dari proses penggilingan mencapai 20% dari produksi padi, sehingga dari produksi padi di tahun 2024 menghasilkan ±10,4 juta ton/tahun sekam padi. Sekam padi memiliki kandungan 35% selulosa, 25% hemiselulosa, 20% lignin, 15% abu, dan 5% komponen lain (lemak, lilin, protein kasar) (Ma'Ruf et al., 2017). Pemanfaatan limbah sekam padi di Indonesia pada umumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif rumah tangga ataupun sebagai media tanam (Soeswanto & Lintang, 2011). Upaya untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan, Indonesia harus mengusahakan penanganan dan pemanfaatan kembali limbah sekam padi.

Penggunaan selulosa dan hemiselulosa berpotensi menjadi bahan pembuatan bioetanol, bioplastik, dan pembuatan kain, sedangkan kandungan lignin pada sekam padi masih belum dimanfaatkan dengan baik. Lignin pada sekam padi dapat diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi. Salah satu produk berbahan dasar lignin yang dapat dikembangkan adalah surfaktan sodium lignosulfonat (Gianfranco et al., 2024; Haryana et al., 2023; Murni et al., 2013; Ramadhani, 2024).

Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) memiliki rumus kimia $C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_2$ yang berbentuk serbuk coklat yang dapat larut dalam air. Surfaktan (*surface active agent*) merupakan senyawa organik yang terdiri dari kepala (hidrofilik) dan ekor (hidrofobik). Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) termasuk dalam jenis surfaktan anionik yang memiliki gugus hidrofilik berupa anion sulfonat ($NaSO_3^-$) dan gugus hidrofobik berupa hidrokarbon (Syahbirin, 2009). Surfaktan sodium lignosulfonat menjadi alternatif penting dalam industri tekstil, perekat dan agen pendispersi dalam industri bahan bangunan (Gianfranco et al., 2024). Produksi garam lignosulfonat di seluruh dunia diperkirakan 975.000 ton/tahun dan sekitar 50% digunakan sebagai bahan pendispersi, sedangkan Indonesia masih mengimpor garam lignosulfonat dari Finlandia dan negara-negara Skandinavia. Pasar surfaktan SLS akan terus berkembang dan pada tahun 2029 diperkirakan akan mencapai US$1.103,08 juta (Haryana et al., 2023). Mempertimbangkan dari kebutuhan serta ketersediaan bahan baku yang cukup tinggi, perancangan pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) dari sekam padi menjadi salah satu potensi yang dapat dikembangkan di Indonesia.



Gambar 1 Struktur surfaktan sodium lignosulfonat

Pemilihan kapasitas merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan pabrik. Pra rancangan pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) dengan bahan baku lignin direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2030 dengan mengacu pada kebutuhan nasional terhadap konsumsi Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS). Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) banyak digunakan dalam berbagai industri sebagai bahan pendispersi (pasta gipsum dan pasta semen), bahan perekat dalam industri keramik, bahan pengemulsi, dan pelarut warna dalam industri tekstil (Murni et al., 2013). Indonesia masih belum terdapat industri pembuatan surfaktan sodium lignosulfonat. Indonesia masih mengimpor bahan tersebut dari negara lain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Berdasarkan data ekspor impor (EXIM), impor surfaktan sodium lignosulfonat di Indonesia pada tahun 2020 hingga 2024 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data impor surfaktan sodium lignosulfonat di Indonesia

Tahun	Impor (kg/tahun)	% *Growth*
2020	92.232	-
2021	26.522	-71%
2022	249.075	839%
2023	503.876	102%
2024	219.346	-56%
Total	1.091.051	814%
Average	218.210	203%

(EXIM, 2024)

$$m = P(1 + i)^n$$

$$m = 219.346\ (1 + 2.03)^6$$

$$m = 171.184.339\ \text{kg/tahun}$$

$$m = 171.184\ \text{ton/tahun}$$

Berdasarkan rata-rata kenaikan impor sebesar 203% per tahun dan diketahui perkiraan nilai impor pada tahun 2030 yaitu sebesar 171.184 ton/tahun, maka kapasitas pabrik dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

di mana:
m_1 = nilai impor
m_2 = kapasitas pabrik lama
m_3 = kapasitas pabrik baru
m_4 = jumlah ekspor
m_5 = konsumsi dalam negeri
dengan persamaan di atas, dapat dihitung peluang kapasitas pabrik baru.

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$
$$m_3 = (0{,}6\ m_3 + 171.184) - (0 + 0)$$
$$m_3 = 285.307\ \text{ton/tahun}$$

Produksi sekam padi di Lamongan pada tahun 2019 adalah sebesar 222.507,2 ton (Badan Pusat Statistik, 2024a). Kandungan lignin yang terdapat pada

sekam padi sebesar 20% (Ma'Ruf *et al*., 2017), yaitu 44.501,44 ton. *Yield* lignin pada proses *steam explosion* adalah 70% (Nabila & Rizky, 2022), yaitu 31.151,008 ton. Jumlah lignin yang dapat dilarutkan pada proses delignifikasi sebesar 90,86%, yaitu 28.303,806 ton. Konversi lignin menjadi sodium lignosulfonat sebesar 72,2%, sehingga jumlah lignin yang tersulfonasi sebesar 20.435,348 ton (Ramadhani, 2024). Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 1, pabrik Lignosulfonat yang sudah berdiri umumnya memiliki kapasitas 20.000 – 60.000 ton/tahun. Oleh karena itu, kapasitas pabrik surfaktan sodium lignosulfonat dari sekam padi ditetapkan 20.000 ton/tahun karena sekam padi yang tersedia cukup untuk memproduksi Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) dengan kapasitas tersebut.

2. Uraian Proses

2.1 Proses *Pre-Treatment*

Sekam padi diambil dari gudang penyimpanan (F-110) yang akan dialirkan ke *ball mill* (C-112) menggunakan *belt conveyor* (J-111). Pada *ball mill* (C-112) sekam padi akan dikecilkan ukurannya 0,01 – 0,1 mm dan setelah itu dikirim ke tangki *steam explosion* (X-120) dengan menggunakan *belt conveyor* (J-113). Di tangki *steam explosion* (X-120), *steam* diinjeksikan sampai tekanan menjadi 13 atm dengan suhu 191°C selama 15 menit yang setelah itu akan diturunkan menjadi 1 atm secara cepat yang mengakibatkan ledakan. Ledakan ini akan menghasilkan *slurry* dan lignoselulosa (United States Patent & Geigele et al, 2023). *Slurry* yang meledak yang setelah itu dialirkan menuju *centrifuge* (H-121). Alat *centrifuge* berfungsi untuk memisahkan antara senyawa selulosa dan hemiselulosa, sehingga dihasilkan fraksi padat yang terdiri dari selulosa dan lignin serta fraksi cair berupa hemiselulosa yang terlarut dalam air. Hemiselulosa akan mengalir keluar menuju unit pengolahan limbah. Selanjutnya selulosa dan lignin akan dialirkan menuju reaktor delignifikasi (R-230) dengan menggunakan *screw conveyor* (J-122) untuk proses isolasi senyawa lignin.

2.2 Proses Isolasi Lignin

Pada reaktor delignifikasi (R-230), selulosa dan lignin akan dicampur dengan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 17,5% w/v yang sudah dilarutkan dengan air pada tangki pengenceran (M-220) yang setelah itu dialirkan ke reaktor delignifikasi (R-230) dengan menggunakan pompa (L-221). Reaktor delignifikasi (R-230) berfungsi untuk mereaksikan lignin dengan NaOH pada 105°C selama 2 jam. Larutan NaOH digunakan untuk mengekstraksi lignin karena lignin dapat larut dalam suasana basa, sehingga mudah dipisahkan dari selulosa (Al Hafiizh et al., 2022; Baruah et al., 2018). Pada reaktor delignifikasi (R-230) akan terjadi reaksi sebagai berikut:

$$(C_{10}H_{12}O_3)_{n\,(s)} + n\ NaOH_{\,(l)} \rightarrow (C_{10}H_{11}O_3Na)_n + n\ H_2O_{\,(l)}$$

lignin + natrium hidroksida → Na-ligninat + air

Hasil dari reaktor delignifikasi (R-230) akan dialirkan menuju *cooler* (E-232) dengan menggunakan pompa (L-231). Pada *cooler* (E-232) suhu akan didinginkan menjadi 80°C dan akan dialirkan menuju *belt filter press* (H-233). *Belt filter press* akan memisahkan filtrat Na-ligninat dari *impurities* berupa selulosa dan lignin yang tidak bereaksi. Filtrat akan dialirkan menuju reaktor presipitasi (R-330) menggunakan pompa (L-234). Pada reaktor presipitasi (R-330), filtrat Na-ligninat ditambahkan H_2SO_4 70% w/v dan diubah menjadi lignin dengan produk samping yaitu Na_2SO_3 (Prayuga & Aziz, 2023; United States Patent & Geigele et al, 2023) Pada reaktor presipitasi akan terjadi reaksi sebagai berikut:

$$C_{10}H_{11}O_3Na_{(l)} + \tfrac{1}{2}H_2SO_{4(l)} \rightarrow C_{10}H_{11}O_{3(s)} + \tfrac{1}{2}Na_2SO_{3(l)} + \tfrac{1}{2}H_2O_{(l)}$$

Na-ligninat + asam sulfat → lignin + natrium sulfit + air

Hasil dari reaktor presipitasi (R-330) akan dialirkan menuju *centrifuge* (H-332) dengan menggunakan pompa (L-331). Pada *centrifuge* lignin akan dipisahkan dengan *impuritis* berupa selulosa, hemiselulosa, Na-ligninat dan Na_2SO_3. Filtrat lignin akan dialirkan menuju reaktor sulfonasi (R-430).

2.3 Proses Sulfonasi

Hasil lignin dipanaskan menggunakan *pre-heater* dan dialirkan ke reaktor sulfonasi (R-430) dengan menggunakan pompa (L-333). Pada reaktor sulfonasi (R-430), Na-ligninat akan direaksikan dengan Natrium Bisulfit ($NaHSO_3$) sebagai agen pensulfonasi. Agen pensulfonasi $NaHSO_3$ yang digunakan memiliki perbandingan massa 60% terhadap berat lignin (Murni et al., 2013). $NaHSO_3$ dari gudang penyimpanan (F-410) dialirkan menuju tangki pengenceran (M-420) untuk diencerkan menggunakan air. Selanjutnya larutan $NaHSO_3$ akan dialirkan menuju reaktor sulfonasi (R-430) dengan menggunakan pompa (L-421). Reaktor sulfonasi

berfungsi untuk mereaksikan lignin dengan $NaHSO_3$ menjadi Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS). Suhu yang digunakan pada reaktor sulfonasi (R-430) adalah 135°C selama 2,5 jam (Tao, 2008). Pada reaktor sulfonasi (R-430) akan terjadi reaksi sebagai berikut:

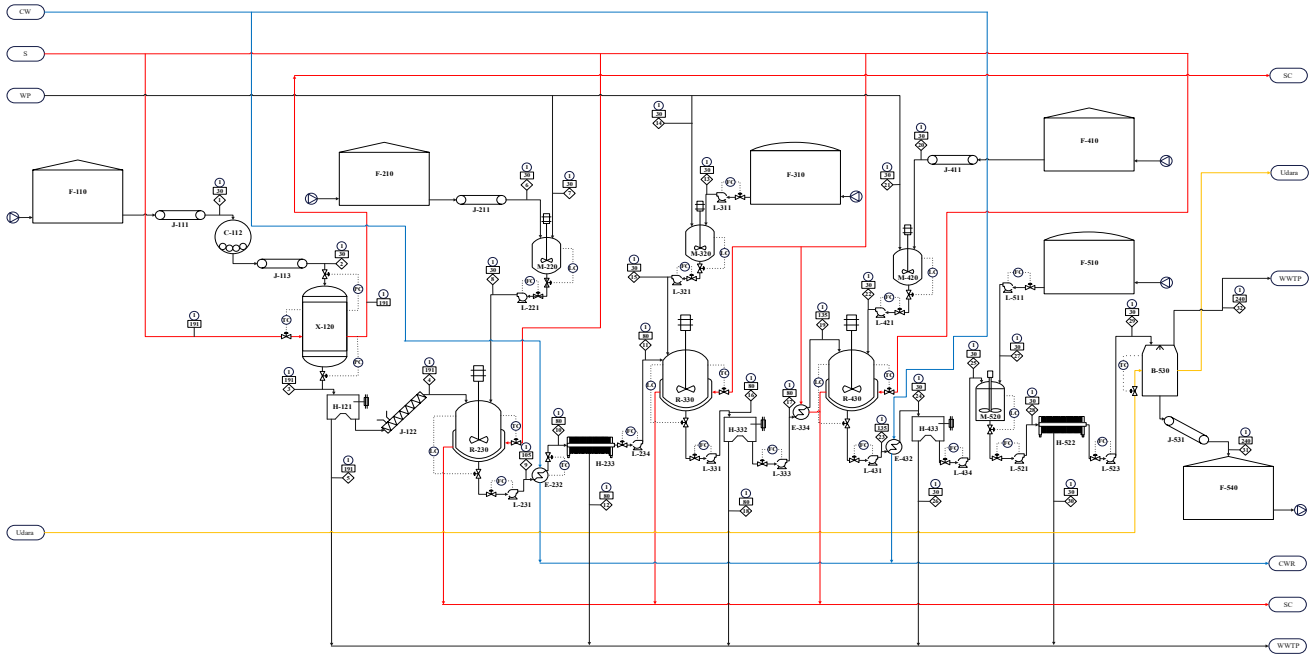
$$4C_{10}H_{12}O_{3(s)} + 4NaHSO_{3(l)} \rightarrow 2C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

Lignin + natrium bisulfit → SLS + air + oksigen

Setelah dari reaktor sulfonasi (R-430) akan menuju ke *cooler* (E-432) untuk diturunkan suhunya menjadi 30°C dan dialirkan menuju *cetrifuge* (H-433) dengan pompa (L-431). Pada *centrifuge* (H-433) terjadi pemisahan antara *slurry* SLS dengan beberapa *impurities*. *Slurry* SLS yang diambil kemudian dialirkan menuju *mixer* (M-520) dengan menggunakan pompa (L-434).

2.4 Proses Pemurnian

Slurry SLS dicampurkan dengan metanol di *mixer* (M-520) hingga homogen. Di *mixer* (M-520) ini dimulainya proses permunian. Penambahan metanol berfungsi untuk mengikat sisa $NaHSO_3$ pada *belt filter press* (H-522). *Slurry* SLS dialirkan menuju *spray dryer* (B-530) dengan menggunakan pompa (L-523) untuk dikeringkan hingga menjadi padatan SLS. Pada *spray dryer* (B-530) metanol dan air akan diuapkan. Suhu pada *spray dryer* (B-530) adalah 240°C (Tao, 2008). Selanjutnya SLS akan dialirkan ke tangki penyimpan produk (F-440) dengan menggunakan *belt conveyor* (J-431).



Komponen	Aliran (Kg/jam)																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Selulosa	5619,841	5619,841	5619,841	5507,444	112,397				55077,444	5507,444	110,148	5397,296				110,148	107,949	2,203	107,949				107,946	107,946	2,158	105,787		2,158	0,043	2,115	0,042	0,000
Hemiselulosa	4014,172	4014,172	4014,172	80,283	3933,889				80,283	80,283	1,605	78,678				1,605	0,032	1,573	0,032				0,032	0,032	0,000	0,031		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Lignin	3211,337	3211,337	3211,337	3147,111	64,227				287,646	287,646	5,752	281,893				2518,249	2467,884	50,365	2467,884				686,072	686,072	13,721	672,350		13,721	0,274	13,447	0,273	0,001
Ash	3211,337	3211,337	3211,337	3147,111	64,227				3147,111	3147,111	62,942	3084,169				62,942	61,683	1,258	61,683				61,683	61,683	1,233	60,449		1,233	0,024	1,208	0,024	0,000
Natrium Hidroksida						635,437		635,437	0,000																							
H2O						12,709	2995,630	3008,339	3294,285	3294,285	65,886	3228,367	139,134	2981,437	3120,570	3311,937	66,2387	3245,6985	66,2387		382,522	382,522	599,783	599,782	11,995	587,787		11,995	0,246	11,750	0,001	0,238
Na-Ligninat									3208,955	3208,955	3144,776	64,179				314,477	6,289	308,188	6,289				6,290	6,290	0,125	6,163		0,125	0,002	0,123	0,000	0,002
Asam Sulfat													6956,685		6956,685	6273,509		6273,509														
Natrium Sulfit																989,907	19,798	970,109	19,798				19,798	19,798	0,395	19,402		0,395	0,007	0,388	0,000	0,007
Natrium Bisulfit																				1480,731		1480,731	7,576	7,576	0,151	7,424		0,151	0,003	0,148	0,000	0,003
Metanol																											1500	1500	30	1470	0,150	29,850
Sodium Lignosulfonat																							2642,589	2642,589	2589,737	1512,248		2589,737	2537,942	51,794	2525,2525	12,689

PRARANCANGAN PABRIK SURFAKTAN NATRIUM LIGNOSULFONAT (SLS) DARI SEKAM PADI KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh:
Muhammad Alfian Firmansyah 211910401029
Linda Septiana 211910401051
Thiftatul Kamiliah 211910401078

Dosen Pembimbing Utama:
Prof. Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D., IPM.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
JEMBER
2024

Kode Alat	Nama Alat	Jumlah
F-110	Gudang Penyimpanan Sekam Padi	1
J-111	Belt Conveyor I	1
C-112	Ball Mills	1
J-113	Belt Conveyor II	1
X-120	Tangki Steam Explosion	1
H-121	Centrifuge I	1
J-122	Screw Conveyor	1
F-210	Tangki Natrium Halroksida	1
J-211	Belt Conveyor III	1
M-220	Tangki Pengenceran I	1
L-221	Pompa I	1
R-230	Reaktor Delignifikasi	1
L-231	Pompa II	1
E-232	Cooler I	1
H-233	Belt Filter Press I	1
L-234	Pompa III	1
F-310	Tangki Penyimpanan H2SO4	1
L-311	Pompa IV	1
M-320	Tangki Pengenceran II	1
L-321	Pompa V	1
R-330	Reaktor Presipitasi	1
L-331	Pompa VI	1
H-332	Centrifuge II	1
L-333	Pompa VII	1
E-334	Pre-Heater	1
F-410	Tangki Penyimpanan NaHSO3	1
J-411	Belt Conveyor IV	1
M-420	Tangki Pengenceran III	1
L-421	Pompa VIII	1
R-430	Reaktor Sulfonasi	1
L-431	Pompa IX	1
E-432	Cooler II	1
H-433	Centrifuge III	1
L-434	Pompa X	1
F-510	Tangki penyimpanan metanol	1
L-511	Pompa XI	1
M-520	Mixer	1
L-521	Pompa XII	1
H-522	Belt Filter Press	1
L-523	Pompa XIII	1
B-530	Spray Drayer	1
J-531	Belt Conveyor V	1
F-540	Gudang penyimpanan Sodium Lignosulfonat	1

Keterangan

CW	Cooling Water		Bahan Baku
S	Steam		Produk
WP	Water Process		Nomor Aliran
CWR	Cooling Water Return		Suhu (°C)
SC	Steam Condensat		Tekanan (atm)
WWTP	Waste Water Treatment Plant	LC	Level Controller
TC	Temperature Controller	FC	Flow Controller
PC	Pressure Controller		

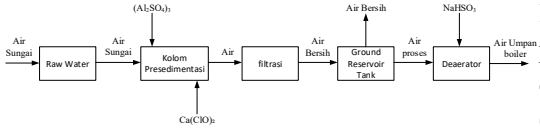
Gambar 2. *Process Flow Diagram* Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS)

3. Utilitas

Utilitas merupakan unit penunjang yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan proses produksi dalam pabrik. Utilitas dirancang sesuai kebutuhan agar proses dapat berjalan dengan baik. Unit utilitas yang diperlukan pada pabrik surfaktan sodium lignosulfonat dari sekam padi adalah sebagai berikut.

1. Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment*)
2. Unit Pengadaan *Steam*
3. Unit Penyedia Bahan Bakar
4. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant*)
5. Unit Pengolahan Limbah (*Waste Treatment*)

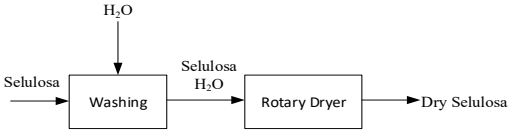
Berdasarkan hasil dari perhitungan, jumlah kebutuhan air sebesar 10.621,732 kg/jam, sedangkan kebutuhan air *brine* untuk proses pendinginan sebesar 2.465.425,331 kg/jam. Total *steam* yang dibutuhkan untuk proses produksi sebesar 3605,02 kg/ jam dengan kebutuhan bahan bakar sebesar 272,113 kg/jam. Total kebutuhan listrik sebesar 453,93 kWh.



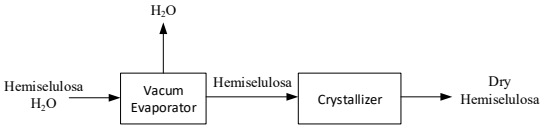
Gambar 3. Unit pengadaan air

Air baku yang digunakan pada unit pengadaan air berasal dari Sungai Bengawan Solo. *Intake building* merupakan tempat penampungan pertama air sungai. Air selanjutnya dipompa menuju kolom pre-sedimentasi untuk dilakukan proses koagulasi dan flokulasi. Koloid yang sudah kehilangan muatannya akan saling tarik menarik dan membentuk gumpalan yang akan mengendap ke bawah, sedangkan flokulasi merupakan proses pembentukan padatan yang beraksi dari pembubuhan bahan kimia. Kotoran serta pasir akan lepas dari air, kemudian air akan disaring pada proses filtrasi (Nurulfadilah, 2015; Pebiola & Mulyanti, 2024).

Jenis limbah yang dihasilkan dari proses produksi SLS adalah limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Limbah padatan hasil delignifikasi berupa selulosa dan hemiselulosa.



Gambar 4. Proses pengolahan limbah selulosa



Gambar 4. Proses pengolahan limbah hemiselulosa

Limbah cair berasal dari unit proses, utilitas, dan fasilitas umum perlu diolah untuk menghilangkan bahan pencemar seperti senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba, dan senyawa lain yang sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Limbah sanitasi tidak memerlukan pengolahan khusus karena tidak mengandung bahan berbahaya. Limbah proses dihasilkan dari sentrifus yang berfungsi untuk memisahkan padatan lignin dari cairan dan kondensat evaporator yang terbentuk melalui penguapan air dan metanol. Limbah kondensat mengandung metanol yang tinggi sehingga perlu diolah kembali menjadi produk yang dapat dimanfaatkan. Proses dalam pengolahan limbah kondensat metanol menggunakan pemanasan untuk memisahkan metanol dari campuran limbah lain berdasarkan titik didih (distilasi) (Erlinawati et al., 2023). Limbah gas yang dihasilkan berasal dari proses sulfonasi lignin yang berlangsung di reaktor sulfonasi dan *spray dryer*. Pada reaktor tersebut akan terbentuk gas O_2 yang aman dibuang ke udara.

4. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi dalam perancangan pabrik merupakan aspek penting yang menentukan kelayakan dan potensi keuntungan dari pendirian suatu pabrik. Dalam proses evaluasi ini, terdapat beberapa aspek utama yang harus dipertimbangkan untuk menilai apakah suatu pabrik layak secara finansial dan operasional, antara lain:

a. Keuntungan
b. Lama waktu pengembalian *(Pay Out Time)*
c. Total modal akhir *(Total Capital Investment)*
d. Laju pengembalian modal *(Rate of Return)*
e. Titik impas *(Break Event Point*/BEP)

Hasil evaluasi kelayakan ekonomi pabrik Surfaktan SLS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman Evaluasi Ekonomi Pabrik

Nama Parameter	Nilai	Kesimpulan
Annual Cash Flow (ACF)	20,7%	ACF > 8,65%, pabrik layak
Pay Out Time (POT)	3,38 tahun	POT < 5 tahun, pabrik layak didirikan
Net Profit Over Total Life of the Project (NPOTLP)	Rp 635 Miliar	NPOTLP > TCI + jumlah bunga pinjaman, pabrik layak didirikan
Rate of Return (ROR)	13,73%	ROR > 8,25%, pabrik layak didirikan
Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)	26,88%	DCF-ROR > 8,25%, pabrik layak didirikan

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan yang terdapat pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat berlokasi di Desa Sidokelar, Paciran, Kabupaten Lamongan.
2. Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat memiliki kapasitas produksi sebesar 20000 ton/tahun dengan bahan baku berupa sekam padi.
3. Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini adalah pereroan terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 206 orang.
4. Evaluasi ekonomi pabrik surfaktan sodium lignosulfonat:
   - Total modal: Rp 1.226.731.872.193,97
   - Ongkos produksi: Rp 349.444.482.247,77
   - Keuntungan: Rp 168.452.662.826,94
   - Lama waktu pengembalian: 3,38 tahun
   - Laju pengembalian modal: 19,62%
   - *Break even point* : 46,22%

Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik surfaktan sodium lignosulfonat dari sekam padi dengan kapasitas 20000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

Al Hafiizh, M. A., Widiyastuti, W., & Nurtono, T. (2022). Pra-Desain Pabrik Fraksinasi Lignoselulosa dengan Metode Steam Explosion. *Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering (JFAChE)*, *3*(1), 7. https://doi.org/10.12962/j2964710x.v3i1.17323

Badan Pusat Statistik. (2024). Kabupaten Lamongan Dalam Angka 2024. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).

Dwiningsih, Y., & Al-Kahtani, J. (2022). *Rojolele: a Premium Aromatic Rice Variety in Indonesia*. 1–14. https://doi.org/10.20944/preprints202210.0373.v1

Erlinawati, I. M., Rahman, M., Zikri, A. S., & Aditya, Mr. (2023). Pengaruh Jumlah Tray dan Refluks Kolom Distilasi pada Proses Purifikasi Metanol. *Journal of Chemical Engineering*, *4*(2).

Gianfranco, E., Raja, R., Susianto, & Altway, A. (2024). Pra Desain Pabrik Surfaktan SLS dengan Bahan Baku Lignin. *Jurnal Teknik ITS*, 45–50.

Haryana, I. D., Muntaha, S. A., Susianto, & Nurkhamidah, S. (2023). *Pra Desain Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) dengan Bahan Baku Lignin*. *2*(12), 112–117.

Ma'Ruf, A., Pramudono, B., & Aryanti, N. (2017). Lignin isolation Process from Rice Husk by Alkaline Hydrogen Peroxide: Lignin and Silica Extracted. *AIP Conference Proceedings*, *1823*, 1–5. https://doi.org/10.1063/1.4978086

Murni, S. W., Santi, S. W., Budiaman, I., Perwitasari, I., & Anggara, A. A. K. T. (2013). Pembuatan Surfaktan Berbahan Dasar Jerami. *EKSERGI Jurnal Ilmiah Prodi Teknik Kimia*, 43–49.

Nabila, R., & Rizky, R. A. (2022). *Pra-Desain Pabrik Fraksinasi Lignoselulosa dari Sabut Kelapa dengan Steam Explosion*.

Nurulfadilah, A. (2015). *Potensi Pemanfaatan dan Pengolahan Brine Water dari Proses Desalinasi Air Laut*.

Pebiola, I. A., & Mulyanti, H. (2024). Analisis Pengelolaan Air Sungai Bengawan Solo yang Dimanfaatkan Menjadi Air Minum di PDAM Bojonegoro. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, *7*(2), 1–20.

Prayuga, W. N. A., & Aziz, A. A. (2023). *Isolasi dan Karakterisasi Microcrystalline cellulose (MCC) dari Ampas tebu (Saccharum officinarum) dengan Hidrolisis Asama*.

Ramadhani, M. N. (2024). *Pra Rancangan Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat dari Kulit Kakao Menggunakan Proses Sulfonasi Natrium Bisulfit dengan Kapasitas Produksi 3.000Ton/Tahun (Tugas Khusus : Rancangan Keteknikan Detil Spray Dryer)*.

Soeswanto, B., & Lintang, N. (2011). *Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Menjadi Natrium Silikat*.

Syahbirin, G. (2009). *Pemanfaatan Lignin Kraft dari Lindi Hitam Pabrik Pulp untuk Pembuatan Natrium Lignosulfonat dan Sulfonat Hidroksimetil Fenol Lignin Asam Sulfat Sebagai Bahan Pendispersi*.

Tao, W. W. Z. (2008). *a Kind of Method of Sulfonasi Manufacturing Sodium Lignosulfonate*.

United States Patent, & Geigele et al. (2023). *Methods for Processing Lignocellulosic Material*.