

**PRARANCANGAN PABRIK *LINEAR ALKYL*BENZENE SULFONATE
DARI *LINEAR ALKYL*BENZENE DAN OLEUM (20%) DENGAN
KAPASITAS 42.000 TON/TAHUN**

Tugas Khusus

Reaktor CSTR (RE-201)

(Skripsi)

Oleh

SURYANINGSIH

(2015041028)



JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2024

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK *LINEAR ALKYL*BENZENE SUIFONATE DARI *LINEAR ALKYL*BENZENE DAN OLEUM (20%) DENGAN KAPASITAS 42.000 TON/TAHUN

Reaktor CSTR (RE-201))

Oleh

SURYANINGSIH

Pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* ($C_6H_4(C_{12}H_{25})SO_3Na$) berbahan baku *linear alkylbenzen* ($C_6H_5C_{12}H_{25}$) dan Oleum ($H_2SO_4 \cdot x SO_3$) direncanakan didirikan di Cilegon, Banten. Pendirian pabrik didasarkan atas pertimbangan ketersediannya bahan baku, sarana transportasi yang memadai, dan tenaga kerja yang mudah didapatkan serta kondisi lingkungan sekitar lokasi pabrik akan didirikan.

Bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 152 orang dan durasi kerja selama 330 hari. Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	=	Rp802.055.592.817,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	=	Rp141.539.222.261,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	=	Rp943.594.815.079,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	=	36%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	=	23%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	=	2,141 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	=	2,54 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	=	25%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	=	28,5 %

Mempertimbangkan paparan diatas, sudah selayaknya pendirian pabrik *linear alkylbenzen sulfonate* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif cukup baik.

Kata kunci : *Linera Alkylbenzene, Oleum, Linear Alkylbenzene Sulfonate*

Judul Skripsi

**:PRARANCANGAN PABRIK *LINEAR*
ALKYLBENZENE SULFONATE DARI *LINEAR*
ALKYLBENZENE DAN OLEUM (20%) DENGAN
KAPASITAS 42.000 TON/TAHUN (Perancangan
Reaktor CSTR (RE-201)**

Nama Mahasiswa

: Suryaningsih

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015041028

Program Studi

: Teknik Kimia

Fakultas

: Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Simparmin Br Ginting, S.T.,M.T.
NIP. 196611111994022001

Yuli Darni, S.T.,M.T.
NIP. 197407122000032001

2. Ketua Jurusan

Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 1974071220000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Simparmin Br Ginting, S.T.,M.T.**

Sekretaris

: **Yuli Darni, S.T.,M.T.**

Penguji

Bukan Pembimbing I : **Dr.Eng. Dewi Agustina I, S.T.,M.T.**

Bukan Pembimbing II : **Panca Nugrahini F., S.T.,M.T.**

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr.Eng.Ir.Helmy Fitriawan, S.T.,M.Sc. }

NIP. 197509282001121001

Tanggal lulus ujian : 16 Agustus 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang tidak pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku

Bandar lampung, 26 Agustus 2024



Suryaningsih

NPM. 2015041028

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Purworejo, Kabupaten Lampung Timur, pada tanggal 29 Maret 2002 sebagai anak ke tiga dari tiga bersaudara, pasangan Bapak Paidi dan Ibu Widarni.

Penulis telah menyelesaikan pendidikan sebelumnya di Sekolah Dasar Islam Plus Ma'arif NU 1 Al-Firdaus tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Pasir Sakti pada tahun 2017, dan

Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Pasir Sakti pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung, melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan sebagai sekretaris Departemen RISTEK UKM U SAINTEK dengan masa bakti 2022-2023, anggota BEM FT Dinas kajian strategis dengan masa bakti 2022-2023, dan anggota Departemen Riset Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (HIMATEMIA) dengan masa bakti 2020-2023.

Pada tahun 2023, penulis melakukan penelitian tentang regenerasi SBE sebagai adsorben untuk penjerapan β -karoten, dengan judul : “Pemanfaatan *Spent Bleaching Earth* Terregenerasi Sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi β -karoten yang Terkandung dalam *Crude Palm Oil* (Variasi Konsentrasi HCl pada Proses Aktivasi).” Penulis juga melakukan Kerja Praktek di PT. SEMEN BATURAJA Tbk. dengan Tugas khusus “ Analisis Kerja Alat *Suspension Preheater* pada Unit Kerja *Kiln*”.

MOTTO

**“Berhenti memikirkan hal-hal diluar kendali mu,
karena hidup akan lebih sederhana jika kamu
memilih untuk percaya pada Tuhan atas semua
kejadian dalam hidup mu.”**

SANWACANA

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir : “Perancangan Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dari *Linear Alkylbenzene* dan Oleum dengan Kapasitas 42.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Semoga bermanfaat dan berguna untuk kita semua.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Paidi dan Ibu Widarni selaku orangtua atas doa yang selalu dipanjatkan dan telah menjadi tempat keluh kesah, serta telah mencukupi kebutuhan anak tercinta secara mental dan financial selama berkuliah di Teknik Kimia.
2. Ibu Yuli Darni S.T.,M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, serta dosen pembimbing II, atas ilmu, saran, masukan dan pengertiannya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna kemudian hari.
3. Ibu Simparmin Br. Ginting selaku dosen pembimbing I tugas akhir dan pembimbing penelitian, yang telah memberikan pengarahan, kritik, saran, dan ilmu yang luar biasa banyak nya dan bermanfaat.
4. Ibu Dr.Eng. Dewi Agustina I,S.T.,M.T. dan Ibu Panca Nugrahini F.,S.T.,M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik, serta ilmu yang beruna.
5. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Lampung , atas ilmu dan terimakasih atas segala jasanya.
6. Ketiga kakak ku tercinta Fajar Surya Pratama S.pd., Linda Maysaroh S.E., dan Meri Rahmawati S.E., dan juga ponakan ku yang kiyowo Gifran Ghani Pratama (Empa)

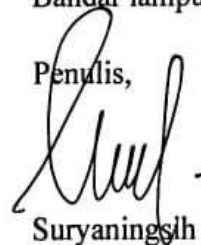
atas kasih sayang, doa, dukungan, kepercayaan bantuan dan semangat. Semoga Allah SWT. Senantiasa memberikan perlindungan, Karunia-Nya dan kebahagiaan dunia akhirat.

7. Indah Kurnia sebagai patner tugas akhir saya atas bantuan dalam penyusunan tugas akhir, sebagai teman berkeluh kesah dan teman perjuangan selama 4 tahun, semoga sukses kedepannya.
8. Anak-anak ummi (Kak Amel, Kak Atul, Chica dan Anisa) telah menjadi teman-teman seperjuangan saat bimbingan tugas akhir yang selalu support dan membantu ketika kesulitan.
9. Gita Veronika Kurniawan dan Lily Kuniasih teman yang selama ini sudah meluangkan waktunya untuk mendengarkan keluh kesah selama pengerjaan ttugas akhir.
10. Kak Fenti, Kak Chica dan Kak Helen yang sudah banyak membantu atas penyusunan tugas akhir ini, yang telah memberikan banyak bantuan ilmu bermanfaat.
11. Taylor Swift atas lagu-lagunya yang setiap saat menghibur di waktu menemui kesulitan dalam penyusunan tugas akhir.
12. Dan terakhir, kepada diri saya sendiri Suryaningsih, terimakasih sudah bertahan, sudah kuat, dan selalu percaya proses akan segera selesai sesulit apapun jalannya. Apapun yang terjadi tetap hidup karena kamu berharga lebih dari segalanya. Love..

Semoga Tugas akhir ini berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Tiada gading yang tak retak, segala saran dan kritik yang membangun, penulis harapkan untuk kesempurnaan karya ini.

Bandar lampung, 26 Agustus 2024

Penulis,



Suryaningsih

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	2
1.4 Analisis Pasar	2
1.5 Lokasi Pabrik.....	8
BAB II DESKRIPSI PROSES	9
2.1 Jenis – jenis proses	9
2.2 Pemilihan Proses	11
2.2.1 Potensi Ekonomi	11
2.2.2 Kelayakan Teknis.....	21
2.3 Uraian Proses.....	26
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK.....	28
3.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	28
3.2 Spesifikasii Bahan Penunjang	29
3.3 Spesifikasi Produk.....	30
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI	33
4.1 Neraca Massa.....	35
4.2 Neraca Energi	37

BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	42
5.1 Peralatan Proses.....	41
5.2 Peralatan Utilitas	63
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....	98
6.1 Unit Penyedia Air	99
6.2 Unit Penyedia Steam	114
6.3 Unit Hot Oil System	115
6.4 Unit Dowtherm A.....	115
6.5 Unit Pembangkit Tenaga Listrik	116
6.6 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	117
6.7 Unit Penyedia Udara Instrumental	117
6.8 Unit Pengolahan Limbah.....	117
6.9 Laboratorium	118
6.10 Instrument dan Pengendalian Proses	122
BAB VII TATA LETAK PABRIK.....	125
7.1 Lokasi Pabrik.....	125
7.2 Tata Letak Pabrik	128
7.3 Tata Letak Peralatan Proses.....	131
7.4 Estimasi Area Lingkungan Pabrik.....	134
BAB VIII MANAJEMEN DAN ORGANISASI	136
8.1 Project Master Schedule	136
8.2 Bentuk Perusahaan	138
8.3 Struktur Organisasi Perusahaan.....	141
8.4 Tugas dan Wewenang.....	150

8.5	Status Karyawan dan Sistem Penggajian	156
8.6	Menejemen Produksi	168
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI		171
9.1	Investasi	171
9.2	Evaluasi Ekonomi	175
9.3	Angsuran Pinjaman	178
9.4	<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	178
BAB X SIMPULAN DAN SARAN		180
10.1	Simpulan	180
10.2	Saran	180
DAFTAR PUSTAKA		181

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i>	3
Tabel 1.2 Data Produksi LABS di Indonesia.....	4
Tabel 1.3 Data Ekspor LABS di Indonesia.....	5
Tabel 1.4 Data Konsumsi LABS di Indonesia.....	6
Tabel 1.5 Kapasitas Pabrik <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i>	7
Tabel 2.1 Nilai ΔG° dan ΔH°	22
Tabel 2.2 Perbandingan Proses	25
Tabel 4.1 Berat Molekul Tiap Komponen	34
Tabel 4.2 Neraca Massa Reaktor (RE-201)	35
Tabel 4.3 Neraca Massa Distillation Column (DC-201)	35
Tabel 4.4 Neraca Mixing Tank (MT-201)	36
Tabel 4.5 Neraca Massa Reaktor Netralisasi (RE-301)	36
Tabel 4.6 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-101)	37
Tabel 4.7 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-102)	37
Tabel 4.8 Neraca Energi Reaktor (RE-201)	38
Tabel 4.9 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-201)	38
Tabel 4.11 Neraca Energi <i>Distillation Column</i> (DC-201)	39
Tabel 4.12 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-201)	39
Tabel 4.13 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-202)	40
Tabel 4.14 Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (MT-201)	40
Tabel 4.15 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-203)	41
Tabel 4.16 Neraca Energi Reaktor Netralisasi (RE-301)	41
Tabel 4.17 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-301)	41

Tabel 5.1 Spesifikasi Tangki <i>Linear Alkybenzene</i> (ST-101)	42
Tabel 5.2 Spesifikasi Tangki Oleum (ST-102)	42
Tabel 5.3 SpesifikasiTangki Produk LAS (ST-301).....	43
Tabel 5.4 Spesifikasi Tangki Produk H ₂ SO ₄	44
Tabel 5.5 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101)	45
Tabel 5.6 Spesifikasi Heater (HE-102).....	45
Tabel 5.7 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE – 201).....	46
Tabel 5.8 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201)	47
Tabel 5.9 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-202)	48
Tabel 5.10 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301)	49
Tabel 5.11 Spesifikasi Reaktor (RE-201)	49
Tabel 5.12 Spesifikasi <i>Distlation Column</i> (DC-201).....	50
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-201).....	51
Tabel 5.14 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-201).....	51
Tabel 5.15 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-201).....	52
Tabel 5.16 Spesifikasi <i>Hopper</i> (HO-101).....	52
Tabel 5.17 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC -301).....	53
Tabel 5.18 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301	53
Tabel 5.19 Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-101)	54
Tabel 5.20 Spesifikasi Reaktor Netralisasi (RE-301).....	55
Tabel 5.21 Spesifikasi Pompa Proses (PP-101).....	56
Tabel 5.22 Spesifikasi Pompa Proses (PP-102).....	56
Tabel 5.23 Spesifikasi Pompa Proses (PP-103).....	57
Tabel 5.24 Spesifikasi Pompa Proses (PP-201).....	58
Tabel 5.25 Spesifikasi Pompa Proses (PP-202).....	59

Tabel 5.26 Spesifikasi Pompa Proses (PP-203).....	59
Tabel 5.27 Spesifikasi Pompa Proses (PP-301).....	60
Tabel 5.29 Spesifikasi Pompa Proses (PP-101A).....	61
Tabel 5.30 Spesifikasi Pompa Proses (PP-102 A).....	62
Tabel 5.31 Bak Sedimentasi (SB-401)	63
Tabel 5.32 Spesifikasi Tangki Alum (DT – 502)	63
Tabel 5.33 Spesifikasi Tangki NaOH (DT-401).....	64
Tabel 5.34 Spesifikasi Tangki Kaporit (DT-403).....	64
Tabel 5.35 Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL –401)	65
Tabel 5.36 Spesifikasi Air Filter (ST-404)	65
Tabel 5.37 Spesifikasi <i>Domestic Water Tank</i> (DWT-401)	66
Tabel 5.38 Spesifikasi Tangki Air Hidran (HWT-401).....	66
Tabel 5.39 Spesifikasi Hot Basin (HB – 501)	67
Tabel 5.40 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	67
Tabel 5.41 Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401).....	68
Tabel 5.42 Spesifikasi Tangki Asam Silfat (ST-405).....	68
Tabel 5.43 Spesifikasi Tangki Dispersant (ST-406).....	69
Tabel 5.44 Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST- 407).....	69
Tabel 5.45 Spesifikasi <i>Cation Excehanger</i> (CE-401).....	70
Tabel 5.46 Spesifikasi <i>Anion Excehenger</i> (AE-401)	70
Tabel 5.47 Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST-408).....	71
Tabel 5.48 Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-501)	72
Tabel 5.49 Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST–501)	73
Tabel 5. 50 Spesifikasi <i>Boiler</i> (B-401)	73
Tabel 5.51 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-501)	74

Tabel 5.52 Spesifikasi Blower <i>Steam</i> (BS– 501).....	74
Tabel 5.53 Spesifikasi <i>Storage Tank Hot Oil</i>	75
Tabel 5.54 Spesifikasi <i>Storage Tank Return</i> (SR-501).....	76
Tabel 5.55 Spesifikasi <i>Storage Tank Dowtherm Return</i> (ST-601).....	77
Tabel 5.56 Spesifikasi <i>Storage Tank Dowtherm Dingin</i> (ST-602).....	78
Tabel 5.57 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-601)	79
Tabel 5.58 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU –601)	80
Tabel 5.59 Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-701)	81
Tabel 5.60 Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-701).....	81
Tabel 5.61 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC-701)	82
Tabel 5.62 Spesifikasi <i>Blower Udara 1</i> (BU – 701)	82
Tabel 5.64 Spesifikasi <i>Blower Udara 2</i> (BU – 702).....	82
Tabel 5.65 Spesifikasi <i>Blower Udara 3</i> (BU – 703).....	83
Tabel 5.66 Spesifikasi <i>Blower Udara 4</i> (BU – 704)	83
Tabel 5.67 Spesifikasi Generator Listrik (GS-401)	83
Tabel 5.68 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar Generator (GS-409).....	84
Tabel 5.69 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401).....	85
Tabel 5.70 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402).....	85
Tabel 5.71 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403).....	86
Tabel 5.72 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404).....	86
Tabel 5.73 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405).....	87
Tabel 5.74 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406).....	88
Tabel 5.75 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407).....	88
Tabel 5.76 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408).....	89
Tabel 5.77 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409).....	89

Tabel 5.78 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410).....	90
Tabel 5.79 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411).....	90
Tabel 5.80 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412).....	91
Tabel 5.81 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413).....	92
Tabel 5.82 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414).....	92
Tabel 5.83 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415).....	93
Tabel 5.84 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416).....	93
Tabel 5.85 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417).....	94
Tabel 5.86 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418).....	95
Tabel 5.87 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419).....	95
Tabel 5.88 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420).....	96
Tabel 5.89 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421).....	96
Tabel 5.90 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-422).....	97
Tabel 6.1 Kebutuhan Untuk <i>General Uses</i>	97
Tabel 6.2 Kebutuhan Untuk Air Pembangkit <i>Steam</i>	118
Tabel 6.3 Kebutuhan Untuk Air Pendingin	120
Tabel 6.4 Kebutuhan Untuk Air Proses	122
Tabel 6.5 Kebutuhan Untuk Air <i>Hydrant</i>	122
Tabel 6.6 Kebutuhan Air Total	123
Tabel 6.7 Kebutuhan <i>Hot Oil</i>	129
Tabel 6.8 Kebutuhan <i>Dowtherm A</i>	130
Tabel 6.9 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	136
Tabel 6.10 Tingkatan Pengendalian Variabel Utama Proses.....	137
Tabel 7.1 Perincian Luas Area Pabrik Sodium Sulfat	147
Tabel 8.1 <i>Project Master of Linear Alkylbenzene Sulfonate Plant</i>	155

Tabel 8.2 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu.....	159
Tabel 8.3 Perincian Tingkat Pendidikan.....	160
Tabel 8.4 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	164
Tabel 8.5 Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	163
Tabel 9.1 <i>Fixed capital investment</i>	171
Tabel 9.2 Manufacturing cost	173
Tabel 9.3. <i>General expenses</i>	174
Tabel 9.4 Biaya Administratif	174
Tabel 9.5 <i>Minimum acceptable persent return on investment</i>	174
Tabel 9.6 <i>Acceptable payout time</i> untuk tingkat resiko pabrik.....	176
Tabel 9.7 Hasil uji kelayakan ekonomi1.....	179

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Data Impor <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i>	3
Gambar 1.2 Grafik Data Produksi LABS di Indonesia	4
Gambar 1.3 Grafik Data Ekspor LABS di Indonesia	6
Gambar 1.4 Grafik Data Konsumsi LABS di Indonesia	7
Gambar 3.1 <i>Linear Alkylbenzene</i>	28
Gambar 3.2 Asam Benzene Sulfonate	30
Gambar 3.3 Linear Alkylbenzene Sulfonate	31
Gambar 7.2 Tata Letak Pabrik	144
Gambar 7.3 Tata Letak Alat Proses	146
Gambar 7.4 Peta Kabupaten Jawa Timur	147
Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	148
Gambar 9.1 Grafik Analisa Ekonomi	168
Gambar 9.2 Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	169

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dimana jumlah penduduknya menjadi yang terbesar ketiga di dunia dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat dari tahun-ketahun. Bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan primer dan sekunder semakin bertambah dan beraneka ragam, sehingga Indonesia dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan penduduknya di semua sektor, salah satunya di sektor industri. Perkembangan sektor industri khususnya industri petrokimia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.

Detergen adalah salah satu produk industri petrokimia yang sering digunakan di Indonesia maupun dunia. Detergen merupakan surfaktan atau campuran surfaktan dengan sifat pembersih yang sering digunakan untuk keperluan rumah tangga maupun industri. Surfaktan yang paling banyak digunakan untuk memproduksi detergen adalah *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS).

Linear Alkylbenzene Sulfonate (LABS) merupakan surfaktan yang dinilai ramah terhadap lingkungan dan bersifat *biodegradable* dibanding dengan jenis surfaktan lain. *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) merupakan salah satu surfaktan anionik yang berwujud cair dengan rumus molekul $C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$ yang digunakan sebagai bahan baku pada industri detergen. Semakin meningkatnya penggunaan detergen dalam kehidupan masyarakat, mengakibatkan kebutuhan akan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) semakin meningkat.

Oleh karena itu, pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) perlu didirikan di Indonesia dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi kebutuhan di dalam dan mengurangi ketergantungan import, sehingga dapat menghemat devisa negara.
2. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja dan meningkatkan taraf hidup Masyarakat.

3. Didirikannya pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) akan mendorong berdirinya pabrik-pabrik lain yang menggunakan bahan dasar *Linear Alkylbenzene Sulfonate* untuk dapat mengembangkan kembali teknologi.

1.2 Kegunaan Produk

Linear Alkylbenzene Sulfonate (LABS) digunakan dalam industri sebagai bahan aktif pembuatan detergen, *handsoap* dan sabun cuci piring. Selain itu, LABS juga dipergunakan sebagai bahan untuk menurunkan tegangan muka atau tegangan antar muka pada industri.

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku *Linear Alkylbenzene* yang digunakan dalam pembuatan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) dapat diperoleh dari PT. Unggul Indah Cahaya yang berada di kawasan industri Cilegon, Banten. Sedangkan untuk bahan baku Oleum 20% dapat diperoleh dari PT. *Indonesian Acids Industry* yang ada di kawasan Timur Jakarta dan NaOH 48% dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang ada di daerah Cilegon, Banten.

1.4 Analisa Pasar

Analisa pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk. Adapun analisis pasar meliputi data impor, data ekspor, data konsumsi dan data konsumsi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) di Indonesia.

a. Data Impor

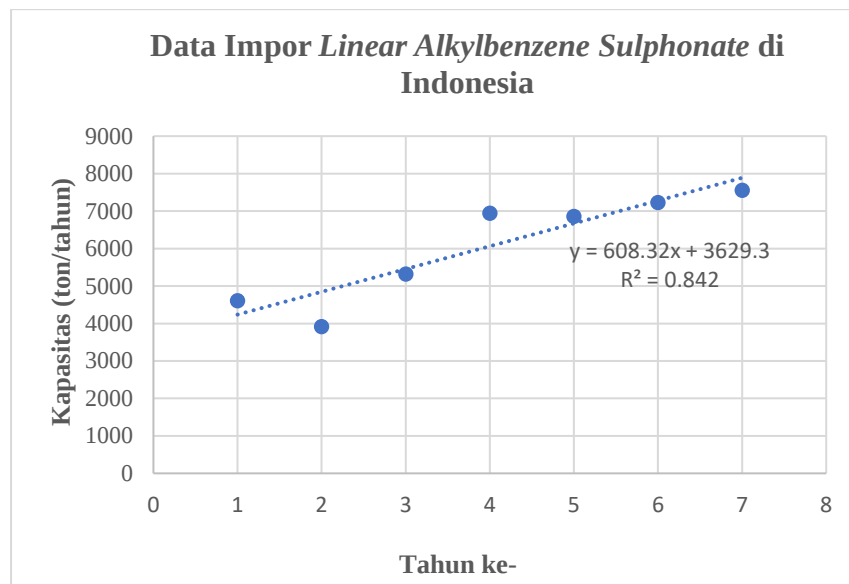
Berdasarkan data statistik, kebutuhan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia mengalami peningkatan. Produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia yang masih belum mencukupi kebutuhan dalam negeri, sehingga mengakibatkan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* harus diimpor dari luar negeri. Perkembangan data impor akan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia pada tahun 2024 sampai tahun 2018 dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia

Tahun	Tahun ke-	Jumlah Impor <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> Indonesia (ton)
2017	1	4.606
2018	2	3.916
2019	3	5.319
2020	4	6.946
2021	5	6.860
2022	6	7.231
2023	7	7.560

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS), 2024

Dari data pada Tabel 1.1 dapat dibuat *regresi linear* hubungan antara tahun dengan impor *Linear Alkylbenzene Sulfonate*.



Gambar 1.1 Grafik data Impor LABS di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.1 di atas didapatkan persamaan Y untuk dapat memperkirakan kebutuhan impor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) pada tahun 2028 ke Indonesia sebesar 10.929,14 ton.

b. Data Produksi

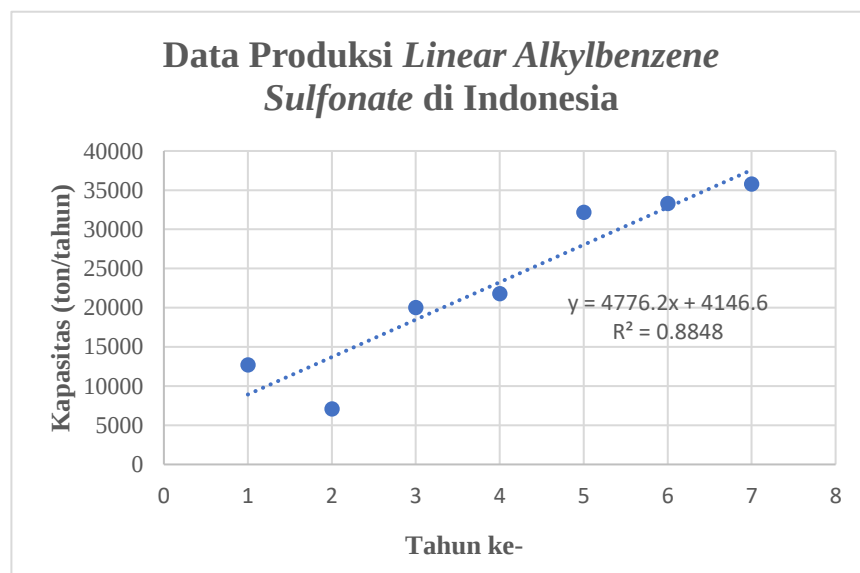
Produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dalam negeri menurut data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung naik. Perkembangan data produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia pada tahun 2017-2023 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Produksi LABS di Indonesia.

Tahun	Tahun ke-	Jumlah Produksi <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> Indonesia (ton)
2017	1	12.704
2018	2	7.087
2019	3	19.997
2020	4	21.763
2021	5	32.170
2022	6	33.270
2023	7	35.769

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS), 2024

Data data pada Tabel 1.2 dapat dibuat regresi linear hubungan antara tahun dengan Produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia.



Gambar 1.2 Grafik Data Produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia

Berdasarkan grafik di atas didapat persamaan Y untuk memperkirakan kebutuhan produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia pada tahun 2028 sebesar 61.461 ton.

c. Data Ekspor

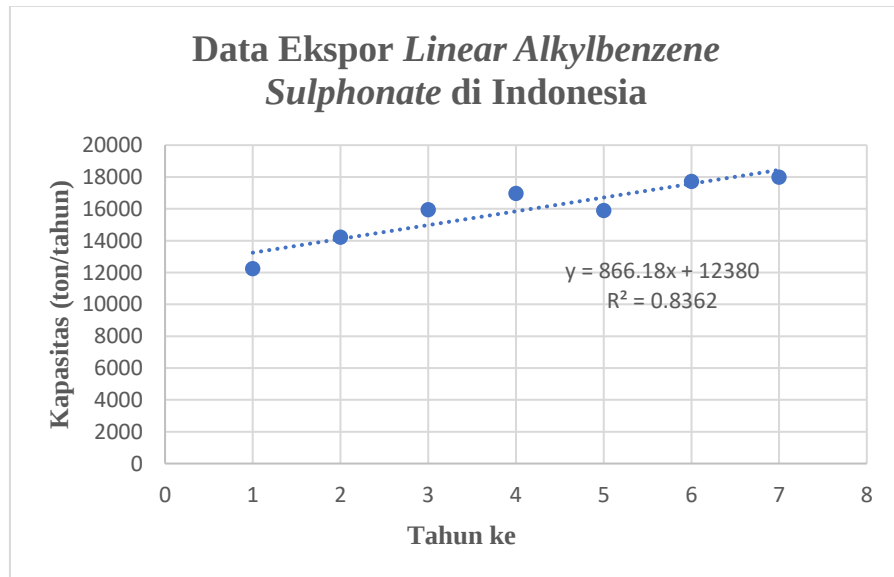
Data ekspor diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang ekspor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data ekspor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia pada tahun 2017 sampai tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Ekspor LABS di Indonesia

Tahun	Tahun ke-	Jumlah Ekspor <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> Indonesia (ton)
2017	1	12.225
2018	2	14.207
2019	3	19.997
2020	4	21.763
2021	5	32.170
2022	6	33.270
2023	7	35.769

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS), 2024

Dari data ekspor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di atas dapat dibuat grafik linear antara dua tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada gambar 1.3.



Gambar 1.3 Grafik data Ekspor LABS di Indonesia

Perkiraan ekspor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia pada tahun 2024 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan y , yaitu sebesar 22.774,16 ton.

d. Data Konsumsi

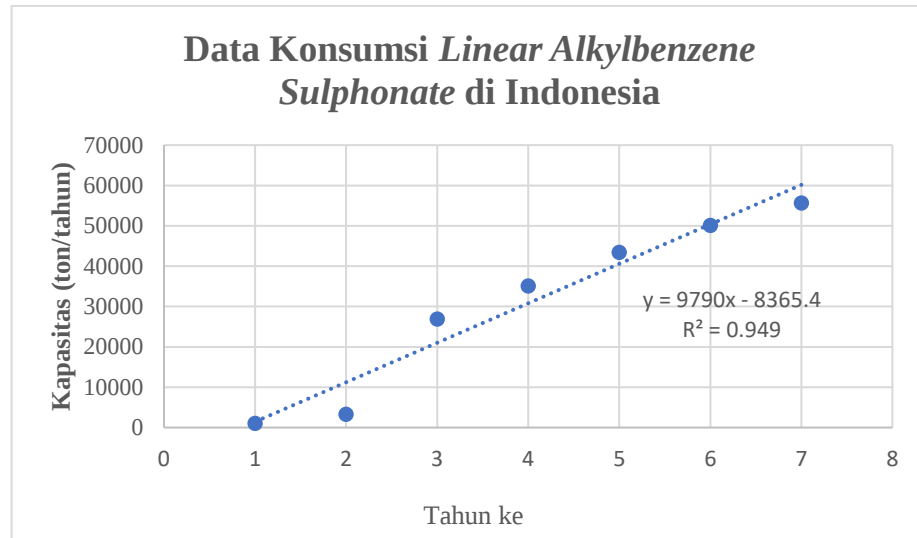
Data *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dalam negeri menurut data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat.

Tabel 1.4 Data Konsumsi LABS di Indonesia

Tahun ke-		Jumlah Impor <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> Indonesia (ton)
2017	1	1.027
2018	2	3.309
2019	3	26.882
2020	4	35.113
2021	5	43.440
2022	6	50.114
2023	7	55.678

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS), 2024

Dari data konsumsi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di atas dapat dibuat grafik linear antara dua tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada gambar 1.4.



Gambar 1.4 Grafik data Konsumsi LABS di Indonesia

Perkiraan ekspor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia pada tahun 2024 di Indonesia dapat dihitung dengan menggunakan persamaan y, yaitu sebesar 109.114,6 ton.

e. Kapasitas Perancangan Pabrik

Bahan baku *Linear Alkylbenzene* yang digunakan dalam penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan ini dipengaruhi oleh kapasitas pabrik sejenis yang sudah beroperasi. Berikut ini adalah perusahaan-perusahaan yang menghasilkan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* :

Tabel 1.5 Kapasitas Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate*

Pabrik	Negara	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Aktif Indonesia	Indonesia	70.000
Henkel	Jerman	65.000
BASE	Jerman	40.000
PT. Sinar Antjol	Indonesia	32.000
PT. Findeco Jaya	Indonesia	30.000
UK Vietnam Co.Ltd	Vietnam	30.000
PT. KOA Indonesia	Indonesia	4.000
PT. Rhodia Manyar	Indonesia	3.600

Berdasarkan proyeksi impor, ekspor, konsumsi, dan produksi pada tahun 2024. Maka, peluang pasar untuk *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= (\text{Konsumsi } \textit{Linear Alkylbenzene Sulfonate} \text{ tahun 2028} + \text{Ekspor} \\ &\quad \textit{Linear Alkylbenzene Sulfonate} \text{ tahun 2028}) - (\text{Produksi } \textit{Linear} \\ &\quad \textit{Alkylbenzene Sulfonate} \text{ tahun 2028} + \text{Impor } \textit{Linear Alkylbenzene} \\ &\quad \textit{Sulfonate} \text{ tahun 2028}) \\ &= (109.114,6 + 22.774,16) - (61.461 + 10.929,14) \\ &= 59.498,62\end{aligned}$$

Kapasitas pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* yang akan didirikan diambil 70% dari kebutuhan di Indonesia sebesar $70\% \times 59.498,62 = 41.649,03$ ton. Dari data dan hasil perhitungan perancangan pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) ini akan dibangun dengan kapasitas 42.000 ton/tahun.

Mengacu pada industri yang beroperasi tersebut maka pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan kapasitas 42.000 ton/tahun sudah sesuai dengan kapasitas ekonomis yang sudah beroperasi dan diharapkan dengan kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* baik dalam negeri maupun luar negeri.

1.5 Lokasi Pabrik

Pemilihan dan penentuan letak suatu pabrik dalam perancangan pabrik akan memengaruhi kemajuan serta kelangsungan suatu industri, karena hal tersebut menyangkut faktor produksi dan besarnya keuntungan yang dihasilkan serta perluasan dimasa yang akan datang. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat karena akan memberikan kontribusi yang sangat penting baik dalam segi teknis maupun segi ekonomis. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tertentu, pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* yang akan didirikan ini direncanakan berada di kawasan industri Cilegon, Banten.

II. PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES

Proses produksi dalam pabrik kimia membutuhkan berbagai macam sistem proses dan sistem proses tersebut dirangkai dalam satu skala besar sistem proses yang disebut teknologi proses.

2.1 Jenis-Jenis Proses Pembuatan *Linear AlkylBenzene Sulfonate* (LABS)

Pemilihan proses bertujuan untuk menentukan proses yang akan digunakan dalam pembangunan pabrik. Hal tersebut dapat dilihat dari keuangan yang bisa didapatkan dari segi ekonomi maupun teknik. *Linear AlkylBenzene Sulphonat* (LABS) dihasilkan dari proses sulfonasi *Linear AlkylBenzene* (LAB). Adapun proses sulfonasi, yaitu reaksi kimia yang melibatkan penggabungan gugus fungsi asam sulfonate ($-\text{SO}_3\text{H}$) ke dalam suatu molekul ataupun ion.

Proses Sulfonasi dapat menggunakan tiga cara, yaitu :

2.1.1 Reaksi Sulfonasi dengan H_2SO_4

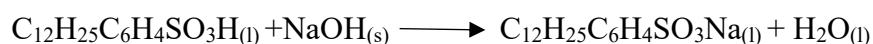
Proses sulfonasi dengan *sulfating agent* H_2SO_4 merupakan cara yang pertama kali dilakukan. Proses ini dapat berjalan secara *batch* maupun *continue*. Proses berlangsung pada suhu 50°C dengan tekanan 1 atm, tergantung pada kualitas warna produk yang diinginkan. Dalam proses ini tidak menggunakan katalis, *Alkylbenzene* direaksikan langsung dengan H_2SO_4 100% dengan perbandingan mol H_2SO_4 dan *Alkylbenzene* 1,6 : 1,8 (Kirk and Otmer, 1998).

Reaksi yang terjadi :

- Reaksi sulfonasi



- Reaksi netralisasi



Selanjutnya produk hasil sulfonasi direaksikan dengan NaOH dengan kadar 20-50% (Peters and Timmerhaus, 1991) dan didapatkan hasil akhir *Linear*

Alkylbenzene Sulfonate dengan konversi sebesar 90% (Greger *et.al*,2007). Reaksi menggunakan H_2SO_4 ini tidak banyak digunakan karena menghasilkan air sehingga produk yang dihasilkan berupa larutan encer berbuih. Selain itu, keberadaan air yang sangat banyak akan menyebabkan kecepatan reaksi berlangsung lambat (Kirk and Otmer, 1998).

2.1.2 Reaksi Sulfonasi dengan SO_3

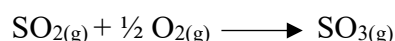
Pembuatan *Linear Alkylbenzene Sulfonat* dengan gas SO_3 terdiri dari empat tahap, yaitu :

1. Proses pengeringan udara
2. Produksi gas SO_2
3. Konversi gas SO_2 menjadi gas SO_3
4. Proses sulfonasi

Proses pengeringan udara bertujuan untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat di udara. Apabila di udara terdapat kandungan air dalam jumlah yang cukup banyak maka dapat memicu terbentuknya oleum karena reaksi antara H_2O dengan SO_3 dan ini menyebabkan kualitas warna *Linear Alkylbenzene Sulfonate* rendah. Untuk menghasilkan gas SO_3 , udara kering direaksikan dengan sulfur dalam bentuk cair dan konversi SO_2 menjadi gas SO_3 menggunakan katalis V_2O_5 .

Reaksi yang terjadi :

- Reaksi antara SO_2 dan O_2



- Reaksi sulfonasi



- Reaksi Netralisasi



Reaksi sulfonasi berlangsung dalam reaktor gelembung, suhu reaksi $50^\circ C$ dan tekanan 1,5 atm dimana menghasilkan produk dengan konversi 98% (Kirk and Othmer,1998). Selain sangat mudah terbentuknya reaksi samping yang tidak

diinginkan, biaya produksi proses sulfonasi dengan gas SO_3 cenderung lebih mahal dan warna produk yang dihasilkan juga lebih gelap (Tully *et.,al*, 1995).

2.1.3 Reaksi Sulfonasi dengan *Oleum*

Pada proses sulfonasi dengan *oleum*, reaksi terjadi di dalam *Continuous Stirred Tank* (CSTR) dengan suhu reaksi 38°C - 50°C dan tekanan 1atm. Oleum yang digunakan adalah oleum 20% dengan perbandingan mol *Alkylbenzene* dan oleum 20% adalah 1:1,1 (peters and Timmerhaus,1991).

Reaksi yang terjadi :

- Reaksi sulfonasi



-Reaksi Netralisasi



Keunggulan dari proses ini adalah penanganannya mudah, biaya produksi juga relatif lebih murah jika dibandingkan dengan proses lain, dimana produk yang dihasilkan memiliki konversi 96% (Carberry,1991). Warna dari produk yang dihasilkan produk samping H_2SO_4 yang masih dapat dijual di pasar (Kirk and Otmer,1983).

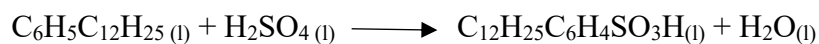
2.2 Pemilihan Proses

2.2.1 Potensi Ekonomi

a. Proses Sulfonasi dengan H_2SO_4

Reaksi yang terjadi :

1. Reaksi Sulfonasi



Dengan berat molekul masing-masing senyawa dari reaksi sulfonasi adalah :

Rumus Molekul	BM (Kg/Kmol)	Harga (Rp/Kg)
C ₆ H ₅ C ₁₂ H ₂₅	246	12.000
H ₂ SO ₄	98	2.237,120
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₄ SO ₃ H	326	-
H ₂ O	18	-

Sumber: Alibaba.com

2. Reaksi Netralisasi



Dengan berat molekul masing-masing senyawa dari reaksi netralisasi adalah :

Rumus Molekul	BM (Kg/Kmol)	Harga (Rp/Kg)
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₄ SO ₃ H	326	-
NaOH	40	1.400
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₄ SO ₃ Na	348	22.250
H ₂ O	18	-

Sumber: Alibaba.com

Basis : 1 jam oprasional (kg/jam)

Produk yang terbentuk pada reaksi di atas adalah C₁₂H₂₅C₆H₄SO₃Na (*Linear Alkylbenzene Sulphonat*) dengan konversi 90%.

Kapasitas produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) 42.000 ton/tahun.

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produksi LABS} &= 42.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 5303,0303 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

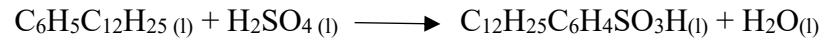
$$\begin{aligned}\text{Mol LABS yang terbentuk} &= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \\ &= \frac{5303,0303 \text{ kg/jam}}{348 \text{ kg/kmol}} \\ &= 15,24 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Konversi 90%

$$\begin{aligned}\text{Mol reaktan} &= \frac{\text{mol produk}}{\text{konversi}} \\ &= \frac{15,24 \text{ kg/jam}}{0,90}\end{aligned}$$

$$= 16,93 \text{ kmol/jam}$$

Reaksi Sulfonasi :



M =	16,93	16,93		
B =	15,24	15,24	15,24	15,24
S =	1,69	1,69	15,24	15,24

Reaksi Netralisasi :



M =	15,24	15,24		
B =	15,24	15,24	15,24	15,24
S =	0	0	15,24	15,24

- Massa LAB ($\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25}$) yang dibutuhkan :

$$\text{Mol LAB awal} = 16,93 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa LAB} = \text{mol LAB} \times \text{BM LAB}$$

$$= 16,93 \text{ kmol/jam} \times 246 \text{ kg/kmol}$$

$$= 4.165,22 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga LAB} = \text{Massa LAB} \times \text{harga LAB}$$

$$= 4.165,22 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. 12.000 kg}$$

$$= \text{Rp } 49.982.584,47 / \text{jam}$$

- Asam Sulfat (H_2SO_4)

$$\text{Mol H}_2\text{SO}_4 \text{ awal} = 16,93 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa H}_2\text{SO}_4 = \text{mol H}_2\text{SO}_4 \times \text{BM H}_2\text{SO}_4$$

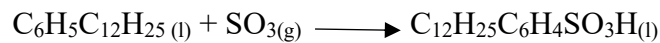
$$= 16,93 \text{ kmol/jam} \times 98 \text{ kg/kmol}$$

$$= 1.659,313 \text{ kg/jam}$$

Harga H_2SO_4	$= \text{massa } \text{H}_2\text{SO}_4 \times \text{harga } \text{H}_2\text{SO}_4$ $= 1.659,313 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 2.237,12 / \text{kg}$ $= \text{Rp } 3.712.083,285/\text{jam}$
• <i>Natrium Hidroxide (NaOH)</i>	
Mol NaOH awal	$= 15,24 \text{ kmol/jam}$
Massa NaOH	$= \text{mol NaOH} \times \text{BM NaOH}$ $= 15,24 \text{ kmol/jam} \times 40 \text{ kg/kmol}$ $= 609,54 \text{ kg/jam}$
Harga NaOH	$= \text{massa NaOH} \times \text{harga NaOH}$ $= 609,54 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 2.097,3/\text{kg}$ $= \text{Rp } 1.278.396,029/\text{jam}$
Harga bahan baku	$= \text{Harga LAB} + \text{harga } \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{harga NaOH}$ $= \text{Rp } 49.982.584,47 / \text{jam} + \text{Rp}$ $3.712.083,285/\text{jam} + \text{Rp } 1.278.396,029/\text{jam}$ $= \text{Rp } 54.973.063,78/\text{jam}$
• <i>Linear Alkylbenzene Sulphonat (LABS)</i>	
Mol awal LABS	$= 15,24 \text{ kmol/jam}$
Massa LABS	$= \text{mol LABS} \times \text{BM LABS}$ $= 15,24 \text{ kmol/jam} \times \text{kg/kmol}$ $= 5.303,0303 \text{ kg/jam}$
Harga LABS	$= \text{massa LABS} \times \text{harga LABS}$ $= 5.303,0303 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 22.250/\text{kg}$ $= \text{Rp } 117.992.424.2/\text{jam}$
Harga Produk	$= \text{Rp } 117.992.424.2/\text{jam}$
EP/ Profit	$= \text{harga jual produk} - \text{harga bahan baku}$ $= \text{Rp } 117.992.424.2/\text{jam} - \text{Rp}$ $54.973.063,78/\text{jam}$ $= \text{Rp. } 63.019.360,46/\text{jam}$

b. Proses Sulfonasi dengan SO₃

1. Reaksi Sulfonasi



Dengan berat molekul masing-masing senyawa dari reaksi sulfonasi adalah :

Rumus Molekul	BM (Kg/Kmol)	Harga (Rp/Kg)
C ₆ H ₅ C ₁₂ H ₂₅	246	12.000
SO ₃	80	5.543,6
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₄ SO ₃ H	326	-

Sumber: Alibaba.com

2. Reaksi Netralisasi



Dengan berat molekul masing-masing senyawa dari reaksi netralisasi adalah :

Rumus Molekul	BM (Kg/Kmol)	Harga (Rp/Kg)
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₄ SO ₃ H	326	-
NaOH	40	1.400
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₄ SO ₃ Na	348	22.250
Na ₂ SO ₄	142	-

Sumber: Alibaba.com

Basis : 1 jam oprasional (kg/jam)

Produk yang terbentuk pada reaksi di atas adalah C₁₂H₂₅C₆H₄SO₃Na (*Linear Alkylbenzene Sulphonat*) dengan konversi 98%.

Kapasitas produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) 42.000 ton/tahun.

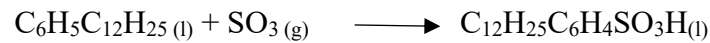
$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produksi LABS} &= 42.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 5303,0303 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol LABS yang terbentuk} &= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \\ &= \frac{5303,0303 \text{ kg/jam}}{348 \text{ kg/kmol}} \\ &= 15,24 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Konversi 98%

$$\begin{aligned}
 \text{Mol reaktan} &= \frac{\text{mol produk}}{\text{konversi}} \\
 &= \frac{15,24 \text{ kg/jam}}{0,98} \\
 &= 15,55 \text{ kmol/jam}
 \end{aligned}$$

Reaksi Sulfonasi :



M =	15,55	15,55	
B =	15,24	15,24	15,24
S =	0,31	0,31	15,55

Reaksi Netralisasi :



M =	15,24	15,24		
B =	15,24	15,24	15,24	15,24
S =	0	0	15,24	15,24

- Massa LAB ($\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25}$) yang dibutuhkan :

$$\text{Mol LAB awal} = 15,55 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa LAB} &= \text{mol LAB} \times \text{BM LAB} \\
 &= 15,55 \text{ kmol/jam} \times 246 \text{ kg/kmol} \\
 &= 3.825,20 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga LAB} &= \text{Massa LAB} \times \text{harga LAB} \\
 &= 3.825,20 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. 12.000/kg} \\
 &= \text{Rp 45.902.373,49/ jam}
 \end{aligned}$$

- Sulfur Trioksida (SO_3)

$$\text{Mol SO}_3 \text{ awal} = 15,55 \text{ kmol/jam}$$

- Massa SO_3 $= \text{mol } \text{SO}_3 \times \text{BM } \text{SO}_3$
 $= 15,55 \text{ kmol/jam} \times 80 \text{ kg/kmol}$
 $= 1.243,96 \text{ kg/jam}$
- Harga SO_3 $= \text{massa } \text{SO}_3 \times \text{harga } \text{SO}_3$
 $= 1.243,96 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 5.543,6 / \text{kg}$
 $= \text{Rp } 6.896.054,137/\text{jam}$
- Natrium Hidroxide (NaOH)*

Mol NaOH awal $= 45,71 \text{ kmol/jam}$
 Massa NaOH $= \text{mol NaOH} \times \text{BM NaOH}$
 $= 45,71 \text{ kmol/jam} \times 40 \text{ kg/kmol}$
 $= 1.828,63 \text{ kg/jam}$

Harga NaOH $= \text{massa NaOH} \times \text{harga NaOH}$
 $= 1.828,63 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 2.097,3/\text{kg}$
 $= \text{Rp } 3.835.188,088/\text{jam}$

Harga bahan baku $= \text{Harga LAB} + \text{harga } \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{harga NaOH}$
 $= \text{Rp } 45.902.373,49/\text{jam} + \text{Rp}$
 $3.835.188,088/\text{jam} + \text{Rp } 3.835.188,088/\text{jam}$
 $= \text{Rp } 56.633.615,71/\text{jam}$
 - Linear Alkylbenzene Sulphonat (LABS)*

Mol awal LABS $= 15,24 \text{ kmol/jam}$
 Massa LABS $= \text{mol LABS} \times \text{BM LABS}$
 $= 15,24 \text{ kmol/jam} \times \text{kg/kmol}$
 $= 5.303,0303 \text{ kg/jam}$

Harga LABS $= \text{massa LABS} \times \text{harga LABS}$
 $= 5.303,0303 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 22.250/\text{kg}$
 $= \text{Rp } 117.992.424,2/\text{jam}$

Harga Produk $= \text{Rp } 117.992.424,2/\text{jam}$

EP/ Profit $= \text{harga jual produk} - \text{harga bahan baku}$
 $= \text{Rp } 117.992.424,2/\text{jam} - \text{Rp Rp}$
 $56.633.615,71/\text{jam}$
 $= \text{Rp. } 61.358.808,53/\text{jam}$

c. Proses Sulfonasi dengan Oleum

Reaksi yang terjadi :

1. Reaksi Sulfonasi



Dengan berat molekul masing-masing senyawa dari reaksi sulfonasi adalah :

Rumus Molekul	BM (Kg/Kmol)	Harga (Rp/Kg)
$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25}$	246	12.000
$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{SO}_3$	178	2.237,120
$\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$	326	-
H_2SO_4	98	2.237,120

Sumber: Alibaba.com

2. Reaksi Netralisasi



Dengan berat molekul masing-masing senyawa dari reaksi netralisasi adalah :

Rumus Molekul	BM (Kg/Kmol)	Harga (Rp/Kg)
$\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$	326	-
NaOH	40	1.400
$\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$	348	22.250
H_2O	18	-

Sumber: Alibaba.com

Basis : 1 jam oprasional (kg/jam)

Produk yang terbentuk pada reaksi di atas adalah $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$ (*Linear Alkylbenzene Sulphonat*) dengan konversi 96%.

Kapasitas produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABS) 42.000 ton/tahun.

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produksi LABS} &= 42.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 5303,0303 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol LABS yang terbentuk} &= \frac{\text{Massa}}{BM} \\
 &= \frac{5303,0303 \text{ kg/jam}}{348 \text{ kg/kmol}} \\
 &= 15,24 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

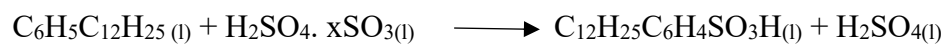
Konversi 96%

$$\begin{aligned}
 \text{Mol reaktan} &= \frac{\text{mol produk}}{\text{konversi}} \\
 &= \frac{15,24 \text{ kg/jam}}{0,96} \\
 &= 15,87 \text{ kmol/jam}
 \end{aligned}$$

Rasio *Alkylbenzene* dengan oleum adalah 1 : 1,1 oleh karena itu mol oleum mula-mula adalah :

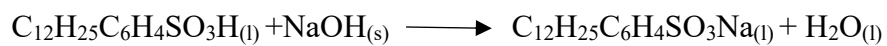
$$\begin{aligned}
 \text{Mol Oleum} &= 1,1 \times \text{Mol Alkylbenzene} \\
 &= 1,1 \times 15,874 \text{ Kmol/jam} \\
 &= 17,461 \text{ Kmol/jam}
 \end{aligned}$$

Reaksi Sulfonasi :



M =	15,87	17,461		
B =	15,24	15,24	15,24	15,24
S =	0,63	1,693	15,24	15,24

Reaksi Netralisasi :



M =	15,24	15,24		
B =	15,24	15,24	15,24	15,24
S =	0	0	15,24	15,24

- Massa LAB ($\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25}$) yang dibutuhkan :

$$\text{Mol LAB awal} = 15,87 \text{ kmol/jam}$$

- Massa LAB $= \text{mol LAB} \times \text{BM LAB}$
 $= 15,87 \text{ kmol/jam} \times 246 \text{ kg/kmol}$
 $= 3.904,89 \text{ kg/jam}$
- Harga LAB $= \text{Massa LAB} \times \text{harga LAB}$
 $= 3.904,89 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 12.000 \text{ /kg}$
 $= \text{Rp } 46.858.672,94 \text{ / jam}$
- Oleum ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{SO}_3$)
 Mol Oleum awal $= 17,461 \text{ kmol/jam}$
 Massa Oleum $= \text{mol Oleum} \times \text{BM Oleum}$
 $= 17,461 \text{ kmol/jam} \times 178 \text{ kg/kmol}$
 $= 2.825,49 \text{ kg/jam}$

Harga Oleum $= \text{massa Oleum} \times \text{harga Oleum}$
 $= 2.825,49 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 2.237,12 \text{ /kg}$
 $= \text{Rp } 6.320.958,15/\text{jam}$
 - Natrium Hidroxide* (NaOH)
 Mol NaOH awal $= 15,24 \text{ kmol/jam}$
 Massa NaOH $= \text{mol NaOH} \times \text{BM NaOH}$
 $= 15,24 \text{ kmol/jam} \times 40 \text{ kg/kmol}$
 $= 609,54 \text{ kg/jam}$

Harga NaOH $= \text{massa NaOH} \times \text{harga NaOH}$
 $= 609,54 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 2.097,3/\text{kg}$
 $= \text{Rp } 1.278.396,029/\text{jam}$

Harga bahan baku $= \text{Harga LAB} + \text{harga Oleum} + \text{harga NaOH}$
 $= \text{Rp } 46.858.672,94/\text{jam} + \text{Rp } 6.320.958,15/\text{jam} + \text{Rp } 1.278.396,029/\text{jam}$
 $= \text{Rp } 54.458.027,11/\text{jam}$
 - Linear Alkylbenzene Sulphonat* (LABS)
 Mol awal LABS $= 15,24 \text{ kmol/jam}$
 Massa LABS $= \text{mol LABS} \times \text{BM LABS}$
 $= 15,24 \text{ kmol/jam} \times \text{kg/kmol}$

	= 5.303,0303 kg/jam
Harga LABS	= massa LABS x harga LABS
	= 5.303,0303 kg/jam x Rp 22.250/kg
	= Rp 117.992.424.2/jam
• Asam Sulfat (H_2SO_4)	
Mol H_2SO_4 awal	= 15,24 kmol/jam
Massa H_2SO_4	= mol H_2SO_4 x BM H_2SO_4
	= 15,24 kmol/jam x 98 kg/kmol
	= 1.555,61 kg/jam
Harga H_2SO_4	= massa H_2SO_4 x harga H_2SO_4
	= 1.555,61kg/jam x Rp 2.237,12 /kg
	= Rp 3.480.078,08/jam
Harga Produk	= Harga LABS + harga H_2SO_4
	= Rp 117.992.424.2/jam +
	Rp3.340.874,08/jam
	= Rp 121.333.299,3/jam
EP/ <i>Profit</i>	= harga jual produk-harga bahan baku
	= Rp 121.472.502,3/jam -
	Rp54.458.027,11/jam
	= Rp. 66.875.272,09/jam

2.2.2 Kelayakan Teknis

Jika ketiga proses tersebut ditinjau dari segi reaksinya, yaitu dengan cara memperhitungkan nilai energi bebas Gibbs pada suhu reaksi (ΔG_{rx}) dan panas reaksi pembentukan pada suhu reaksi (ΔH_{rx}). (ΔH_{rx}) menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecil nilai ΔH tersebut menunjukkan jumlah panas yang dibutuhkan maupun dihasilkan. ΔH bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsung reaksi sehingga semakin besar ΔH semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan ΔH bernilai negative (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses

berlangsungnya reaksi. ΔG_{rx} bernilai (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG_{rx} bernilai (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi. Oleh karena itu, semakin kecil atau negative ΔG_{rx} maka reaksi tersebut semakin baik karena berlangsung spontan, energi yang dibutuhkan semakin kecil. Nilai ΔG° dan ΔH°_f untuk masing-masing komponen reaksi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai ΔG° dan ΔH°_f

Komponen	ΔH°_f (KJ/Kmol)	ΔG° (KJ/Kmol)
H ₂ O	-285,83	-237,129
NaOH	-469,42	-379,494
SO ₃	-431,077	0
H ₂ SO ₄	-810,398	-690,003
C ₆ H ₅ C ₁₂ H ₂₅	-246,610	-211,7
C ₆ H ₄ (C ₁₂ H ₂₅)SO ₃ H	-4992,35	-4220,63
C ₆ H ₄ (C ₁₂ H ₂₅)SO ₃ Na	-5955,66	-5255,65
SO ₃	-395,720	-371,060

(Sumber: Perry, 1984 & Yaws, 1996)

- a. *Linear Alkylbenzene* direaksikan dengan H₂SO₄

Reaksi Sulfonasi



$$\Delta H_{rx1} = (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298}$$

$$\Delta H_{298} = ((\Delta H_{298} \text{ C}_6\text{H}_4(\text{C}_{12}\text{H}_{25})\text{SO}_3\text{H} + \Delta H_{298} \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_{298}$$

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25} + \Delta H_{298} \text{ H}_2\text{SO}_4)$$

$$\Delta H_{298} = ((-4992,35 + -285,83) - (-246,610 + -810,398)) \text{ KJ}$$

$$\Delta H_{298} = ((-5278,18) - (1057,01)) \text{ KJ}$$

$$\Delta H_{298} = -4.521,17 \text{ Kj}$$

$$\Delta G^{\circ}_{298k} = \Delta G^{\circ}_{298k} (\text{produk}) - \Delta G^{\circ}_{298k} (\text{reaktan})$$

$$\Delta G^{\circ}_{298k} = ((\Delta G^{\circ}_{298k} \text{ C}_6\text{H}_4(\text{C}_{12}\text{H}_{25})\text{SO}_3\text{H} + \Delta G^{\circ}_{298k} \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G^{\circ}_{298k} \text{ C}_6\text{H}_4\text{C}_{12}\text{H}_{25} + \Delta G^{\circ}_{298k} \text{ H}_2\text{SO}_4))$$

$$\Delta G^{\circ}_{298k} = ((-4220,63 + (-237,129)) - (-2,117 + (-690,0030)) \text{ Kj/Kmol}$$

$$= (-4457,759 + -692,12) \text{ kj/kmol}$$

$$= -5.149,879 \text{ kj/Kmol}$$

b. Reaksi *Linear AlkylBenzene* direaksikan dengan SO_3

Reaksi sulfonasi



$$\Delta H_{r_{x1}} = (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298}$$

$$\Delta H_{298} = ((\Delta H_{298} \text{ C}_6\text{H}_4(\text{C}_{12}\text{H}_{25})\text{SO}_3\text{H}) - (\Delta H_{298} \text{ C}_6\text{H}_4\text{C}_{12}\text{H}_{25} + \Delta H_{298} \text{ SO}_3))$$

$$\Delta H_{298} = ((-4992,35) - (-246,610 + -395,720)) \text{ Kj}$$

$$\Delta H_{298} = ((-4992,349) - (-643,33)) \text{ Kj}$$

$$\Delta H_{298} = -4.350,018 \text{ Kj}$$

$$\Delta G^{\circ}_{298k} = \Delta G^{\circ}_{298k} (\text{produk}) - \Delta G^{\circ}_{298k} (\text{reaktan})$$

$$\Delta G^{\circ}_{298k} = ((\Delta G^{\circ}_{298k} \text{ C}_6\text{H}_4(\text{C}_{12}\text{H}_{25})\text{SO}_3\text{H}) - (\Delta G^{\circ}_{298k} \text{ C}_6\text{H}_4\text{C}_{12}\text{H}_{25} + \Delta G^{\circ}_{298k} \text{ SO}_3))$$

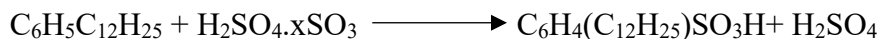
$$\Delta G^{\circ}_{298k} = (-4220,63) - (-2,117 + (-371,060)) \text{ Kj/Kmol}$$

$$= (-4220,63 + -373,177) \text{ kj/kmol}$$

$$= -4.593,807 \text{ kJ/Kmol}$$

c. *Linear AlkylBenzene* direaksikan dengan Oleum

Reaksi sulfonasi



$$\Delta H_{rx1} = (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298}$$

$$\Delta H_{298} = ((\Delta H_{298} \text{ C}_6\text{H}_4(\text{C}_{12}\text{H}_{25})\text{SO}_3\text{H} + \Delta H_{298} \text{ H}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{SO}_3) - (\Delta H_{298} \text{ C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25} + \Delta H_{298} \text{ SO}_3 + \Delta H_{298} \text{ H}_2\text{SO}_4))$$

$$\Delta H_{298} = ((-4992,35 + -810,398) - (-246,610 + -431,077 + -810,398)) \text{ KJ}$$

$$\Delta H_{298} = ((-5802,746) - (1488,085)) \text{ KJ}$$

$$\Delta H_{298} = -4.314,661 \text{ KJ}$$

$$\Delta G^{\circ}_{298k} = \Delta G^{\circ}_{298k} (\text{produk}) - \Delta G^{\circ}_{298k} (\text{reaktan})$$

$$\Delta G^{\circ}_{298k} = ((\Delta G^{\circ}_{298k} \text{ C}_6\text{H}_4(\text{C}_{12}\text{H}_{25})\text{SO}_3\text{H} + \Delta G^{\circ}_{298k} \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G^{\circ}_{298k} \text{ C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25} + \Delta G^{\circ}_{298k} \text{ SO}_3 + \Delta G^{\circ}_{298k} \text{ H}_2\text{SO}_4))$$

$$\Delta G^{\circ}_{298k} = ((-4220,63 + (-237,129)) - (-2,117 + 0 + (-690,0030)) \text{ KJ/Kmol}$$

$$= -5.602,753 \text{ kJ/Kmol}$$

Berdasarkan perhitungan ΔH_{rx} dan ΔG_{rx} dari ketiga reaksi di atas diperoleh nilai ΔG_{rx} negative (-) menunjukkan bahwa reaksi pembentukan *Linear Alkylbenzen Sulfonate* dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G_{rx} < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil)

2.2.3 Perbandingan Proses

Berdasarkan ketiga proses sulfonasi tersebut, maka perbandingan proses pembuatan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LABS) dapat dilihat seperti tabel berikut:

Tabel 2.2 perbandingan Macam- macam Proses (Kirk and Othmer, 1983; Karudin, 2010).

No	KETERANGAN	PROSES SULFONASI DENGAN		
		H ₂ SO ₄	GAS SO ₃	OLEUM
1.	Reaktor	RATB	Gelembung	RATB
2.	Temperature	0-50 °C	50°C	20-50°C
3.	Tekanan	1 atm	1,5 atm	1 atm
4.	Hasil Samping	H ₂ O	-	H ₂ SO ₄
5.	Konversi	90%	98%	96%
6.	Keuntungan yang diperoleh pabrik	Rp63.019.360,46	Rp61.358.808,53	Rp66.875.272,09
7.	ΔG°_{298k}	-5.149,879 kj/Kmol	-4.593,807 kj/Kmol	-5.602,753 kj/Kmol
8.	ΔH_{298}	-4.521,17 Kj	-4.350,018 Kj	-4.314,661 Kj

Dari ketiga uraian proses sulfonasi di atas, maka dipilih proses yang ketiga, yaitu proses sulfonasi menggunakan oleum. Alasan pemilihan tersebut antara lain:

1. Menghasilkan produk samping berupa H₂SO₄ yang dapat dijual dipasaran.
2. Reaksi berlangsung lebih cepat dibanding dengan reaksi lain, dan melepaskan energi panas yang lebih kecil.
3. Kondisi operasi berlangsung pada suhu rendah dan tekanan atmosferis, sehingga penanganannya mudah dan energi yang dibutuhkan kecil
4. Keuntungan yang diperoleh dari hasil proses Oleum ini juga lebih besar dibandingkan dengan kedua proses lainnya.

2.3 Uraian Proses

Proses Pembuatan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dari bahan baku *Linear Benzene* dan oleum terbagi menjadi 3 tahap, yaitu:

2.3.1 Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku proses pembuatan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* adalah *Alkylbenzene* dan oleum. *Alkylbenzene* disimpan dalam tangki penyimpanan (ST-101), sedangkan oleum disimpan dalam tangki penyimpanan (ST-102) dengan kondisi operasi suhu 30°C serta tekanan 1 atm. Kedua bahan dipompa menuju *Heater* (HE-101 dan HE 102) dengan menggunakan pompa (PP-101) dan (PP-102) untuk dinaikkan suhunya hingga 50°C. Kemudian *Linear Alkylbenzene* dan oleum dialirkan menuju reaktor (RE-201) dengan perbandingan antara *Linear Alkylbenzene* dan oleum 20% sebesar 1: 1,1 pada suhu 50°C serta tekanan 1 atm (Paten PCT -309/31).

2.3.2 Proses Sulfonasi

Reaktor yang digunakan pada proses pembuatan *Linear Alkylbenzene Shulphonate* adalah reaktor CSTR yang bekerja pada kondisi isothermal pada suhu 50°C dan tekanan 1 atm. Konversi reaktan dalam reaktor mencapai 96%. Reaksi yang terjadi antara *Alkylbenzene* dengan Oleum bersifat eksotermis dan tidak dapat balik (*irreversible*), sehingga suhu dalam reaksi harus dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping.

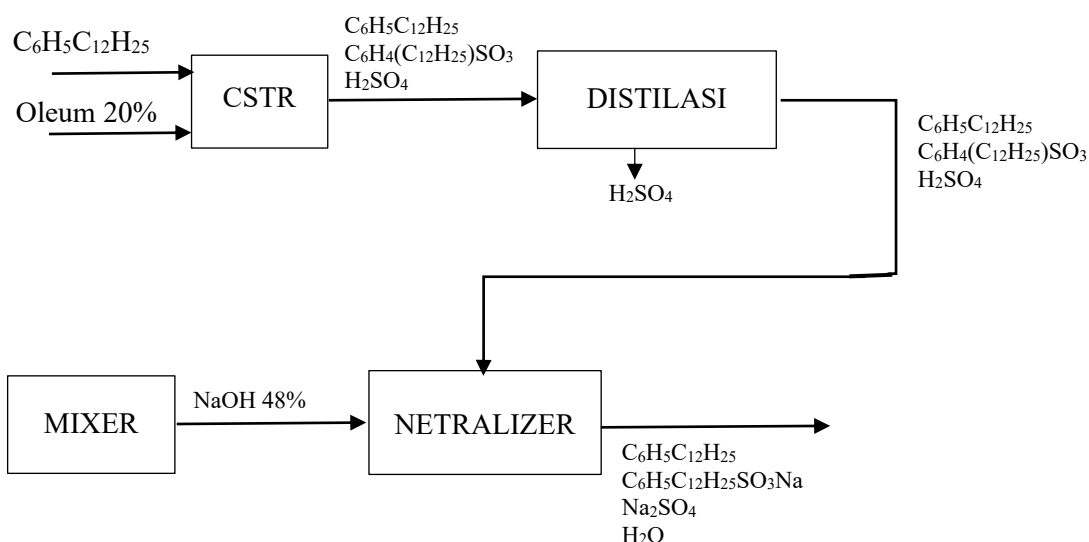
2.3.3 Proses Pemisahan

Produk keluaran reaktor akan dipanaskan menggunakan HE-103 dengan *fluida* panas berupa *hot oil* dengan suhu masuk 348°C dan keluar 300°C, dan *fluida* dingin keluaran reaktor dengan suhu 50°C dipanaskan hingga suhunya mencapai 193,5°C untuk mencapai suhu *bubble* dari produk untuk diumpankan ke dalam *Distillation Column* (DC-201) untuk memisahkan H₂SO₄ (78%) dengan *Linear Alkylbenzene Sulfonate Acid*. Dimana H₂SO₄ sebagai produk bawah akan terpisah dengan efisiensi pemisahan hingga 95%, dimana 5% lainnya akan terbawa pada produk atas *Linear Alkylbenzene Sulfonate Acid*. Produk atas keluar dari DC-201 bersuhu 193,5°C dan didinginkan menggunakan CO-202 dengan *fluida* dingin *Dowterm A* (*Biphenyl* (C₁₂H₁₀) dan *Diphenyl oxide* (C₁₂H₁₀O)) dengan suhu masuk

32°C dan keluar pada suhu 115°C, untuk mendinginkan *Linear Alkylbenzene Sulfonate Acid* hingga suhu 50°C untuk masuk ke Reaktor netralisasi (RE-301) untuk dinetralkan kandungan asamnya hingga terbentuk larutan garam LABS. Sedangkan produk bawah H_2SO_4 yang keluar dari DC-201 pada suhu 337,5°C akan didinginkan menggunakan CO-201 dengan fluida dingin adalah *Dowterm A* (*Biphenyl* ($\text{C}_{12}\text{H}_{10}$) dan *Diphenyl oxide* ($\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{O}$)) pada suhu masuk 32°C dan keluar 115°C, sedangkan H_2SO_4 keluar bersuhu 30°C untuk disimpan didalam ST-201.

2.3.4 Proses Netralisasi

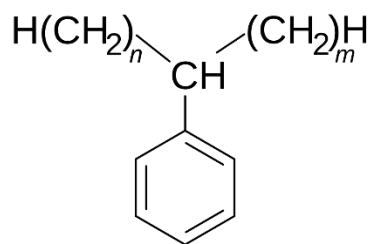
Asam *Linear AlkylBenzene Sulfonate* kemudian dinetralkan menggunakan NaOH 48% dalam Reaktor netralisasi (RE-301) dan reaksi netralisasi ini berlangsung pada suhu 50°C. Keluaran dari RE-301 kemudian didinginkan menggunakan CO-301 dengan fluida dingin *cooling water* menggunakan suhu masuk 30°C dan keluar 45°C untuk mendinginkan LABS menjadi 32°C untuk dialirkan menuju ST-301 dan disimpan dengan spesifikasi produk dengan kemurnian 80%.



III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

3.1.1 *Linear Alkylbenzene*



Gambar 3.1 *Linear alkylbenzene*

Sifat fisik *Linear Alkylbenzene*

Bentuk	: Cair
Rumus Kimia	: $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25}$
Berat Molekul	: 246,435 Kg/kmol
Warna	: Tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Kapasitas Panas	: 0,21074 kkal/kg.K
Densitas	: 0,873 g/cm ³
Titik Didih	: 260°C
Titik Beku	: -7°C
Viskositas	: 2,47 cp
Kelarutan	: Sedikit larut dalam air panas, dan tidak larut dalam air dingin dan <i>methanol</i> .

(Sumber: <http://www.asc.co.id/>)

Sifat Kimia *Linear Alkylbenzene*

- Tidak larut dalam air (20°C)
- Mudah terbakar dan beracun

- c. Mengalami reaksi sulfonasi dengan penambahan Oleum menjadi *Linear Alkylbenzene Sulfonate*

3.1.2 Oleum 20%

Sifat Fisik Oleum 20%

Bentuk	: Cair
Rumus Kimia	: $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{SO}_3$
Berat Molekul	: 178,14 gr/mol
Warna	: Tidak berwarna
Kapasitas Panas	: 0,07350 kkal/kg.K
Densitas	: 1,915 g/cm ³
Titik Didih	: 279,6°C
Titik Beku	: 1°C
Viskositas	: 10,3 cp
Kelarutan	: larut dalam air

(Sumber: <http://www.indoacid.com/>)

Sifat Kimia Oleum 20%

- Oleum bersifat menarik air dan mudah larut dalam air
- Oleum sangat korosif dan mudah meledak
- Bahan pengoksidasi yang sangat kuat

(Kirk & Othmer, 1981)

3.2 Spesifikasi Bahan Penunjang

3.2.1 Natrium Hidroksida

Sifat Fisik Natrium Hidroksida

Bentuk	: Padat, kristal higroskopis
Rumus Kimia	: NaOH
Berat Molekul	: 40 gr/mol
Warna	: Putih
Kapasitas Panas	: 0,40327 kkal/kg.K
Densitas	: 1,43 g/cm ³

Titik Didih	: 190°C
Titik Beku	: 2°C
Viskositas	: 10,3 cp
Kelarutan	: larut dalam air dan beberapa pelarut organik

(Sumber: <http://www.asc.co.id/>)

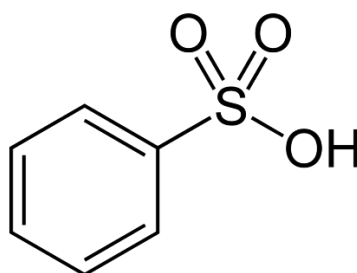
Sifat Kimia Oleum 20%

- NaOH merupakan zat berwarna putih dan rapuh dengan cepat, dapat mengabsorpsi uap air dan CO₂ dari udara, kristal NaOH berserat memebentuk anyaman.
- NaOH mudah larut dalam air, jika kontak dengan udara akan mencair dan jika dibakar akan meleleh

(Sumber: Perry, 1984 & Kirk & Othmer, 1981)

3.3 Spesifikasi Produk

3.3.1 Asam Benzen Sulfonate



Gambar 3.2 Asam Benzene Sulfonate

Sifat Fisik Asam Benzene Sulfonate

Bentuk	: Cair
Rumus Kimia	: C ₆ H ₄ (C ₁₂ H ₂₅)SO ₃ H
Berat Molekul	: 158,18 gr/mol
Warna	: Tidak Berwarna
Kapasitas Panas	: 0,6 kkal/kg.K
Densitas	: 1,32 g/cm ³

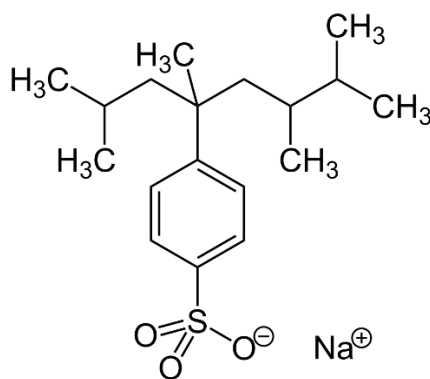
Titik Didih : 190°C
 Kelarutan : Sedikit larut dalam air panas

Sifat Kimia Benzene Sulfonate

- Merupakan turunan *benzene*
- Dihasilkan dari reaksi antara *benzene* dan oleum
- Cenderung disimpan sebagai garam natrium

(Sumber: <http://www.asc.co.id/>)

3.2.2 Linear Alkylbenzene Sulfonate



Gambar 3.3 Linear Alkylbenzene Sulfonate

Sifat Fisik Linear Alkylbenzene Sulfonate

Bentuk : Cair
 Rumus Kimia : C₆H₄(C₁₂H₂₅)SO₃Na
 Berat Molekul : 348 gr/mol
 Warna : Bening
 Bau : Tidak berbau
 pH : Asam
 Kapasitas Panas : 0,6 kkal/kg.K
 Densitas : 1198,4 kg/cm³
 Titik Didih : 637°C
 Viskositas : 28,37 cp
 Kelarutan : Sedikit larut dalam air panas

Sifat Kimia *Linear Alkylbenzene Sulfonate*

- a. Sangat larut dalam air
- b. Bersifat sebagai surfaktan, berbusa

(Sumber: <http://www.chemicaland21.com>)

3.3.3 Asam Sulfat

Sifat Fisik Asam Sulfat

Bentuk	: Cair
Rumus Kimia	: H_2SO_4
Berat Molekul	: 98,08 gr/mol
Kapasitas Panas	: 0,17102 kkal/kg.K
Densitas	: 1,84 kg/cm ³
Titik Didih	: 335°C
Viskositas	: 26,7 cp
Kelarutan	: Larut dalam air
Kemurnian	: 98%

(Sumber: www.merkgroup.com)

Sifat Kimia Asam Sulfate

- a. Asam sulfate sangat korosife terhadap banyak bahan, termasuk logam, kulit, dan tekstil.
- b. Dapat bertindak sebagai agen pengoksidasi yang kuat.
- c. Bersifat higroskopis

(Sumber: www.merkgroup.com)

X. SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap prarancangan pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* dari *alkylbenzene* dan Oleum dengan kapasitas 42.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Return on Investment* (ROI) sebesar 36%
2. *Pay Out Time* (POT) selama 1,91 tahun
3. *Break Event Point* (BEP) sebesar 36%
4. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 23%
5. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 28,65% lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini dari pada bank.

10.2. Saran

Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dari *Alkylbenzene* dan oleum dengan kapasitas 42.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2023, Statistic Indonesia, www.bps.go.id, Indonesia. Diakses 9 April 2023.
- Banchero, Julius T. and Walter L. Badger. 1988. Introduction to Chemical Engineering. McGraw Hill : New York.
- Bank Indonesia. 2023. Nilai Kurs. www.bi.go.id. Diakses 7 Juni 2023.
- Brannan, C.R. 2002. Rules of Thumb for Chemical Engineer. Gulf Publising, United States of America.
- Brown. G. George., 1950. Unit Operation 6ed . Wiley&Sons: USA.
- Brownell. L. E. and Young. E. H., 1959, Process Equipment Design 3ed, John Wiley & Sons, New York.
- Demaskusumo, R. V. 2022. Penentuan Status Mutu Sungai Bengawan Solo Dengan Metode Storet, Metode Indeks Pencemaran, Ccme Dan Bwqi Di Kabupaten Gresik. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2019. Standar Kualitas Air Bersih.
- Engineering ToolBox. 2001. www.engineeringtoolbox.com
- Faith, W.L., Keyes, D.B and Clark, R.L. 1975. Industrial Chemistry. John Wiley and Sons. London.
- Fogler, H. Scott. 1992. Elements of Chemical Reaction Envigneering 2 nd edition. Prentice Hall International Inc. : United States of America.
- Foust, A. S., 1980, Principles of Unit Operation, 2nd edition, John Willey and Sons, New York.
- Geankoplis. Christie. J., 1993, Transport Processes and unit Operation 3th ed, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.

- Hesse, H.C., & Rushton, J.H. 1959. Process Equipment Design. Von Nostrand Company Inc. New York
- Himmeblau. David., 1996, Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- J. M. and Ricardson. J. F., 1983, Chemical Engineering vol 6, Pergamon Press Inc, New York.
- Joshi, M.V. 1976. Process Equipment Design. New Delhi: Macmillan.
- Kern, Donald Q. 1965. Process Heat Transfer. Mcgraw-Hill Co, New York.
- Kirk, R. E. A. O., D. F. 1991. Wiley Inter Science Publisher Inc. Encyclopedia of Chemical Technology. New York.
- Matches. 1980. Matches' Engineering to Chemical Energy Manufacturing Metallurgical Industries. www.matche.com/about/default.html.
- McCabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, Operasi Teknik Kimia, Erlangga, Jakarta.
- Megyesy. E. F., 1983, Pressure Vessel Handbook, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.
- Ojeda Toro, J. C., Dobrosz-Gómez, I., & Gómez García, M. Á. (2015). Kinetic study on sodium sulfate synthesis by reactive crystallization. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 54(8), 2311–2316. <https://doi.org/10.1021/ie504763q>
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. Perry's Chemical Engineers' Handbook 8 th edition. McGraw Hill : New York.
- Peter. M. S. and Timmerhaus. K. D., 1991, Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3ed, Mc Graww-Hill Book Company, New York.
- Powell, S. T., 1954, Water Conditioning for Industry, Mc Graw Hill Book Company, New York.

- Praveen, Verma. 2004. Cooling Water Treatment Handbook. Albatross Fine Chem Ltd., India. Rase. 1977. Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and Techniques. John Wiley and Sons : New York.
- Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition. McGraw Hill : New York.
- Treyball. R. E. 1980. Mass Transfer Operation 3rd edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Twort, A. C., Ratnayaka, D. D., Brandt, M. J. 2000. Water Supply 5th edition. Butterworth-Heinemann : Oxford.
- Ulrich. G. D., 1984, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Ullman., 2012., "Ullman's Chemical Engineering and Plant Design", wiley & Sons Inc, New 124 York.
- UNData, C. 2020. Sodium Sulfate. www.comtrade.un.org/data/
- Walas, Stanley M. 1990. Chemical Process Equipment. Butterworth-Heinemann : Washington.
- Wibowo, H. P. E., Purnomo, T., & Ambarwati, R. 2014. Kualitas Perairan Sungai Bengawan Solo di Wilayah Kabupaten Bojonegoro Berdasarkan Indeks Keanekaragaman Plankton. Jurnal Lentera Bio, 3(3), 209-215.
- Wilson, E. T. 2005. Clarifier Design. Mc Graw Hill Book Company : London
- Yaws, C. L. 1999. Chemical Properties Handbook. Mc Graw Hill Book Co., New York.