

**PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR ALKYL BENZENE*
SULFONATE DARI LINEAR ALKYL BENZENE DAN *OLEUM*
20% DENGAN PROSES SULFONASI KAPASITAS 15.000
TON/TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Rifdah Hanuun Nazhiifah

Nama : Hafidz Dita Al Akram

NIM : 21521057

NIM : 21521126

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PRA-RANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	:	Rifdah Hanuun Nazhiifah	Nama	:	Hafidz Dita Al Akram
NIM	:	21521057	NIM	:	21521126

Yogyakarta, Juni 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra-Rancangan Pabrik ini adalah karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tanda Tangan
Mahasiswa 1



Rifdah Hanuun Nazhiifah

NIM. 21521057

Tanda Tangan
Mahasiswa 2



Hafidz Dita Al Akram

NIM. 21521126

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR ALKYL*BENZENE SULFONATE
DARI *LINEAR ALKYL*BENZENE DAN *OLEUM* 20% DENGAN PROSES
SULFONASI KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

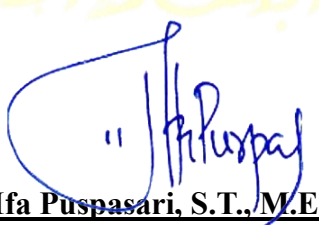
PRA RANCANGAN PABRIK

Disusun Oleh:

Nama : Rifdah Hanuun Nazhiifah	Nama : Hafidz Dita Al Akram
NIM : 21521057	NIM : 21521126

Yogyakarta, 30 Juni 2025

Pembimbing,


Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIK. 155210506

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR ALKYL*BENZENE SULFONATE DARI
***LINEAR ALKYL*BENZENE DAN OLEUM 20% DENGAN PROSES SULFONASI**
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : Rifdah Hanuun Nazhiifah
NIM : 21521057

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 25 Juli 2025

Tim Penguji,

Ketua Penguji

Venitalitva Alethea Sari Agustia, S.T., M.Eng.

Anggota I

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

Anggota II

Dr. Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.

 29/7/25



 29/7/25

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia-Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia




Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D

NIK.995200445

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam tak lupa penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia menuju jalan kebenaran. Berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul: **“PRA RANCANGAN PABRIK LINEAR ALKYL BENZENE SULFONATE DARI LINEAR ALKYL BENZENE DAN OLEUM 20% DENGAN PROSES SULFONASI KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN”**. Penyusunan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik Kimia ini merupakan bagian dari pemenuhan syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Proses penyusunan Tugas Akhir ini juga menjadi sarana penerapan ilmu teknik kimia yang telah penulis pelajari, sekaligus upaya untuk berkontribusi kecil dalam pengembangan dunia industri kimia berkelanjutan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Allah SWT atas segala petunjuk dan segala kehendak-Nya penulis diberikan kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

2. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa, dukungan materiil, dan moril tanpa henti. selama menempuh masa Pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar membimbing dan mendukung kami, serta memberikan semangat dan masukan dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya masukan dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan di masa yang akan datang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan dunia industri kimia di Indonesia.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 30 Juni 2025

Penyusun

LEMBARPERSEMBAHAN



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. Dengan kasih dan cinta-Nya, saya diberikan kekuatan, dan pemahaman yang membantu saya menyelesaikan tugas ini tepat waktu. Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada orang-orang yang sangat saya cintai dan sayangi, sebagai penyemangat dalam menjalani perkuliahan dari awal hingga akhir. Tugas akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua Orangtua penulis, sebagai wujud rasa terima kasih, penulis mempersembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada Bapak Suliyo Wahyu Raharjo dan Ibu Siti Mubingatin yang selalu memberikan *support* serta doa tulus yang tidak pernah putus di setiap langkah penulis. Semoga dengan terselesaikannya masa perkuliahan penulis dengan tepat waktu ini bisa menjadi hadiah kecil untuk orangtua penulis, karena ini mungkin tidak akan sebanding dengan segala pengorbanan, keringat, waktu, dan cinta yang telah tercurah demi pendidikan dan masa depan penulis.
2. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir ini, Penulis mengucapkan mengucapkan terima kasih yang sangat dalam atas segala dukungan, motivasi, serta bantuan yang Ibu berikan. Tanpa bimbingan Ibu, mungkin penulis tidak bisa berada pada titik ini, mampu melewati tantangan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa memberkahi Ibu dan keluarga dengan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang melimpah.

3. Tadika Mesra (Raihana, Salsa, Rani, Zhafira, Irfan, Rafli, Ipang, Yuda, Alief, Akbar, Akram) teman-teman satu jurusan penulis yang selalu membuat penulis merasa nyaman dan bahagia selama melewati masa perkuliahan di Teknik Kimia. Terima kasih atas tawa, candaan dan kebersamaannya selama 3 tahun ini. Semoga kita selalu dimudahkan dalam segala urusan, dan penulis berharap semoga suatu saat kita dapat berkumpul kembali di masa depan dengan versi terbaik dari diri kita masing-masing .
4. Nazla Sakinah dan Salfa Tolanda A. teman baik penulis, *thank you for all the kindness, time, jokes, laughter and tears that we have shared together will always be remembered by the author. May all good things always be with you.*
5. Semua teman dan orang-orang yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, penulis mengucapkan terima kasih atas semangat dan dukungan yang diberikan kepada penulis.

Rifdah Hanuun Nazhiifah

Teknik Kimia UII

2021

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
KATA PENGANTAR	iii
LEMBARPERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMBANG/NOTASI SINGKATAN	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.2.1 Proyeksi Impor dan Ekspor Linear Alkylbenzene Sulfonate	2
1.2.2 Estimasi Konsumsi <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> di Indonesia	5
1.2.3 Kapasitas Produksi <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> (LAS) di Indonesia	5
1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku	6
1.3 Tinjauan Pustaka.....	7
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	12
1.5 Tinjauan Kinetika	16
BAB II.....	18
PERANCANGAN PRODUK	18
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Pendukung.....	18
2.2 Spesifikasi Produk.....	20

2.3	Pengendalian Kualitas	21
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	21
2.3.2	Pengendalian Kualitas Produk	22
2.4	Pengendalian Proses	23
2.4.1	Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan	24
BAB III		26
PERANCANGAN PROSES		26
3.1	Diagram Alir Proses dan Material	26
3.2	Uraian Proses	28
3.2.1	Persiapan Bahan Baku.....	28
3.2.2	Pembentukan Produk	29
3.2.3	Proses Pemisahan	29
3.2.4	Proses Netralisasi	29
3.2.5	Proses Pemisahan <i>Cake</i> dan Filtrat	30
3.2.6	Proses Pemurnian	30
3.2.7	Proses Penyimpanan	30
3.3	Spesifikasi Alat	31
3.3.1	Reaktor (R-01)	31
3.3.2	Decanter (D-01)	32
3.3.3	Neutralizer (N-01).....	33
3.3.4	Spesifikasi Alat <i>Centrifuge</i> (CF-01)	34
3.3.5	Spesifikasi Alat <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	35
3.3.6	Spesifikasi Alat Evaporator (EV-01)	36
3.3.7	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku.....	37
3.3.8	Spesifikasi Alat Penyimpanan Produk.....	40

3.3.9	Spesifikasi Alat Transportasi	43
3.3.10	Spesifikasi Alat Penukar Panas	55
3.4	Neraca Massa	67
3.5	Neraca Panas	73
BAB IV		78
PERANCANGAN PABRIK		78
4.1	Pemilihan Lokasi Pabrik	78
4.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	82
4.3	Tata Letak Mesin/ Alat Proses (<i>Mechines Layout</i>)	85
4.4	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	88
4.4.1	Bentuk Organisasi	88
4.4.2	Struktur Organisasi	89
4.4.3	Tugas dan Wewenang	92
4.4.4	Direktur Administrasi dan Umum	94
4.4.5	Pengaturan Jam Kerja Karyawan	95
4.4.6	Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji	98
4.4.7	Kesejahteraan Sosial Karyawan	102
4.4.8	Fasilitas dan Hak Karyawan	103
BAB V		104
UTILITAS		104
5.1	Unit Penyedia dan Pengolahan Air	104
5.1.1	Unit Penyediaan Air	104
5.1.2	Unit Pengolahan Air	107
5.2	Unit Pembangkit Steam	111
5.3	Unit Pembangkit Listrik	117

5.4	Unit Penyedia Udara Tekan	122
5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar	123
5.6	Unit Pengolahan Limbah.....	124
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas	125
BAB VI		137
EVALUASI EKONOMI.....		137
6.1	Penaksiran Harga Alat.....	138
6.2	Dasar Perhitungan	143
6.3	Komponen Biaya.....	144
6.3.1	Modal (Capital Cost).....	144
6.3.2	Biaya Produksi (Manufacturing Cost)	146
6.3.3	Pengeluaran Umum (General Expense).....	148
6.3.4	Analisi Keuntungan.....	149
6.3.5	Analisa Kelayakan	150
BAB VII.....		158
PENUTUP.....		158
7.1	Kesimpulan	158
7.2	Saran.....	159
DAFTAR PUSTAKA		160
LAMPIRAN A		162
LAMPIRAN B		178
LAMPIRAN C		180

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor LAS	2
Tabel 1. 2 Data Ekspor Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)	4
Tabel 1. 3 Data Kapasitas Produksi LAS di Indonesia	6
Tabel 2. 1 Sifat Fisis Linear Alkylbenzene	18
Tabel 2. 2 Sifat Fisis Oleum 20%.....	19
Tabel 2. 3 Sifat Fisis NaOH	19
Tabel 2. 4 Sifat Fisis Linear Alkylbenzene Sulfonate	20
Tabel 2. 5 Sifat Fisis Asam Sulfat	20
Tabel 2. 6 Sifat Fisis Natrium Sulfat.....	21
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor.....	31
Tabel 3. 2 Spesifikasi Decanter	32
Tabel 3. 3 Spesifikasi Neutralizer	33
Tabel 3. 4 Spesifikasi Centrifuge	34
Tabel 3. 5 Spesifikasi Rotary Dryer	35
Tabel 3. 6 Spesifikasi Evaporator.....	36
Tabel 3. 7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Linear Alkylbenzene	37
Tabel 3. 8 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Oleum 20%	38
Tabel 3. 9 Spesifikasi Tangki Penyimpanan NaOH	39
Tabel 3. 10 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (H ₂ SO ₄).....	40
Tabel 3. 11 Spesifikasi Rangka Penyimpanan Linear Alkylbenzene Sulfonate	41
Tabel 3. 12 Spesifikasi Silo Penyimpanan Natrium Sulfat Na ₂ SO ₄	42
Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat Transportasi 1	43
Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Transportasi 2	44
Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat Transportasi 3	45
Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat Transportasi 4	46
Tabel 3. 17 Spesifikasi Alat Transportasi 5	47
Tabel 3. 18 Spesifikasi Alat Transportasi 6	48
Tabel 3. 19 Spesifikasi Alat Transportasi 7	49
Tabel 3. 20 Spesifikasi Alat Transportasi 8	50

Tabel 3. 21 Spesifikasi Alat Transportasi 9	51
Tabel 3. 22 Spesifikasi Alat Transportasi 10	52
Tabel 3. 23 Spesifikasi Alat Transportasi 11	52
Tabel 3. 24 Spesifikasi Alat Transportasi 12	53
Tabel 3. 25 Spesifikasi Alat Transportasi 13	54
Tabel 3. 26 Spesifikasi Heat Exchanger -01	55
Tabel 3. 27 Spesifikasi Heat Exchanger -02	57
Tabel 3. 28 Spesifikasi Heat Exchanger -03	59
Tabel 3. 29 Spesifikasi Cooler -01	61
Tabel 3. 30 Spesifikasi Cooler-02	63
Tabel 3. 31 Spesifikasi Cooler-03	65
Tabel 3. 32 Neraca Massa Reaktor (R-01)	67
Tabel 3. 33 Neraca Massa Decanter (D-01)	68
Tabel 3. 34 Neraca Massa Netralizer (N-01)	69
Tabel 3. 35 Neraca Massa Evaporator (Ev-01)	70
Tabel 3. 36 Neraca Massa Centrifuge (CF-01)	71
Tabel 3. 37 Neraca Massa Evaporator (EV-01)	72
Tabel 3. 38 Neraca Panas Reaktor (R-01)	73
Tabel 3. 39 Neraca Panas Decanter (D-01)	73
Tabel 3. 40 Neraca Panas Neutralizer (N-01)	74
Tabel 3. 41 Neraca Panas Centrifuge (CF-01)	74
Tabel 3. 42 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01)	75
Tabel 3. 43 Neraca Panas Evaporator (EV-01)	75
Tabel 3. 44 Neraca Panas Heat Exchanger-01	76
Tabel 3. 45 Neraca Panas Heat Exchanger-02	76
Tabel 3. 46 Neraca Panas Heat Exchanger-03	76
Tabel 3. 47 Neraca Panas Cooler-01	77
Tabel 3. 48 Neraca Panas Cooler-02	77
Tabel 3. 49 Neraca Panas Cooler-03	77
Tabel 4. 1 Perincian Luas Bangunan dan Tanah	83
Tabel 4. 2 Jadwal Jam Kerja Karyawan Non-Shift	95

Tabel 4. 3 Jadwal Jam Kerja Karyawan Shift	96
Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok	97
Tabel 4. 5 Jadwal Kerja Setiap Kelompok	97
Tabel 4. 6 Jumlah Pekerja dan sistem Penggajian.....	99
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pemanas	106
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin	107
Tabel 5. 3 Kebutuhan Umpan Boiler.....	112
Tabel 5. 4 Kebutuhan Umpan Boiler.....	114
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Proses	118
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas.....	119
Tabel 5. 7 Total Kebutuhan Listrik Pabrik	122
Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas	125
Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan	126
Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas Lnjutan	127
Tabel 5. 11 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan	128
Tabel 5. 12 Spesifikasi dan Bak Utilitas	129
Tabel 5. 13 Spesifikasi tangki Utilitas.....	130
Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki utilitas Lanjutan	131
Tabel 5. 15 Spesifikasi Cooling Tower	132
Tabel 5. 16 Spesifikasi Fluktuator.....	132
Tabel 5. 17 Spesifikasi Clarifier.....	133
Tabel 5. 18 Spesifikasi Sand Filter.....	133
Tabel 5. 19 Spesifikasi Kation Exchanger	134
Tabel 5. 20 Spesifikasi Anion Exchanger	134
Tabel 5. 21 Spesifikasi Derator	135
Tabel 5. 22 Spesifikasi Reserve Osmosis.....	135
Tabel 5. 23 Spesifikasi Boiler 1	136
Tabel 5. 24 Spesifikasi Boiler 2	136
Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat.....	138
Tabel 6. 2 Harga alat Proses	141
Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas.....	142

Tabel 6. 4 Direct Plant Cost	144
Tabel 6. 5 Indirect Cost	144
Tabel 6. 6 Contractor fee & Contingency	145
Tabel 6. 7 Total Fixed Capital Investment	145
Tabel 6. 8 Working Capital Investment.....	146
Tabel 6. 9 Direct Manufacturing Cost.....	147
Tabel 6. 10 Indirect Manufacturing Cost	147
Tabel 6. 11 Fixed Manufacturing Cost.....	148
Tabel 6. 12 Total Manufacturing Cost.....	148
Tabel 6. 13 General Expenses	149
Tabel 6. 14 Total Production Cost.....	149
Tabel 6. 15 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)	152
Tabel 6. 16 Annual Regulated Expenses (Ra).....	152
Tabel 6. 17 Annual variable value (Va)	153
Tabel 6. 18 Annual sales value (Sa)	153
Tabel 6. 19 Analisa Resiko Pabrik	155
Tabel 6. 20 Hasil Analisa Kelayakan.....	156

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor LAS	3
Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)	4
Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif	26
Gambar 3. 2 Diagram alir kualitiati	27
Gambar 4. 1 Denah Lokasi Pabrik	78
Gambar 4. 2 Layout Pabrik Linear Alkylbenzene Sulfonate	84
Gambar 4. 3 Tata letak alat proses (Machines Layout).....	87
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan	91
Gambar 5. 1 Skema Unit Pengolahan Air dan Steam	116
Gambar 6. 1 Grafik Regresi Linear.....	140
Gambar 6. 2 Grafik Analisa Kelayakan	157

DAFTAR LAMBANG/NOTASI SINGKATAN

T	:	<i>Temperature</i> , °C
D	:	Diameter, m
H	:	Tinggi, m
P	:	Tekanan, psia
μ	:	Viskositas, cP
ρ	:	Densitas, kg/m ³
Q	:	Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	:	Luas Penampang, m ²
V	:	Volume, m ³
t	:	Waktu, jam
M	:	Massa, kg
F _v	:	Laju Volumetrik, m ³
R	:	Jari-jari, in
P	:	<i>Power motor</i> , Hp
ts	:	Tebal <i>shell</i> , in
ΔP	:	<i>Pressure drop</i> , psia
ID	:	<i>Inside</i> diameter, in
OD	:	<i>Outside</i> diameter, in
Th	:	Tebal <i>head</i> , in
Re	:	Bilangan Reynold

f	:	Allowable stress, psia
icr	:	Jari-jari sudut dalam, in
L	:	Lebar pengaduk, m
N	:	Kecepatan putaran, rpm
UD	:	Koefisien perpindahan panas overall HE, Btu/jam ft ² °F
UC	:	Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft ² °F
P	:	Panjang, m
l	:	Lebar, m
x	:	Konversi, %
E	:	Efisiensi sambungan
K	:	Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
k	:	Konstanta kinetika reaksi
R	:	Tatapan konstan gas
Fv	:	Laju alir, m ³ /jam
Sg	:	Specific gravity
LMTD	:	Long Mean Temperature Different, °F

ABSTRAK

Linear Alkylbenzene Sulfonate ($C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$) adalah surfaktan yang banyak digunakan dalam produk deterjen dan pembersih karena sifatnya yang efisien, ekonomis, dan mudah terurai. Tingginya permintaan menjadikan LAS bahan strategis, sehingga perancangan pabrik ini penting untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mendukung kemandirian industri. Pembangunan pabrik LAS di dalam negeri dinilai strategis untuk mengurangi impor, serta memanfaatkan peluang pasar domestik yang besar. Perancangan pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* dengan proses sulfonasi kapasitas 15,000 ton/tahun direncanakan akan dibangun di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten, dengan luas area 15,000 m². Pabrik ini akan dioperasikan selama 330 hari atau 24 jam sehari dengan jumlah 164 karyawan. Bahan baku yang dibutuhkan adalah *Linear Alkylbenzene* dan *Oleum* 20%. Proses produksi akan dioperasikan pada suhu 50° C, dan tekanan 1 atm menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Pembangunan pabrik LAS di dalam negeri dinilai strategis untuk mengurangi impor, mendukung kemandirian industri kimia nasional, serta memanfaatkan peluang pasar domestik yang besar. *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dipilih karena berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, pabrik ini tergolong rendah risiko dan layak secara finansial. Analisis kelayakan menunjukkan nilai *Return on Investment* (ROI) sebesar 25,4% sebelum pajak dan 20,33% setelah pajak. Waktu pengembalian investasi (*Pay Out Time*) tercatat selama 3,93 tahun sebelum pajak dan 3,53 tahun setelah pajak. Nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 51,7% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 31,8%, sementara nilai *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) mencapai 22,41%. Dengan mempertimbangkan seluruh parameter teknis dan ekonomi tersebut, dapat disimpulkan bahwa pembangunan pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* berbahan baku minyak kelapa ini bersifat menguntungkan dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

Kata kunci: *Linear Alkylbenzene*, *Linear alkylbenzene sulfonate*, NaOH 48%, *Oleum* 20%, Sulfonasi.

ABSTRACT

Linear Alkylbenzene Sulfonate ($C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$) is a surfactant widely used in detergent and cleaning products due to its efficient, economical, and biodegradable properties. High demand has made LAS a strategic material, making the design of this plant important to meet domestic needs and support industrial independence. The construction of a domestic LAS plant is considered strategic for reducing imports and capitalizing on the large domestic market opportunity. The preliminary design for a linear alkylbenzene sulfonate plant with a sulfonation process capacity of 15,000 tons per year is planned to be built in the Cilegon Industrial Zone, Banten Province, on an area of 15,000 square meters. The plant will operate for 330 days or 24 hours a day with 164 employees. The raw materials required are Linear Alkylbenzene and Oleum 20%. The production process will be operated at a temperature of 50°C and a pressure of 1 atm using a Stirred Tank Reactor (STR). The construction of the LAS plant domestically is considered strategic to reduce imports, support the independence of the national chemical industry, and leverage the significant domestic market opportunities. Linear Alkylbenzene Sulfonate was selected because, based on economic evaluations, this plant is considered low-risk and financially viable. Feasibility analysis indicates a Return on Investment (ROI) of 25.4% before tax and 20.33% after tax. The Payback Period is recorded at 3.93 years before tax and 3.53 years after tax. The Break-Even Point (BEP) is 51.7%, and the Shut-Down Point (SDP) is 31.8%, while the Discounted Cash Flow Rate (DCFR) reaches 22.41%. Considering all these technical and economic parameters, it can be concluded that the construction of this coconut oil-based biodiesel plant is profitable and feasible for further development.

Keywords: *Linear Alkylbenzene, Linear alkylbenzene sulfonate, NaOH 48%, Oleum 20%, Sulfonation.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dengan bentuk kepulauan terbesar di dunia, yang secara geografis terletak pada posisi yang strategis, yakni di persilangan antara dua benua dan dua samudera. Pengaruh letak geografis Indonesia di bidang ekonomi adalah menjadi negara yang strategis untuk perdagangan dunia sehingga dapat terjadi kegiatan ekspor dan impor dengan negara-negara maju dan negara-negara berkembang lainnya. Sebagai negara berkembang Indonesia terus mengalami perkembangan industri di setiap tahunnya.

Sebuah industri memainkan peran penting dalam pembentukan dan pertumbuhan ekonomi suatu negara. Salah satunya industri kimia yang memiliki peran yang sangat penting dalam ekonomi global. Walaupun perkembangan industri di Indonesia terus meningkat, tetapi dalam pertumbuhannya, keseimbangan terhadap lingkungan tidak boleh ditinggalkan. Salah satu diantaranya adalah adanya pencemaran air yang diakibatkan penggunaan deterjen yang non-biodegradable (sukar terurai oleh mikroorganisme). Salah satu industri petrokimia yaitu *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) dengan rumus molekul $C_{12}H_{25}C_6H_4-SO_3Na$ merupakan salah satu surfaktan (*surfactant*) anionik yang biasanya terkandung dalam produk detergent dan produk pembersih lainnya.

Industri LAS salah satu industri yang sangat berpotensi menjadi industri yang memiliki prospek yang cukup tinggi di Indonesia, hal ini dikarenakan LAS yang terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan pertumbuhan penduduk Indonesia karena dinilai lebih ramah terhadap lingkungan dan mudah diuraikan oleh mikroorganisme (*bio degradable*). Dengan didirikannya pabrik LAS diharapkan dapat memenuhi kebutuhan LAS di Indonesia serta

meningkatkan nilai tambah bahan baku dalam negeri sehingga dapat menurunkan jumlah impor, dapat memperluas lapangan pekerjaan dan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi negara.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi dari *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dapat dilihat dari beberapa aspek, yaitu melalui data impor dan ekspor produk, ketersediaan bahan baku, data kapasitas pabrik terpasang dalam negeri dan analisis potensi ekonomi yang menjadi pertimbangan untuk penentuan kapasitas pabrik.

1.2.1 Proyeksi Impor dan Ekspor Linear Alkylbenzene Sulfonate

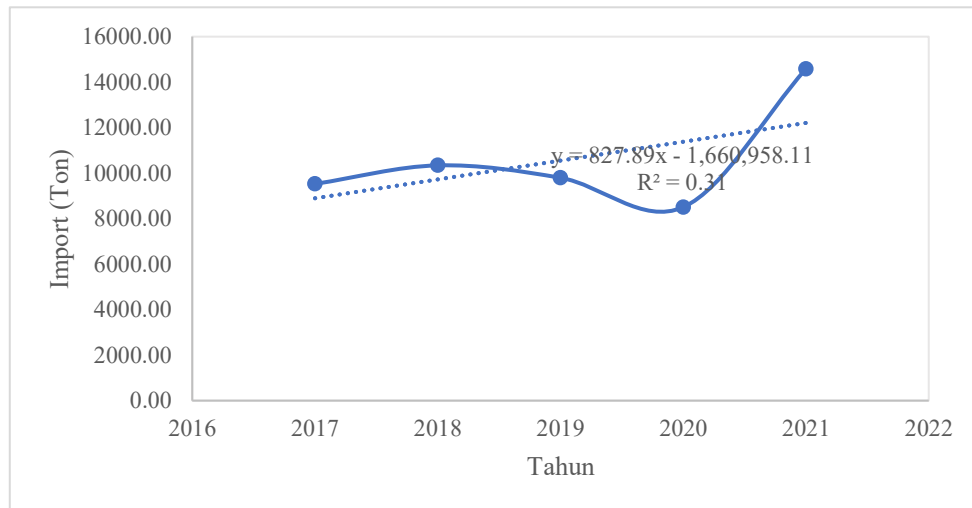
Besarnya nilai *supply* suatu produk dapat diperoleh melalui perhitungan produksi dalam negeri dan nilai impor dari produk tersebut. Data kebutuhan impor dari Lauril sulfat pada tahun 2017-2021 di Indonesia yang disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. 1 Data Impor LAS

IMPOR		
Tahun	Jumlah (Kg/th)	Jumlah (Ton/th)
2017	9.528.655,00	9.528,66
2018	10.341.318,23	10.341,32
2019	9.797.244,00	9.797,24
2020	8.505.560,00	8.505,56
2021	14.585.984,00	14.585,98

Badan Pusat Statistik (2017-2021)

Dari data tersebut, dibuat persamaan garis untuk mengetahui kecenderungan naik atau turunnya nilai impor dari *linear alkyl benzene* untuk beberapa tahun mendatang.



Gambar 1. 1 Grafik Impor LAS

Dari data grafik diatas dapat dilihat bahwa kebutuhan *linear alkylbenzene Sulfonate* setiap tahun cenderung bersifat fluktuatif. Hal ini dapat terlihat dari persamaan garis lurus dengan persamaan $y = 827,89x + - 1,66E+06$ dimana x merupakan sebagai tahun dan y sebagai jumlah produksi LAS. Dengan menggunakan persamaan diatas, maka perkiraan produksi LAS pada tahun 2029 adalah sebagai berikut :

$$y = 827,89x - (1,66E+06)$$

$$y = 827,89x (2029) - (1,66E+06)$$

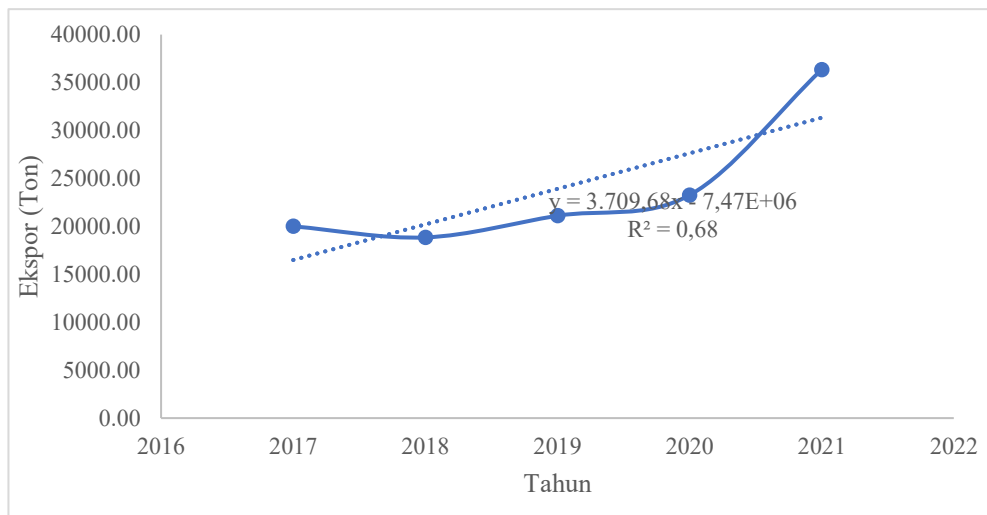
$$y = 18.830,70 \text{ Ton/Tahun}$$

Maka dapat diprediksikan pada tahun 2029 kebutuhan impor LAS Indonesia terus mengalami peningkatan.

Tabel 1. 2 Data Ekspor Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)

EKSPOR		
Tahun	Jumlah (Kg/th)	Jumlah (Ton/th)
2017	20.000.919,44	20.000,92
2018	18.847.168,22	18.847,17
2019	21103429,73	21.103,43
2020	23.254.087,14	23.254,09
2021	36.345.866,65	36.345,87

Badan Pusat Statistik (2017-2021)



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS)

Dari grafik data ekspor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) diatas, kebutuhan ekspor *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) setiap tahun cenderung naik. Hal ini dapat terlihat pada persamaan garis lurus $y = 3.709,68x - 7,47E+06$ dengan x sebagai fungsi tahun. Dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) dalam negeri pada 2029 mendatang

$$y = 3.709,68x - 7,47E+06$$

$$y = 3.709,68x (2029) - 7,47E+06$$

$$y = 61.004,40 \text{ Ton/Tahun}$$

Maka dapat diprediksikan pada tahun 2029 ekspor Indonesia meningkat menjadi 61.004,40 Ton.

1.2.2 Estimasi Konsumsi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* di Indonesia

Peningkatan konsumsi LAS adalah indikator yang digunakan untuk menilai seberapa besar kapasitas yang dibutuhkan dalam pembangunan pabrik LAS di Indonesia. Menurut UNM Environmental Journals diketahui konsumsi LAS pada detergent mencapai 50 gram per hari serta adanya kenaikan jumlah penduduk di Indonesia yang terus bertambah di setiap tahunnya maka dapat diperkirakan akan adanya kenaikan jumlah konsumsi LAS. Menurut sumber Badan Pusat Statistik diketahui jumlah penduduk di Indonesia pada tahun 2024 mencapai 281.603,80 jiwa.

Perkiraan konsumsi LAS pada tahun 2024 dapat di hitung dengan mengalikan jumlah konsumsi LAS per tahun kemudian dikali dengan jumlah penduduk di tahun tersebut. Dengan menggunakan persamaan diatas, dapat diperkirakan konsumsi LAS pada tahun 2024 adalah sebagai berikut :

$$K = (50 (365) \times 281.603,80) / 1.000.000$$

$$K = 5.139,269 \text{ Ton/ tahun}$$

1.2.3 Kapasitas Produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) di Indonesia

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus di atas kapasitas pabrik minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang saat ini beroperasi. Berdasarkan Tabel 1.3, kapasitas pabrik yang telah ada paling kecil adalah 1.500 ton/tahun.

Tabel 1. 3 Data Kapasitas Produksi LAS di Indonesia

Perusahaan	Produksi Ton/Th
PT. Aktif Indonesia	20,000
PT. Solvay Manyar	16,000
PT. Sinar Antjol	1,500
PT. Karunia Unggul Semesta	14,000
RATA-RATA	12,875

Peningkatan Penggunaan Produk Dalam Negeri

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Dalam pembuatan LAS diperlukan bahan-bahan kimia seperti *Linear Alkylbenzene*, Oleum 20%, dan NaOH. Bahan-bahan tersebut bisa didapatkan dari pabrik terpasang dalam negeri. *Linear Alkylbenzene* dapat diperoleh dari PT Unggul Indah Cahaya Tbk. dengan kapasitas 270,000 ton/tahun yang berlokasi di Kawasan industri Cilegon, Banten. Oleum 20% dapat diperoleh melalui PT. *Indonesian Acids Industry* dengan kapasitas produksi sebesar 82.500 ton/tahun yang terletak di Kawasan Jakarta Timur dan NaOH dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical dengan kapasitas 700.000 ton/ tahun, PT. Sulfindo Adiusaha dengan kapasitas produksi 380.000 ton/tahun yang berada di Cilegon, Banten dan PT. Aneka Kimia Inti dengan kapasitas produksi 6.000 ton/tahun yang berada di Surabaya.

Salah satu kebutuhan utama dalam proses produksi suatu pabrik adalah bahan baku. Bahan baku pembuatan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* adalah *Linear Alkylbenzene* dan *Oleum*. Total produksi *Linear Alkylbenzene* di Indonesia mencapai 270,000 ton/tahun. Sedangkan total produksi *Oleum* di Indonesia mencapai 82,500 ton/tahun. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa bahan baku produk yang ada di Indonesia mencukupi untuk memproduksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* sesuai dengan kebutuhan dalam negeri. Dari data yang tersedia maka didapatkan kapasitas pabrik dengan pendekatan sebagai berikut :

Peluang Kapasitas = *Demand* – *Supply*

= (Konsumsi + Ekspor) – (Produksi + Impor)

= (5.139,269 + 61.004,40) – (12.875 + 18.830,70)

= 34.437,97 Ton/Tahun

Kapasitas pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* yang akan didirikan diambil dari 60% kebutuhan di Indonesia yaitu sebesar : $60\% \times 34.437,97 = 20.662,78$ Ton/Tahun. Dari hasil perhitungan tersebut diambil konversi 60% dari peluang kapasitas dikarenakan ketersediaan bahan baku yang sudah mencukupi peluang kapasitas tersebut dan dengan mempertimbangkan kapasitas pabrik yang telah berdiri di Indonesia pada rentang kapasitas 1.500-20.000 maka ditentukan kapasitas pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* sebesar 15.000 Ton/Tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

Linear Alkylbenzene Sulfonat merupakan surfaktan anionik yang banyak digunakan dalam detergen dengan konsentrasi berkisar antara 22–30%. LAS merupakan kategori bahan kimia xenobiotik yang memiliki gugus sulfonasi atau ester sulfat. LAS komersial mengandung rantai alkil linier (10-14 atom karbon), cincin benzena, dan gugus tersulfonasi. (Indah & Safnowandi, 2020; Kaida et al., 2021). LAS adalah molekul amfipatik yang memiliki komponen hidrofilik dan hidrofobik dalam satu molekul. Komponen hidrofobik dapat mengandung satu rantai atau hingga empat rantai, sedangkan komponen hidrofilik dapat berupa gugus polar bermuatan atau tidak bermuatan. LAS memiliki berat molekul yang tinggi dan struktur kompleks. (Ogawa & Kawase, 2021).

1.3.1 Macam-macam Proses Pembuatan Linear Alkylbenzene Sulfonate

Pemilihan sebuah proses dilakukan dengan tujuan untuk menentukan proses yang akan digunakan dalam pendirian sebuah pabrik. *Linear Alkylbenzene sulfonat* dibuat menggunakan proses sulfonasi yaitu proses reaksi kimia yang melibatkan gabungan gugus fungsi asam sulfonat

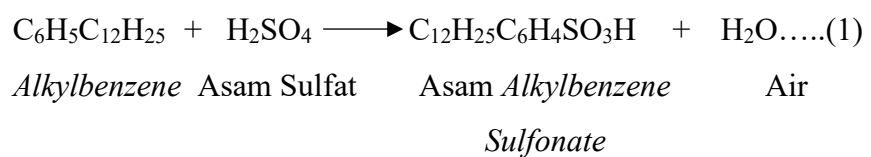
(SO₃H) dalam suatu molekul ataupun ion, Proses sulfonasi dapat dilakukan menggunakan tiga cara, yaitu :

a. Reaksi dengan H₂SO₄ :

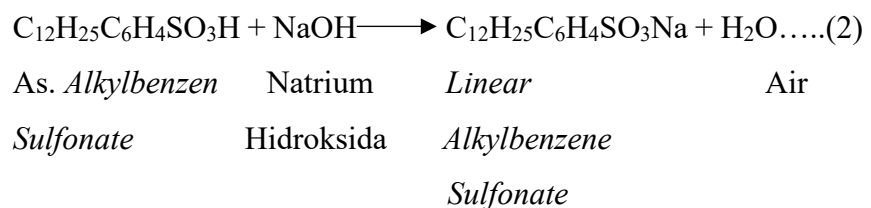
Proses sulfonasi dengan H₂SO₄ adalah cara pertama yang dapat dilakukan. Proses ini dapat berjalan secara batch maupun kontinyu. Proses sulfonasi dengan H₂SO₄ ini berada pada suhu 0-51°C dan tekanan 1 atm, tergantung pada kualitas warna produk yang diinginkan. Dalam proses ini tidak menggunakan katalis, alkylbenzene akan direaksikan langsung dengan H₂SO₄ 100% dengan perbandingan mol H₂SO₄ dan alkylbenzene 1,6:1,8 (Kirk and Othmer, 1998).

Reaksi :

1. Reaksi Sulfonasi :



2. Reaksi Netralisasi :



(Fessenden and Fessendend, 1991)

Kemudian hasil sulfonasi yang berupa asam *linear alkylbenzene* direaksikan dengan NaOH 20% yang menghasilkan *linear alkylbenzene sulfonate* (Carberry, 1991). Kekurangan dari proses sulfonasi dengan H₂SO₄ 100% yaitu menghasilkan air. Keberadaan air yang terlalu banyak dan dapat menimbulkan reaksi bergeser, sehingga kecepatan reaksinya lebih lambat.

b. Reaksi Sulfonasi dengan Sulfur Trioksida (Gas SO₃) :

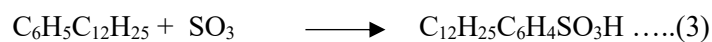
Pada pembuatan *linear alkylbenzene sulfonate* dengan bahan baku gas SO₃ terdiri dari empat tahap yaitu :

1. proses pengeringan udara
2. produksi gas SO₂
3. konversi gas SO₂ menjadi SO₃
4. proses sulfonasi dan proses netralisasi.

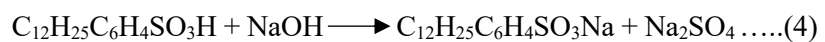
Tahap pengeringan udara dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan air yang terkandung pada udara, jika kandungan air pada udara berlebihan maka dapat menimbulkan terbentuknya oleum karena terjadi reaksi antara H₂O dan SO₃ yang menyebabkan kualitas warna produk *linear alkylbenzene sulfonate* yang dihasilkan rendah. Untuk menghasilkan gas SO₃ maka udara kering direaksikan dengan sulfur cair dan konversi gas SO₂ menjadi gas SO₃ menggunakan bantuan katalis V₂O₅, dimana reaksi yang terjadi yaitu sebagai berikut:

Reaksi :

3. Reaksi Sulfonasi :



4. Reaksi Netralisasi :

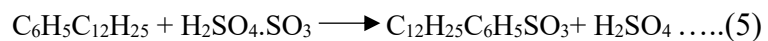


Proses sulfonasi dengan SO₃ berbeda dengan proses lain, panas yang ditimbulkan cenderung tinggi (umumnya reaksi sulfonasi eksotermis), maka mudah terjadi reaksi samping yang tidak diinginkan, selain itu proses ini juga memiliki kekurangan yaitu biaya produksi cenderung lebih mahal, dan warna produk yang dihasilkan lebih gelap.

c. Reaksi Sulfonasi dengan Oleum 20% (H₂SO₄.SO₃) :

Proses sulfonasi dengan Oleum 20% menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan suhu sekitar 38-60°C dan tekanan 1 atm. Oleum yang digunakan yaitu oleum 20% dengan perbandingan mol *alkylbenzene* dan oleum adalah 1:1,25 (Carberry 1991) dimana reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

5. Reaksi Sulfonasi :



<i>Linear</i>	Oleum	<i>Linear</i>	As. Sulfat
<i>Alkylbenzene</i>		<i>Alkylbenzene</i>	
		<i>Sulfonate</i>	

6. Reaksi Netralisasi :



<i>Linear</i>	Natrium	Natrium Linear	Air
<i>Alkylbenzene</i>	Hidroksida	<i>Alkylbenzene</i>	
		<i>Sulfonate</i>	

(Peters and Timmerhaus, 1991)

Kelebihan dari proses ini adalah selain penanganannya yang lebih mudah, biaya produksinya juga relatif lebih murah dibandingkan proses lainnya, warna dari produk yang dihasilkan juga cenderung lebih terang dan pada proses ini juga dihasilkan produk samping berupa H₂SO₄ yang dapat dimanfaatkan untuk dijual di pasaran (Kirk and Othmer,1983). Tetapi terdapat juga kelemahan dari proses ini yaitu sedikitnya jumlah pabrik di Indonesia yang memproduksi oleum 20%.

Tabel 1.4 Perbandingan Proses

Keterangan	H ₂ SO ₄	SO ₃	<i>Oleum 20%</i>
Suhu Operasi	0-50 °C	50 °C	38-60 °C
Tekanan Operasi	1 atm	1,5 atm	1 atm
Produk Samping	H ₂ O	-	H ₂ SO ₄
Konversi	90%	95%	96%
Tekanan Operasi	1 atm	1,5 atm	1 atm
Kelebihan	Viskositas rendah, reaksi samping relatif sedikit	Murah, tidak membutuhkan paans masuk, kecepatan reaksi instan, kapasitas reaktor minimal, reaksi bersifat lengkap, kelarutan tinggi	Relatif murah, reaksi samping sedikit, temperature reaksi rendah, laju reaksi relatif rendah dibandingkan H ₂ SO ₄ , viskositas relatif rendah dari SO ₃ , Kapasitas reaktor minimal, kelarutan relatif tinggi dari SO ₃
Kekurangan	Laju reaksi lambat, kapasitas reaktor besar, reaksi bersifat partial, kelarutan rendah	Reaksi samping banyak, temperatrure reaksi tinggi, viskositas tinggi	Membutuhkan panas saat reaksi masuk, kecepatan reaksi lambat

Jurnal Chemurgy, Vol. 04, No.1 dan Kadirun 2010

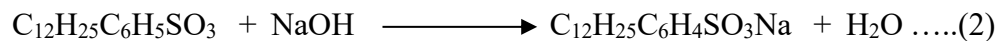
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Tinjauan termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi endotermis (memerlukan panas) atau eksotermis (melepaskan panas). Selain itu tinjauan termodinamika dilakukan untuk mengetahui apakah reaksi yang berlangsung berjalan searah (*irreversible*). atau bolak balik (*reversible*). Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis maupun endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Dengan reaksi yang terjadi sebagai berikut:

Reaksi sulfonasi :



Reaksi Netralisasi :



a. Panas Reaksi (ΔH°_f)

1. Panas reaksi pada suhu standar ($T=298\text{K}$)

$\Delta H^\circ_f \text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25}$	= -178.80 kJ/mol
$\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$	= -783.13 kJ/mol
$\Delta H^\circ_f \text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3$	= -795,37 kJ/mol
$\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{SO}_4$	= -735.13 kJ/mol
$\Delta H^\circ_f \text{NaOH}$	= -425.60 kJ/mol
$\Delta H^\circ_f \text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$	= -819,27 kJ/mol
$\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O}$	= -285.83 kJ/mol
$\Delta H^\circ_f \text{Reaksi}$	= $\Delta H^\circ_f \text{Produk} - \Delta H^\circ_f \text{Reaktan}$

$$\Delta H^\circ_f \text{Reaksi (5)} = (-1530.5) - (-961.83)$$

$$\Delta H^\circ_f \text{Reaksi} = -568,57 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ \text{Reaksi (2)} = (-1220.97) - (-1105,1)$$

$$\Delta H^\circ \text{Reaksi} = -115,87 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan ΔH°_f reaksi diatas dapat diketahui bahwa reaksi sulfonasi dan reaksi Netralisasi pada pembentukan *Linear*

Alkylbenzene Sulfonate bersifat eksotermis karena menunjukkan nilai yang negatif.

b. Menghitung Harga Tetapan Kesetimbangan (K)

2. Nilai K pada kondisi standar (T=298K)

Untuk menentukan reaksi termasuk ke dalam reaksi *reversible* (bolak-balik) atau *irreversible* (searah), dilakukan perhitungan harga tetapan kesetimbangan (K).

Data harga ΔG°_f pada tiap senyawa di suhu 25°C (298K) dengan tekanan 1 atm:

$\Delta G^\circ_f \text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25}$	= 244,36 kJ/mol
$\Delta G^\circ_f \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$	= -371,10 kJ/mol
$\Delta G^\circ_f \text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3$	= -213,09 kJ/mol
$\Delta G^\circ_f \text{H}_2\text{SO}_4$	= -653,47 kJ/mol
$\Delta G^\circ_f \text{NaOH}$	= -379,50 kJ/mol
$\Delta G^\circ_f \text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$	= -653,47 kJ/mol
$\Delta G^\circ_f \text{H}_2\text{O}$	= -228,60 kJ/mol

Perubahan Energi Gibbs dalam reaksi dihitung menggunakan persamaan :

$$\Delta G^\circ_{\text{reaksi}} = \sum \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \sum \Delta G^\circ_f \text{ reaktan}$$

Maka,

Perhitungan Energi Gibbs Reaksi 1 :

$$\Delta G^\circ = ((-213,09) + (-653,47)) \text{ kJ/mol} - ((244,36) + (-371,10)) \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -440,38 - (-126,74)$$

$$\Delta G^\circ = -313,64 \text{ kJ/mol}$$

Perhitungan Energi Gibbs Reaksi 2 :

$$\Delta G^\circ = ((-213,09) + (-379,50)) \text{ kJ/mol} - ((-653,47) + (-228,60)) \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -882,07 - 166,41$$

$$\Delta G^\circ = -715,66 \text{ kJ/mol}$$

Kemudian Untuk menentukan reaksi tersebut termasuk kedalam reaksi *irreversible* atau *reversible* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan *van't hoff*. Dengan K standar pada suhu 298K.

$$\ln K = \frac{-\Delta G^\circ}{RT}$$

Dimana,

ΔG° : Energi Bebas Gibbs (kJ/mol)

R : Konstanta gas (kJ/mol.K)

T : Suhu (K)

K : Konstanta kesetimbangan reaksi

Reaksi pertama :

$$\ln K_1 = -\left(\frac{-313,64}{8,314 \times 298}\right)$$

$$K_1 = \frac{313,64}{2.477,572}$$

$$K_1 = 126,55$$

$$K_1 = e^{126,55}$$

$$K_1 = 3,803 \times 10^{54}$$

Pada suhu 50 °C (323,15 K) besarnya konstanta kesetimbangan (K_2) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\ln \frac{k_{323}}{k_{298}} = \left[-\frac{-568,57}{8,314} \right] \left[\frac{1}{323,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$\ln \frac{k_{323}}{k_{298}} = -0,01772$$

$$\frac{k_{323}}{k_{298}} = e^{-0,01772}$$

$$\frac{k_{323}}{3,803 \times 10^{54}} = 0,9824$$

$$K = 3,741 \times 10^{54}$$

Reaksi kedua :

$$\ln K_1 = -\left(\frac{-715,66}{8,314 \times 298}\right)$$

$$K_1 = \frac{715,66}{2.477,572}$$

$$K_1 = 288,84$$

$$K_1 = e^{288,84}$$

$$K_1 = 1,259 \times 10^{125}$$

Pada suhu 50 °C (323,15 K) besarnya konstanta kesetimbangan (K_2) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \left[-\frac{\Delta H}{R}\right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right]$$

$$\ln \frac{k_{323}}{k_{298}} = \left[-\frac{-115,87}{8,314}\right] \left[\frac{1}{323,15} - \frac{1}{298,15}\right]$$

$$\ln \frac{k_{323}}{k_{298}} = -0,00361$$

$$\frac{k_{323}}{k_{298}} = e^{-0,00361}$$

$$\frac{k_{323}}{1,259 \times 10^{125}} = 0,9964$$

$$K = 1,2539 \times 10^{125}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai konstanta kesetimbangan (K) lebih dari satu, sehingga reaksi berjalan searah (*irreversible*) kearah produk. Suatu reaksi dapat diketahui berjalan bolak balik (*reversible*) atau searah (*irreversible*) dengan meninjau harga konstanta kesetimbangannya (K). Konstanta kesetimbangan adalah perbandingan antara konstanta kecepatan reaksi kearah kiri. (Smith,1981).

1.5 Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dari Linear alkylbenzene dan oleum 20% merupakan reaksi yang tidak dapat balik (*Irreversible*), maka dari itu dapat digunakan kinetika reaksi orde dua. Sesuai dengan stoikiometrinya, reaksi yang terjadi adalah $A + B \rightarrow C + D$. Dan ekspresi kinetika dapat direpresentasikan sebagai :

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = -\frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A C_B \dots\dots (1)$$

Dimana nilai $C_{A0} \cdot X_A = C_{B0} \cdot X_B$ disubstitusikan dengan persamaan (1), maka dapat ditulis:

$$-r_A = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k_1 (C_{A0} - C_{A0} X_A)(C_{B0} - C_{A0} X_A) \dots\dots (2)$$

Jika $M = C_{B0}/C_{A0}$, persamaan (2) dapat ditulis ulang dengan :

$$-r_A = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k_1 C_{A0}^2 (1 - X_A)(M - X_A) \dots\dots (3)$$

Integralkan persamaan (3) ketika 't = 0 pada $X_A = 0$ ' dan 't = t pada $X = X$ '

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)(M-X_A)} = C_{A0} k_1 \int_0^t dt \dots\dots (4)$$

Hasil dari integral tersebut didapat :

$$\ln \frac{M-MA}{M(1-XA)} = C_{A0}(M-1)kt$$

$$k = 2,2781 \times 10^{-4} \text{ gmol/sekon. (Jamal M. Amous)}$$

Keterangan :

$-r_A$ = kecepatan reaksi zat A (*Linear alkyl benzene*)

k = konstanta kecepatan reaksi, lt/mol.jam

C_A = konsentrasi *Linear alkyl benzene* pada waktu t. mol/L

C_B = konsentrasi Oleum 20% pada waktu t. mol/L

C_{A0} = konsentrasi *Linear alkyl benzene* mula-mula, mol/L

C_{B0} = konsentrasi Oleum 20% mula-mula, mol/L

X_A = konversi terhadap *Linear alkyl benzene*

(Sahu, *Detail Kinetic Study of Linear Alkyl Benzene Sulfonation*, 2020)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk membuat produk LAS yang sesuai dengan target perancangan, maka dibutuhkan mekanisme perancangan mulai dari factor utama hingga faktor penunjang yaitu; Spesifikasi bahan baku utama, spesifikasi produk, dan spesifikasi bahan penunjang.

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Pendukung

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

a. *Linear Alkylbenzene*

Tabel 2. 1 Sifat Fisis *Linear Alkylbenzene*

Keterangan	Sifat Fisis
Rumus molekul	: $C_{12}H_{25}$
Fasa	: Cair
Berat molekul (BM)	: 246 kg/kmol
Titik leleh	: $<-39^{\circ}C$
Titik didih	: $239.9-314.1^{\circ}C$
Viskositas (μ)	: 12 cP
Densitas (ρ)	: $856,3 \text{ kg/m}^3$

MSDS Linear Alkylbenzen

b. *Oleum 20%*

Tabel 2. 2 Sifat Fisis *Oleum 20%*

Keterangan	Sifat Fisis
Rumus molekul	: $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$
Fasa	: Cair
Berat molekul (BM)	: 178 g/mol
Titik leleh	: $< -39^\circ\text{C}$
Titik didih	: 141°C
Viskositas (μ)	: 8,7 cP
Densitas (ρ)	: 1930 kg/m^3

MSDS *Oleum 20%*

c. NaOH

Tabel 2. 3 Sifat Fisis NaOH

Keterangan	Sifat Fisis
Rumus molekul	: NaOH
Fasa	: Cair
Berat molekul (BM)	: 40 g/mol
Titik didih	: 1390°C
Titik leleh	: 318°C
pH	: 14
Densitas (ρ)	: 2.13 g/cm^3

MSDS Natrium Hidroksida

2.2 Spesifikasi Produk

a. *Linear Alkylbenzene Sulfonate*

Tabel 2. 4 Sifat Fisis Linear Alkylbenzene Sulfonate

Keterangan	Sifat Fisis
Rumus molekul	: $C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$
Fasa	: Cair
Berat molekul (BM)	: 348,5 g/mol
pH	: 1.5 - 2.0
Viskositas (μ)	: 1260 cPs
Densitas (ρ)	: 1040 Kg/m ³
Warna	: Bening

MSDS *Linear Alkylbenzene Sulfonate*

b. Asam Sulfat

Tabel 2. 5 Sifat Fisis Asam Sulfat

Keterangan	Sifat Fisis
Rumus molekul	: H_2SO_4
Fasa	: Cair
Berat molekul (BM)	: 98 g/mol
Titik didih	: 337 °C
pH	: 0.3 (<i>in aqueous solution</i>)
Densitas (ρ)	: 1755,75 Kg/m ³

MSDS Asam Sulfat

c. Natrium Sulfat

Tabel 2. 6 Sifat Fisis Natrium Sulfat

Keterangan	Sifat Fisis
Rumus molekul	: Na_2SO_4
Fasa	: Padat
Berat molekul (BM)	: 142 g/mol
Titik didih	: 884 °C
pH	: 5,2 – 8
Densitas (ρ)	: 2,700 Kg/m ³
Warna	: putih

MSDS Natrium Sulfat

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses dan pengendalian kualitas produk

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum dilakukannya proses produksi, akan dilakukan pengendalian terhadap kualitas bahan baku yang diperoleh. Pengendalian kualitas dilakukan agar dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan standar yang diinginkan dan di rencanakan. Pengendalian kualitas bahan baku yaitu dengan melakukan pengujian terhadap kandungan dan kemurnian dari bahan tersebut, sehingga apabila terdapat ketidaksesuaian pada bahan maka terdapat kemungkinan bahan baku tersebut dikembalikan kepada *supplier*. Karena apabila suatu proses produksi dilakukan dengan

menggunakan kualitas bahan baku yang baik, maka akan diperoleh produk akhir yang baik.

Proses pengendalian mutu dapat dilakukan melalui analisis di laboratorium ataupun dengan bantuan alat kontrol. Monitoring pada pengendalian operasional dilakukan melalui alat pengendalian yang berpusat di dalam ruang control (*control room*), yang dilengkapi dengan indikator untuk memantau jalannya operasi sesuai dengan standar.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk adalah salah satu langkah yang dibutuhkan untuk memastikan, mencegah dan mengatasi bahwa kualitas produk yang dihasilkan akan selalu terjaga, mulai dari bahan baku sampai menjadi produk akhir. Ketidakesesuaian kuantitas dapat terjadi karena beberapa faktor seperti kesalahan operator, kerusakan pada alat proses, keterlambatan pengadaan bahan baku, dan lainnya. Pengendalian dan pengawasan terhadap proses produksi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dengan bantuan sistem pengendalian otomatis yang dilengkapi dengan indikator untuk menjaga semua proses berjalan dengan baik dan kualitas produk dapat diseragamkan.

Alat kontrol yang dijalankan pada pengendalian kualitas yaitu control terhadap kondisi operasi baik aliran bahan baku dan produk, serta control terhadap kondisi operasi. Beberapa alat kontrol yang harus di-set pada kondisi tertentu meliputi:

1. *Level Control*

Level control merupakan bagian dari sistem kontrol yang berfungsi untuk mengendalikan level dalam suatu sistem. sistem yang digunakan untuk menjaga ketinggian cairan dalam industri kimia. *Level control* merupakan sistem yang berperan penting dalam menjaga keselamatan, mengatur komposisi dan viskositas cairan kimia, serta memantau inventaris dalam tangki. Apabila tidak ada *level control*, akan

menyebabkan terjadinya *over flow*, aliran proses terkontaminasi, dan *flow rate* tidak dapat diprediksi. *Level control* biasanya dipasang pada bagian atas tangki yang memiliki tujuan untuk mendapatkan kondisi operasi yang diinginkan

2. *Flow Control*

Flow Control adalah bagian dari sistem kontrol yang berfungsi untuk mengatur laju alir fluida. Dalam proses reaksi kimia *flow control* digunakan untuk mengatur aliran bahan baku seperti cairan dan gas ke dalam reaktor. Valve ini juga membantu mengontrol aliran zat kimia berbahaya agar proses dapat berjalan sesuai dengan standar keselamatan. Apabila kondisi operasi yang dijalankan tidak sesuai, maka akan menimbulkan tanda berupa nyala lampu dan suara.

3. *Temperature Control*

Temperature control berfungsi sebagai pengendali temperatur dalam suatu sistem. *Temperature control* atau pengendalian suhu pada industri kimia merupakan proses untuk mengatur, mengukur, dan memelihara suhu pada suatu sistem atau zat. Alat ini menggunakan sensor seperti RTD atau termokopel untuk mempertahankan suhu sesuai kebutuhan. Ada beberapa jenis temperature controller, yaitu ON/OFF, Kontrol Proporsional, dan Kontrol PID.

2.4 Pengendalian Proses

Pengendalian proses adalah serangkaian prosedur yang dirancang untuk memastikan proses berjalan dengan benar dan menghasilkan output yang diinginkan. Tujuannya untuk menjaga kondisi operasi pada nilai yang telah ditetapkan (*set point*), sehingga produk yang akan dihasilkan memenuhi standar yang diinginkan.

Pengendalian proses pada produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* meliputi aliran dan alat sistem control :

1. Alat sistem control :

- a. Sensor, adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi variabel dalam sebuah proses produksi. Manometer merupakan alat yang digunakan untuk sensor aliran fluida tekanan dan level, dan *thermocouple* untuk sensor suhu.
- b. Controller dan indikator, berupa *level indicator control*, *temperature indicator control*, *pressure control*, dan *flow control*.
- c. *Actuator* digunakan untuk memanipulasi agar variabelnya sama dengan variabel controller. Alat yang digunakan adalah *automatic control valve* dan *manual hand valve*. *Actuator valve* digunakan untuk mengatur aliran bahan kimia, cairan, atau gas dalam proses produksi.

2. Aliran sistem control :

- a. Aliran udara tekan (*pneumatic*) adalah aliran udara bertekanan yang digunakan untuk menggerakkan mesin atau alat. Aliran ini digunakan untuk valve dari *controller* ke *actuator*
- b. Aliran Listrik (*electric*) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*
- c. Aliran mekanik digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*. pemrosesan mekanis kimia menggabungkan proses kimia dan mekanis untuk memastikan bahwa kesesuaian, toleransi, dan kombinasi material setiap komponen bekerja dengan baik.

2.4.1 Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan

Seiring dengan perkembangan sektor industri, terdapat banyak sumber bahaya yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja. Sehingga perlu dilakukan suatu upaya pengendalian terhadap sumber bahaya tersebut, salah satu pencegahannya yaitu dengan memprioritaskan aspek Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan (K3L).

a. *Safety* (Keselamatan)

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012, pengertian keselamatan dan kesehatan kerja atau K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Keselamatan adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. (OHSAS 18001)

b. *Health* (Kesehatan)

Kesehatan dalam bidang K3 berarti perusahaan harus memastikan bahwa lingkungan kerja telah mendukung kesehatan fisik dan mental para pekerja. Kapasitas, beban, dan lingkungan kerja merupakan tiga komponen utama dalam kesehatan kerja, di mana hubungan interaktif dan serasi antara ketiga komponen tersebut akan menghasilkan kesehatan kerja yang baik dan optimal.

c. *Environment* (Lingkungan)

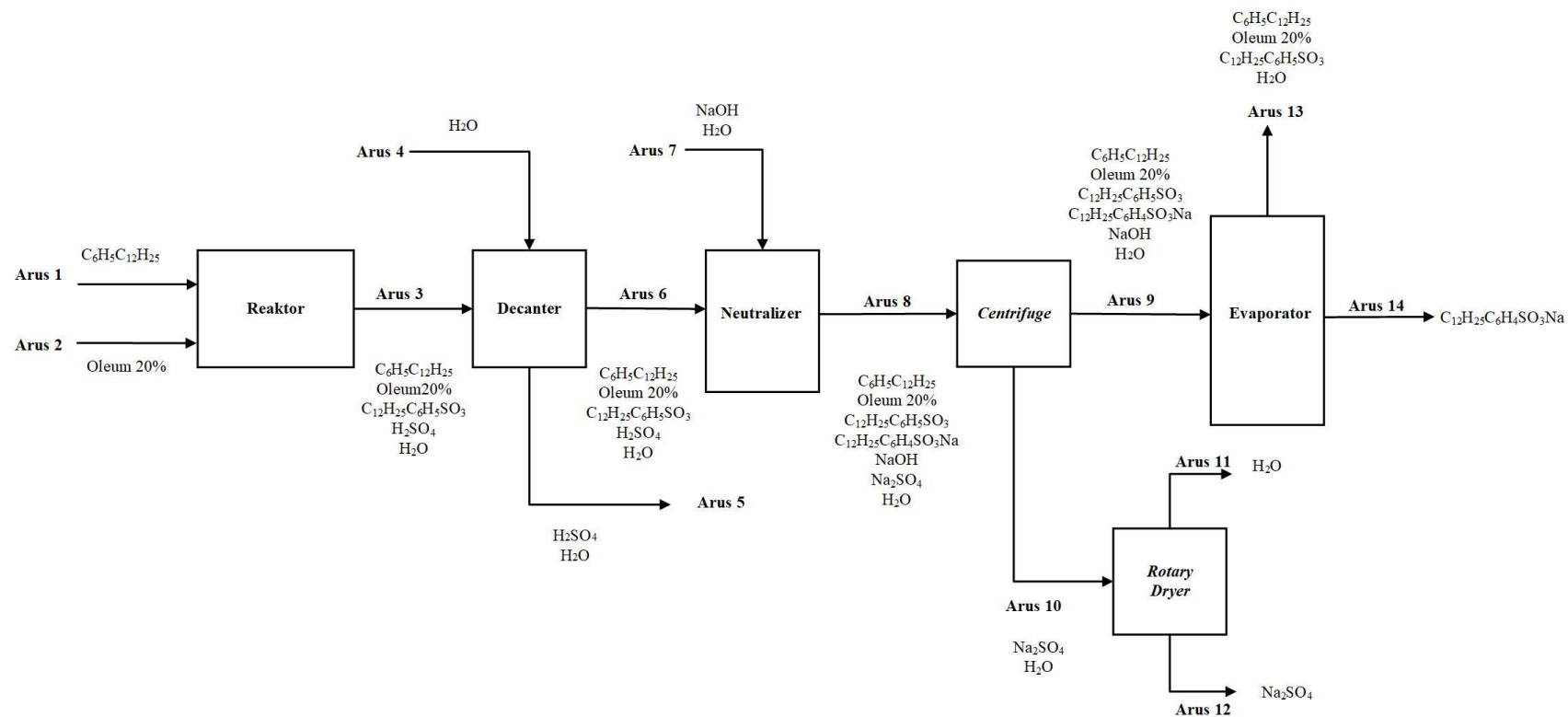
Industri kimia selalu melekat dengan limbah atau hasil samping dari proses produksinya. Ilmu kimia dapat digunakan sebagai manajemen pembuangan limbah yang sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan oleh pemerintah. menganalisis kualitas air dan udara, serta membantu dalam pemantauan pencemaran lingkungan sebelum dibuang ke lingkungan dengan tujuan untuk mencegah pencemaran lingkungan dan mengurangi risiko bahaya bagi makhluk hidup di sekitar pabrik.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

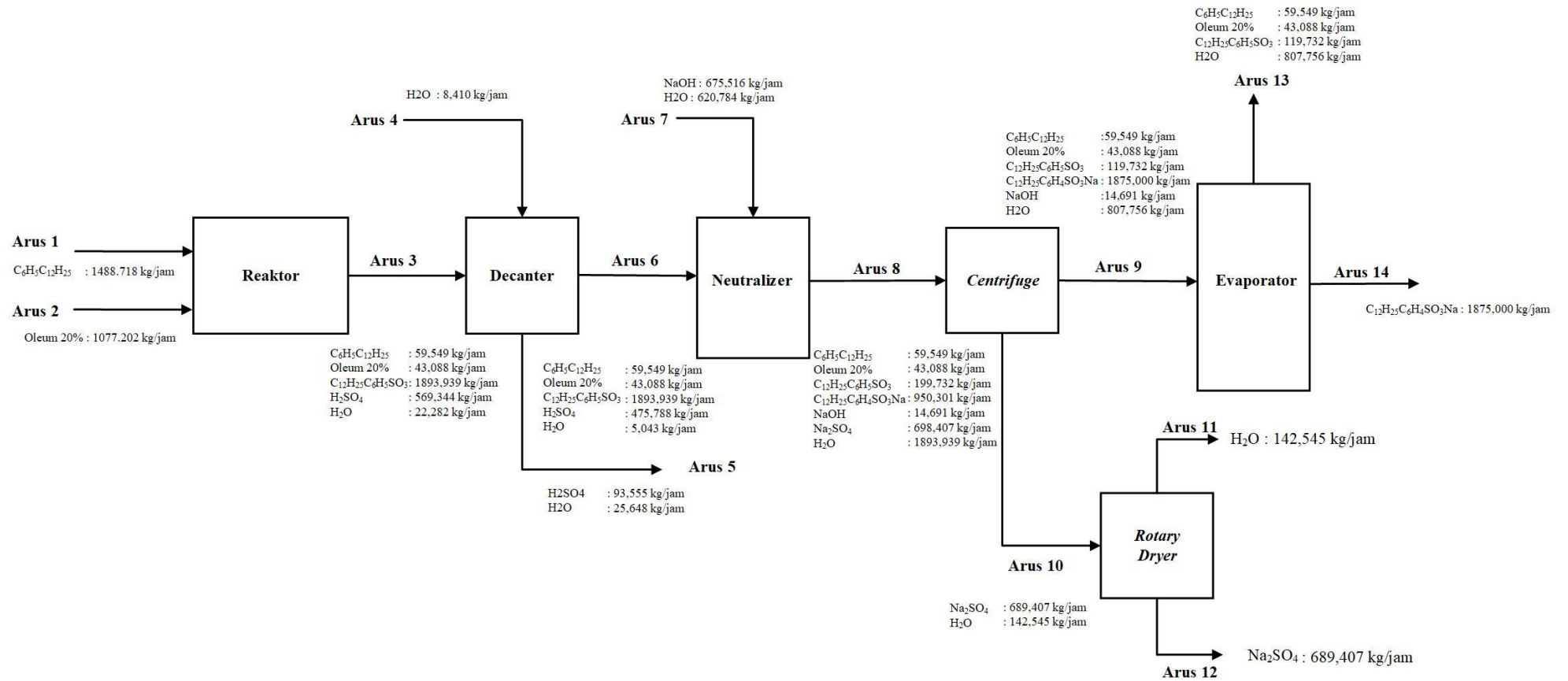
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram alir kualitiiti

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dilakukan melalui proses sulfonasi menggunakan *linear alkylbenzene* dan oleum 20% sebagai bahan baku utama pada proses sulfonasi. Proses berlangsung secara kontinyu pada temperatur 50°C hingga 290°C pada tekanan 1 atm.

Secara keseluruhan proses pembuatan *linear alkylbenzene sulfonate* dengan proses sulfonasi dilaksanakan melalui beberapa tahap, yaitu :

- a. Tahap persiapan bahan baku
- b. Tahap pembentukan produk
- c. Tahap Pemisahan
- d. Tahap netralisasi
- e. Tahap pemisahan cake dan filtrat
- f. Tahap pemurnian
- g. Tahap penyimpanan

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku untuk produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* meliputi *Linear Alkylbenzene*, oleum 20%, dan natrium hidroksida (NaOH). *Linear Alkylbenzene* disimpan dalam tangki penyimpanan T-01, oleum 20% disimpan di dalam tangki T-02, dan NaOH disimpan pada tangki T-03. Ketiga tangki penyimpanan tersebut beroperasi pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

Linear Alkylbenzene dari tangki T-01 dialirkan menuju *heat exchanger* HE-01 menggunakan pompa P-01, sedangkan oleum 20% dari tangki T-02 dipompa ke *heat exchanger* HE-02 dengan menggunakan pompa P-02. *Heat exchanger* digunakan untuk meningkatkan suhu kedua bahan, dari 30°C menjadi 50°C sesuai dengan kondisi operasi pada reaktor. Setelah pemanasan, *Linear Alkylbenzene* dan oleum 20% dialirkan menuju reaktor R-01 dengan rasio 1:1,25, pada kondisi suhu 50°C dan tekanan 1 atm.

3.2.2 Pembentukan Produk

Proses reaksi dalam produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dilakukan di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan kondisi *isothermal* pada suhu 50°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang berlangsung di reaktor R-01 bersifat eksotermis dan yang tidak dapat balik (*Irreversible*), sehingga suhu reaksi harus dijaga agar tidak terjadi reaksi samping yang tidak diinginkan. Untuk menjaga kestabilan suhu tersebut, reaktor R-01 dilengkapi dengan jaket pendingin. Produk hasil reaksi yang terdiri dari *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LABSA), asam sulfat, dan air kemudian dipompa menggunakan pompa P-04 menuju *decanter* untuk dilakukan pemisahan.

3.2.3 Proses Pemisahan

Campuran yang terdiri dari *Linear Alkylbenzene Sulfonate*, asam sulfat, dan air yang keluar dari reaktor R-01 kemudian dipisahkan di dalam *decanter* D-01 berdasarkan perbedaan berat jenis atau densitasnya. Karena memiliki berat jenis lebih rendah, *Linear Alkylbenzene Sulfonate* akan berada pada lapisan atas, sementara asam sulfat yang lebih berat akan mengendap di lapisan bawah. Asam sulfat dari lapisan bawah kemudian dialirkan ke *cooler* CL-01 menggunakan pompa P-07 untuk didinginkan hingga suhu 30°C, lalu disalurkan ke tangki penyimpanan T-04 sebagai produk samping. Sementara itu, *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dari lapisan atas dialirkan ke unit *neutralizer* N-01 menggunakan pompa P-06 untuk menetralisasi kandungan asam yang tersisa.

3.2.4 Proses Netralisasi

Linear Alkylbenzene Sulfonate keluaran dari *decanter* dialirkan ke unit *neutralizer* N-01 untuk proses penetralan menggunakan larutan NaOH 48%. Reaksi netralisasi ini berlangsung pada suhu 60°C. Setelah proses penetralan selesai dan kandungan asam dalam produk telah netral,

Linear Alkylbenzene Sulfonate dipompa dari *neutralizer* menggunakan pompa P-05 menuju *continuous filtering centrifuge* CF-01 untuk dilakukan proses pemisahan antara produk dan senyawa yang berbentuk padatan.

3.2.5 Proses Pemisahan *Cake* dan Filtrat

Pada tahap ini, *Linear Alkylbenzene Sulfonate* yang telah melalui proses netralisasi di unit *neutralizer* kemudian dipompa menggunakan pompa P-05 menuju alat pemisah berupa *Continuous Filtering Centrifuge* (CF-01). Pada unit ini, dilakukan pemisahan antara fasa padat berupa natrium sulfat (Na_2SO_4) sebagai *cake*, dan fasa cair berupa filtrat *Linear Alkylbenzene Sulfonate*. Selanjutnya, padatan (*cake*) yang dihasilkan dialirkan menggunakan *screw conveyor* SC-01 menuju *Rotary Dryer* untuk proses pengeringan. Setelah dikeringkan, padatan kering disimpan sebagai produk samping di dalam silo SL-01 dengan bantuan sistem transportasi material berupa *screw conveyor* SC-02 dan *bucket elevator* BE-01.

3.2.6 Proses Pemurnian

Proses pemekatan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dilakukan di dalam evaporator EV-01 dengan cara menguapkan kandungan air di dalamnya. Melalui proses ini, kadar kemurnian *Linear Alkylbenzene Sulfonate* meningkat dari 79% menjadi 96%. Pemekatan berlangsung pada suhu operasi sekitar 290°C.

3.2.7 Proses Penyimpanan

Setelah keluar dari evaporator, produk kemudian dipompa menggunakan pompa P-08 menuju *cooler*-01 dan *cooler*-02 untuk didinginkan sebelum akhirnya disalurkan ke dalam tangki penyimpanan T-05 sebagai produk akhir.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Reaktor (R-01)

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Reaktor -01	
Kode	: R-01
Fungsi	: Untuk mereaksikan <i>linear alkylbenzene</i> dan <i>oleum</i> 20% menjadi asam <i>linear alkylbenzene sulfonate</i>
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel</i> 316
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 50 °C
Dimensi Reaktor	
Diameter Reaktor	: 1,517 m
Tinggi Reaktor	: 3,035 m
Tebel <i>shell</i>	: 0,188 in
Tebal <i>head</i>	: 1,115 in
Tinggi Cairan <i>shell</i>	: 1,676 m
Volume	: 6,083 m ³
Jenis <i>Head</i>	: <i>Torispherical dishead head</i>
Penganduk Reaktor	
Jenis	: <i>Six-blade turbine, vertical blade</i>
Diameter	: 0,508 m
Tinggi	: 0,508 m
Jumlah	: 1 buah
Lebar	: 0,127 m
Kecepatan Putaran	: 320 rpm
Power	: 60 HP

Koil Pendingin	
Bahan Koil	: <i>Stainless Steel</i>
Diameter	: 3,7239 in
<i>Flow Area</i>	: 12,7 in ²
Panjang Koil	: 16,8495 ft
Tinggi Lilitan	: 14,0110 ft
Jumlah Lilitan	: 1,2026
Luas Transfer Panas	: 19,8487 m ²
Harga	: \$ 176,300

Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

3.3.2 Decanter (D-01)

Tabel 3. 2 Spesifikasi Decanter

Decanter-01	
Kode	: D-01
Fungsi	: Membentuk gugus Na dengan menambahkan NaOH untuk menghasilkan $C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$.
Jenis	: <i>Horizontal Silinder</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 50 °C
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Dimensi Decanter	
Tinggi	: 0,5730 m
Diameter	: 1,9898 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>Head</i>	: 0,1875 in
Tinggi <i>Head</i>	: 5,334 in
Harga	: \$ 22,800

3.3.3 Neutralizer (N-01)

Tabel 3. 3 Spesifikasi Neutralizer

Neutralizer-01	
Kode	: N-01
Fungsi	: Membentuk gugus Na dengan menambahkan NaOH untuk menghasilkan $C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$.
Jenis	: <i>Neutralizer</i> Alir Tangki Berpengaduk
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 50 °C
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel</i> 316
Dimensi Netralizer	
Volume	: 17,0470 m ³
Diameter	: 2,5705 m
Tinggi	: 3,8557 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in
Tinggi Cairan dalam <i>Shell</i>	: 2,7227 m
Tebal <i>Head</i>	: 0,1875 in
Jenis <i>Head</i>	: <i>Torispherical dishead head</i>
Pengaduk Neutralizer	
Jenis <i>Impeller</i>	: <i>Neutralizer</i> Alir Tangki Berpengaduk
Jumlah <i>Impeller</i>	: 1 buah
Diameter Pengaduk	: 0,8568
Lebar <i>Baffle</i>	: 2,2142 m
Kecepatan Putaran	: 190 rpm
Power Pengadukan	: 5 HP
Jaket Pendingin	
Tinggi	: 1,5815 m
Diameter	: 1,8355 m

Luas Selimut	: 11,6398 m
Luas Transfer Panas	: 0,1898 m ²
Harga	: \$ 251,600

3.3.4 Spesifikasi Alat *Centrifuge* (CF-01)

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Centrifuge*

<i>Centrifuge -01</i>	
Kode	: CF-01
Fungsi	: Memisahkan Na ₂ SO ₄ dari larutan hasil keluaran <i>Neutralizer</i> (N-01) untuk di keringkan dengan <i>Rotary Dryer</i> (RD-01) .
Jenis	: <i>Continuous Filtering Centrifuge</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 60 °C
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel</i> 316
Dimensi <i>Centrifuge</i>	
Diameter <i>Bowl</i>	: 30 in
Panjang <i>Bowl</i>	: 60 in
Kecepatan Putaran	: 1,6 rpm
Daya Motor	: 5 Hp
Harga	: \$ 213,200

3.3.5 Spesifikasi Alat *Rotary Dryer* (RD-01)

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Rotary Dryer*

<i>Rotary Dryer -01</i>	
Kode	: RD-01
Fungsi	: Menghilangkan Kadar air yang terkandung dalam padatan Na ₂ SO ₄ .
Jenis	: <i>Indirect Contact Counter Rotary Dryer</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 100 °C
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel</i> 316
Gas	: T <i>in</i> : 130 °C T <i>Out</i> : 100 °C
Padatan	: T <i>in</i> : 60 °C T <i>Out</i> : 100 °C
<i>Mechanical Design</i>	
Diameter	: 0,8435 m
Panjang	: 4,0668 m
Tebal	: 0,0048 m
Slope	: 0,1974 m/m
Kecepatan Putaran	: 11,3274 rpm
Power Standar	: 0,5 Hp
Harga	: \$ 38,400

3.3.6 Spesifikasi Alat Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 6 Spesifikasi Evaporator

Evaporator-01	
Kode	: EV-01
Fungsi	: Menguapkan senyawa yang tidak digunakan untuk menaikkan kemurnian pada produk
Jenis	: <i>Long-Tube Vertical Evaporator</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 290 °C
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Stell SA-167, Grade 3, Type 304</i>
Dimensi Evaporator	
Diameter	: 0,9610 m
IDs Steam	: 15,250 inch
Tebal <i>Head</i>	: 0,25 in
Jumlah Tube	: 160
<i>Dirt</i> Faktor	: 0,0030
<i>Pressure Drop</i>	: 1,7299
Volume Cairan	: 0,0017 m ³
Volume Vapor	: 1,1594 m ³
Tinggi Total	: 3,8396 m
Harga	: \$ 111,900

3.3.7 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku

Tabel 3. 7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan *Linear Alkylbenzene*

Tangki (T-01)	
Kode	: T-01
Fungsi	: Menyimpan kebutuhan bahan baku <i>Linear Alkylbenzene</i> (LAB) untuk proses produksi.
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Type 316</i>
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Fasa	: Cair
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter Tangki	
Volume	: 598,6153 m ³
Diameter	: 10,668 m
Tinggi	: 5,4864 m
Tebal Shell	: 0,1875 in
Jumlah Course	: 3
Tinggi Head	: 1,8763 m
Tebal Head	: 0,25 in
Tinggi total	: 7,363 m
Harga	: \$ 355.000,00

Tabel 3. 8 Spesifikasi Tangki Penyimpanan *Oleum* 20%

Tangki (T-02)	
Kode	: T-02
Fungsi	: Menyimpan kebutuhan bahan baku <i>Oleum</i> 20% untuk proses produksi.
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Type 316</i>
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Fasa	: Cair
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter Tangki	
Volume	: 240,0702 m ³
Diameter	: 9,144 m
Tinggi	: 3,6576 m
Tebal Shell	: 0,1875 in
Jumlah Course	: 2 buah
Tinggi Head	: 63,7115 m
Tebal Head	: 0,250 in
Tinggi total	: 5,276 m
Harga	: \$ 276.500,00

Tabel 3. 9 Spesifikasi Tangki Penyimpanan NaOH

Tangki (T-03)	
Kode	: T-03
Fungsi	: Menyimpan kebutuhan bahan baku NaOH untuk proses produksi.
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Type 316</i>
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Fasa	: Cair
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter Tangki	
Volume	: 150,0439 m ³
Diameter	: 3,048 m
Tinggi	: 9,144 m
Tebal Shell	: 0,1875 in
Jumlah Course	: 2 buah
Tinggi Head	: 33,230 in
Tebal Head	: 0,250 in
Tinggi total	: 9,9881 m
Harga	: \$ 186,500

3.3.8 Spesifikasi Alat Penyimpanan Produk

Tabel 3. 10 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (H₂SO₄)

Tangki (T-04)	
Kode	: T-04
Fungsi	: Menyimpan produk samping H ₂ SO ₄ sisa produksi.
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Type 316</i>
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Fasa	: Cair
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter Tangki	
Volume	: 53,3489 m ³
Diameter	: 6,096 m
Tinggi	: 1,88288 m
Tebal Shell	: 0,1875 in
Jumlah Course	: 4 buah
Tinggi Head	: 1,0878 m
Tebal Head	: 0,1875 in
Tinggi total	: 2,917 m
Harga	: \$ 163.300,00

Tabel 3. 11 Spesifikasi Rangka Penyimpanan *Linear Alkylbenzene Sulfonate*

Tangki (T-05)	
Kode	: T-05
Fungsi	: Menyimpan kebutuhan <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> bahan baku untuk proses produksi.
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Fasa	: Cair
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter Tangki	
Volume	: 599,7499 m ³
Diameter	: 10,668 m
Tinggi	: 5,4864 m
Tebal Shell	: 0,1875 in
Jumlah Course	: 3 buah
Tinggi Head	: 1,8906 m
Tebal Head	: 0,3125 in
Tinggi total	: 7,377 m
Harga	: \$ 355.000,00

Tabel 3. 12 Spesifikasi Silo Penyimpanan Natrium Sulfat Na₂SO₄

Silo (SL-01)	
Kode	: SL-01
Fungsi	: Menyimpan Produk samping hasil produksi <i>Linear Alkylbenzene sulfonate</i> yang berbentuk padatan yaitu Na ₂ SO ₄ .
Jenis	: <i>Silinder</i> tegak dengan <i>Conical bottom</i> dan <i>flat head</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Fasa	: Padat
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter Silo	
Volume	: 55,62 m ³
Diameter	: 3,26 m
Tebal Silinder	: 128,28 in
Tebal Head	: 0,31 in
Tinggi Kerucut	: 1,629 m
Radius	: 1,498 m
Diameter kerucut	: 1.5320 m
Tinggi Total	: 8.146 m
Harga	: \$ 2,338

3.3.9 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat Transportasi 1

Pompa (P-01)	
Kode	: P-01
Fungsi	: Mengalirkan <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> dari tangka penyimpanan (T-01) ke Reaktor (R-01)
Jenis Pompa	: <i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1
Kapasitas	: 2,105 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 5,572 ft/s
Rate Volumetrik	: 0.0206 ft ³ /s
Bahan Konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas Fluida	: 4,3 cP
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter Pompa	
<i>IPS</i>	: 0,75 in
Sch. No	: 40
OD	: 1,050 in
ID	: 0,824 in
Flow area	: 0,534 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	: 80 %
Daya Motor	: 0,333 HP
Harga	: \$ 7,800

Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Transportasi 2

Pompa (P-02)	
Kode	: P-02
Fungsi	: Mengalirkan Oleum 20% dari tangka penyimpanan (T-02) ke Reaktor (R-01)
Jenis Pompa	: <i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1
Kapasitas	: 0,987 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 4,591 ft/s
Rate Volumetrik	: 0,0096 ft ³ /s
Bahan Konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas Fluida	: 0,2 cP
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter Pompa	
<i>IPS</i>	: 0,5 in
Sch. No	: 40
OD	: 0,840 in
ID	: 0,622 in
Flow area	: 0,304 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	: 80 %
Daya Motor	: 0,250 HP
Harga	: \$ 5,800

Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat Transportasi 3

Pompa (P-03)	
Kode	: P-03
Fungsi	: Mengalirkan NaOH dari Tangki penyimpanan (T-03) ke Neutralizer (N-01)
Jenis Pompa	: <i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1
Kapasitas	: 1,083 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 3,542 ft/s
Rate Volumetrik	: 0,0106 ft ³ /s
Bahan Konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas Fluida	: 6,4 cP
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter Pompa	
<i>IPS</i>	: 0,75 in
Sch. No	: 80
OD	: 0,050 in
ID	: 0,742 in
Flow area	: 0,432 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	: 80 %
Daya Motor	: 0,333 HP
Harga	: \$ 5,400

Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat Transportasi 4

Pompa (P-04)	
Kode	: P-04
Fungsi	: Mengalirkan reaktan dari Reaktor (R-01) ke Decanter (D-01)
Jenis Pompa	: <i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1
Kapasitas	: 2,370 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 6,274 ft/s
Rate Volumetrik	: 0,0232 ft ³ /s
Bahan Konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas Fluida	: 83,5 cP
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 50 °C
Diameter Pompa	
<i>IPS</i>	: 0,75 in
Sch. No	: 80
OD	: 1,050 in
ID	: 0,824 in
Flow area	: 0,534 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	: 80 %
Daya Motor	: 0,50 HP
Harga	: \$ 7,800

Tabel 3. 17 Spesifikasi Alat Transportasi 5

Pompa (P-05)	
Kode	: P-05
Fungsi	: Mengalirkan reaktan dari <i>Neutralizer</i> (N-01) ke <i>Centrifuge</i> (CF-01)
Jenis Pompa	: <i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1
Kapasitas	: 2,340 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 3,828 ft/s
Rate Volumetrik	: 0,0332 ft ³ /s
Bahan Konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas Fluida	: 104,7 cP
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 60 °C
Diameter Pompa	
<i>IPS</i>	: 1 in
Sch. No	: 80
OD	: 1,660 in
ID	: 1,278 in
Flow area	: 1,28 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	: 80 %
Daya Motor	: 0,50 HP
Harga	: \$ 10,100

Tabel 3. 18 Spesifikasi Alat Transportasi 6

Pompa (P-06)	
Kode	: P-06
Fungsi	: Mengalirkan reaktan dari Decanter (D-01) ke <i>Neutralizer</i> (N-01)
Jenis Pompa	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 2,340 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 3,828 ft/s
Rate Volumetrik	: 0,0229 ft ³ /s
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas Fluida	: 78,2 cP
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 50 °C
Diameter Pompa	
<i>IPS</i>	: 1 in
Sch. No	: 40
OD	: 1,320 in
ID	: 1,049 in
Flow area	: 0,864 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	: 80 %
Daya Motor	: 0,50 HP
Harga	: \$ 8,900

Tabel 3. 19 Spesifikasi Alat Transportasi 7

Pompa (P-07)	
Kode	: P-07
Fungsi	: Mengalirkan reaktan dari Decanter (D-01) ke tangki penyimpanan H ₂ SO ₄
Jenis Pompa	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,088 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 3,449 ft/s
Rate Volumetrik	: 0,0008 ft ³ /s
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas Fluida	: 115,3 cP
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 50 °C
Diameter Pompa	
IPS	: 0,125 in
Sch. No	: 80
OD	: 0,405 in
ID	: 0,215 in
Flow area	: 0,036 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	: 80 %
Daya Motor	: 0,05 HP
Harga	: \$ 4,700

Tabel 3. 20 Spesifikasi Alat Transportasi 8

Pompa (P-08)	
Kode	: P-08
Fungsi	: Mengalirkan reaktan dari Evaporator (EV-01) ke tangki penyimpanan produk <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i>
Jenis Pompa	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 4,786 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 2,293 ft/s
Rate Volumetrik	: 0,0469 ft ³ /s
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas Fluida	: 687,2 cP
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 290 °C
Diameter Pompa	
IPS	: 2 in
Sch. No	: 80
OD	: 2,380 in
ID	: 1,939 in
Flow area	: 2,95 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	: 80 %
Daya Motor	: 1,50 HP
Harga	: \$ 12,400

Tabel 3. 21 Spesifikasi Alat Transportasi 9

Pompa (P-09)	
Kode	: P-09
Fungsi	: Mengalirkan reaktan hasil atas dari <i>Centrifuge</i> (CF-01) ke Evaporator (EV-01)
Jenis Pompa	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 3,239 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 3,577 ft/s
Rate Volumetrik	: 0,0469 ft ³ /s
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas Fluida	: 109,2 cP
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 60 °C
Diameter Pompa	
IPS	: 1,25 in
Sch. No	: 80
OD	: 1,660 in
ID	: 1,278 in
Flow area	: 1,28 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	: 80 %
Daya Motor	: 0,33 HP
Harga	: \$ 10,100

Tabel 3. 22 Spesifikasi Alat Transportasi 10

<i>Screw Conveyor (SC-01)</i>	
Kode	: SC-01
Fungsi	: Mengangkut campuran Na_2SO_4 dan H_2O dari <i>Centrifuge</i> (CF-01) ke <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)
Jenis	: <i>Horizontal Screw Conveyor</i>
Kapasitas	: 5 ton/jam
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel Tipe 316</i>
Dimensi <i>Screw Conveyor</i>	
Diameter Screw	: 0,229 m
Diameter Pipa	: 0,064 m
Pusat Gantungan	: 3,048 m
Diameter Bagian Umpan	: 0,152 m
Panjang	: 4,572 m
Daya Motor	: 0,43 HP
Harga	: \$ 5000

Tabel 3. 23 Spesifikasi Alat Transportasi 11

<i>Screw Conveyor (SC-02)</i>	
Kode	: SC-02
Fungsi	: Mengangkut Na_2SO_4 keluaran dari <i>Rotary Dryer</i> (RD-01) menuju Silo (SL-01)
Jenis	: <i>Horizontal Screw Conveyor</i>
Kapasitas	: 5 ton/jam
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel Tipe 316</i>
Dimensi <i>Screw Conveyor</i>	
Diameter Screw	: 0,229 m
Diameter Pipa	: 0,064 m
Pusat Gantungan	: 3,048 m
Diameter Bagian Umpan	: 0,152 m

Panjang	:	4,572 m
Daya Motor	:	0,43 HP
Harga	:	\$ 5000

Tabel 3. 24 Spesifikasi Alat Transportasi 12

<i>Bucket Elevator (BE-01)</i>		
Kode	:	BE-01
Fungsi	:	Mengangkut Na ₂ SO ₄ keluaran dari <i>Rotary Dryer</i> (RD-01) menuju Silo (SL-01)
Jenis	:	<i>Continous-Discharge Bucket Elevator</i>
Jumlah	:	1 Unit
Kapasitas	:	5 ton/jam
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainles Steel Tipe 316</i>
<i>Dimensi Bucket Elevator</i>		
Panjang	:	6 in
Lebar	:	4,25 in
Tinggi	:	8,00 m
Rpm <i>Shaf</i>	:	2,117 m
Kecepatan	:	11,080 ft/men
Power Motor	:	0,050 Hp
Harga	:	\$ 11,000

Tabel 3. 25 Spesifikasi Alat Transportasi 13

Blower (BL-01)		
Kode	:	BL-01
Fungsi	:	Mengalirkan udara dari lingkungan <i>menuju Rotary Dryer</i> (RD-01)
Jenis	:	Blower Sentrifugal
Jumlah	:	1 Unit
Kapasitas	:	300,500 cuft ³ /menit
Power	:	0,05 Hp
Harga	:	\$ 350

3.3.10 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Heat Exchanger (HE-01)

Tabel 3. 26 Spesifikasi *Heat Exchanger* -01

Parameter	<i>Heater -01</i>	
Kode	:	HE-01
Fungsi	:	Menaikan suhu <i>Linear Alkylbenzene</i> sebelum memasuki Reaktor (R-01) dari suhu 30 °C ke 50 °C
Jenis	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel type 316</i>
Luas Transfer	:	19,170 ft ²
Jumlah <i>Hairpin</i>	:	1 buah
Arah Aliran	:	<i>Counter Current</i>
<i>R_{dmin}</i>	:	0,003 Btu/hr.ft ² .F
<i>R_{dcal}</i>	:	0,017 Btu/hr.ft ² .F
<i>Mechanical Design</i>		
<i>Annulus</i>		
Suhu	:	<i>T_{in}</i> : 60 °C <i>T_{out}</i> : 50 °C
Fluida	:	<i>Steam</i>
Jenis Fluida	:	<i>Hot Fluid</i>
IPS	:	2 in
OD	:	2,38 in
ID	:	2,067 in
<i>Schedule.No</i>	:	40
<i>Flow Area</i>	:	1,19 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,62 ft ² /ft
Panjang	:	15 ft
<i>Inner Pipe</i>		
Suhu	:	<i>T_{in}</i> : 30 °C

	<i>T_{out}</i> :	50 °C
Fluida	:	<i>Linear Alkylbenzene (lq)</i>
Jenis Fluida	:	<i>Cold Fluid</i>
IPS	:	1,25 in
<i>Schedule. No</i>	:	40
OD	:	1,66 in
ID	:	1,38 in
<i>Flow Area</i>	:	1,50 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,44 ft ² /ft
Harga		\$ 2,200

b. *Heat Exchanger* (HE-02)

Tabel 3. 27 Spesifikasi *Heat Exchanger* -02

Parameter		<i>Heater -02</i>
Kode	:	HE-02
Fungsi	:	Menaikan suhu <i>Oleum</i> 20% sebelum masuk Reaktor (R-01) dari suhu 30 °C ke 50 °C
Jenis	:	<i>Double Pipe Heat Excanger</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel type 316</i>
Luas Transfer	:	29,886 ft ²
Jumlah Hairpin	:	1 buah
Arah Aliran	:	<i>Counter Current</i>
<i>Rdmin</i>	:	0,003 Btu/hr.ft ² .F
<i>Rdcal</i>	:	0,013 Btu/hr.ft ² .F
<i>Mechanical Design</i>		
<i>Annulus</i>		
Suhu	:	<i>T_{in}</i> : 60 °C <i>T_{out}</i> : 50 °C
Fluida	:	<i>Steam</i>
Jenis Fluida	:	<i>Hot Fluid</i>
IPS	:	2 in
OD	:	2,38 in
ID	:	2,067 in
<i>Schedule.No</i>	:	40
<i>Flow Area</i>	:	1,19 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,62 ft ² /ft
Panjang	:	20 ft
<i>Inner Pipe</i>		
Suhu	:	<i>T_{in}</i> : 30 °C <i>T_{out}</i> : 50 °C

Fluida	:	<i>Oleum 20% (lq)</i>
Jenis Fluida	:	<i>Cold Fluid</i>
IPS	:	1,25 in
<i>Schedule. No</i>	:	40
OD	:	1,66 in
ID	:	1,38 in
<i>Flow Area</i>	:	1,50 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,44 ft ² /ft
Harga		\$ 2,500

c. *Heat Exchanger* (HE-03)

Tabel 3. 28 Spesifikasi *Heat Exchanger* -03

Parameter		<i>Heater -03</i>
Kode	:	HE-03
Fungsi	:	Menaikan suhu Natrium Hidroksida (NaOH) sebelum memasuki Reaktor (R-01) dari suhu 30 °C ke 50 °C
Jenis	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel type 316</i>
Luas Transfer	:	23,622 ft ²
Jumlah Hairpin	:	1 buah
Arah Aliran	:	<i>Counter Current</i>
<i>Rdmin</i>	:	0,003 Btu/hr.ft ² .F
<i>Rdcal</i>	:	0,016 Btu/hr.ft ² .F
<i>Mechanical Design</i>		
<i>Annulus</i>		
Suhu	:	<i>T_{in}</i> : 60 °C <i>T_{out}</i> : 50 °C
Fluida	:	<i>Steam</i>
Jenis Fluida	:	<i>Hot Fluid</i>
IPS	:	2 in
OD	:	2,38 in
ID	:	2,067 in
<i>Schedule.No</i>	:	40
<i>Flow Area</i>	:	3,35 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,62 ft ² /ft
Panjang	:	15
<i>Inner Pipe</i>		
Suhu	:	<i>T_{in}</i> : 30 °C <i>T_{out}</i> : 50 °C
Fluida	:	<i>Natrium Hidroksida (NaOH)_(lq)</i>

Jenis Fluida	:	<i>Cold Fluid</i>
IPS	:	1,25 in
<i>Schedule. No</i>	:	40
OD	:	1,66 in
ID	:	1,38 in
<i>Flow Area</i>	:	1,50 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,44 ft ² /ft
Harga		\$ 2,300

d. *Cooler* (CL-01)

Tabel 3. 29 Spesifikasi *Cooler* -01

Parameter		<i>Cooler -01</i>
Kode	:	CL-01
Fungsi	:	Mendinginkan suhu hasil keluaran Decanter (D-01) berupa Asam Sulfat (H_2SO_4) untuk di simpan di tangki penyimpanan (T-04) dari suhu 50 °C ke 30 °C
Jenis	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel type 316</i>
Luas Transfer	:	14,93 ft ²
Jumlah <i>Hairpin</i>	:	1 buah
Arah Aliran	:	<i>Counter Current</i>
<i>Rdmin</i>	:	0,003 Btu/hr.ft ² .F
<i>Rdcal</i>	:	0,147 Btu/hr.ft ² .F
<i>Mechanical Design</i>		
<i>Annulus</i>		
Suhu	:	Tin : 50 °C Tout : 30 °C
Fluida	:	H ₂ SO ₄ (Asam Sulfat) & H ₂ O (Air)
Jenis Fluida	:	<i>Hot Fluid</i>
Laju Alir Massa	:	2.596,611 Kg/Jam
IPS	:	2 in
OD	:	2,38 in
ID	:	2,067 in
<i>Schedule.No</i>	:	40
<i>Flow Area</i>	:	3,35 In ²
<i>Surface Area</i>	:	0,622 ft ² /ft
Panjang	:	12 ft

ΔP_{cat}	:	8,9 x 10 ⁻⁶ psi
ΔP_{allow}	:	10 psi
<i>Inner Pipe</i>		
Suhu	:	T _{in} : 25 °C T _{out} : 35 °C
Fluida	:	<i>Water</i>
Jenis Fluida	:	<i>Cold Fluid</i>
IPS	:	1,25 in
<i>Schedule. No</i>	:	40
OD	:	1,66 in
ID	:	1,38 in
<i>Flow Area</i>	:	1,28 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,435 ft ² /ft
ΔP_{cat}	:	3,8 x10 ⁻⁸ Psi
ΔP_{allow}	:	10 Psi
Harga		\$ 1900

e. *Cooler* (CL-02)

Tabel 3. 30 Spesifikasi *Cooler*-02

Parameter	<i>Cooler -02</i>
Kode	: CL-02
Fungsi	: Mendinginkan suhu produk utama keluaran Evaporator (EV-01) berupa <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> dari suhu 290 °C ke 160 °C
Jenis	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel type 316</i>
Luas Transfer	: 22,59 ft ²
Jumlah <i>Hairpin</i>	: 1 buah
Arah Aliran	: <i>Counter Current</i>
<i>Rdmin</i>	: 0,003 Btu/hr.ft ² .F
<i>Rdcal</i>	: 0,127 Btu/hr.ft ² .F
<i>Mechanical Design</i>	
<i>Annulus</i>	
Suhu	: Tin : 290 °C Tout : 160 °C
Fluida	: <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> (LAS)
Jenis Fluida	: <i>Hot Fluid</i>
Laju Alir Massa	: 1.889,691 Kg/Jam
IPS	: 2,5 in
OD	: 2,88 in
ID	: 2,32 in
<i>Schedule.No</i>	: 80
<i>Flow Area</i>	: 4,23 in ²
<i>Surface Area</i>	: 0,753 ft ² /ft
Panjang	: 12 ft
ΔP_{cat}	: 6,15 x 10 ⁻⁵ psi

ΔP_{allow}	:	10 psi
<i>Inner Pipe</i>		
Suhu	:	Tin : 25 °C Tout : 35 °C
Fluida	:	<i>Water</i>
Jenis Fluida	:	<i>Cold Fluid</i>
IPS	:	1,25 in
<i>Schedule. No</i>	:	80
OD	:	1,66 in
ID	:	1,278 in
<i>Flow Area</i>	:	1,50 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,435 ft ² /ft
ΔP_{cat}	:	1,47 x 10 ⁻⁴ psi
ΔP_{allow}	:	10 psi
Harga		\$ 2,300

f. *Cooler* (CL-03)

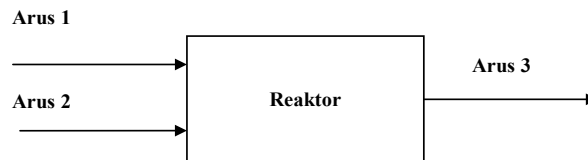
Tabel 3. 31 Spesifikasi *Cooler*-03

Parameter		<i>Cooler -03</i>
Kode	:	CL-03
Fungsi	:	Mendinginkan suhu produk utama keluaran Evaporator (EV-01) berupa <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> dari suhu 160 °C ke 30 °C
Jenis	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel type 316</i>
Luas Transfer	:	22,59 ft ²
Jumlah <i>Hairpin</i>	:	1 buah
Arah Aliran	:	<i>Counter Current</i>
<i>Rdmin</i>	:	0,003 Btu/hr.ft ² .F
<i>Rdcal</i>	:	0,127 Btu/hr.ft ² .F
<i>Mechanical Design</i>		
<i>Annulus</i>		
Suhu	:	Tin : 160 °C Tout : 30 °C
Fluida	:	<i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> (LAS)
Jenis Fluida	:	<i>Hot Fluid</i>
Laju Alir Massa	:	1.889,691 Kg/Jam
IPS	:	2 in
OD	:	2,88 in
ID	:	2,32 in
<i>Schedule.No</i>	:	80
<i>Flow Area</i>	:	4,23 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,753 ft ² /ft
Panjang	:	12 ft
ΔP_{cat}	:	3,11 x 10 ⁻⁵ psi

ΔP_{allow}	:	10 psi
<i>Inner Pipe</i>		
Suhu	:	Tin : 25 °C Tout : 35 °C
Fluida	:	<i>Water</i>
Jenis Fluida	:	<i>Cold Fluid</i>
IPS	:	1,25 in
<i>Schedule. No</i>	:	80
OD	:	1,66 in
ID	:	1,278 in
<i>Flow Area</i>	:	1,50 in ²
<i>Surface Area</i>	:	0,435 ft ² /ft
ΔP_{cat}	:	1,47 x 10 ⁻⁴ psi
ΔP_{allow}	:	10 psi
Harga		\$ 2,300

3.4 Neraca Massa

a. Neraca Massa Reaktor (R-01)



Keterangan :

Arus 1 = Aliran umpan dari *Linear Alkylbenzene* tank

Arus 2 = Aliran umpan dari Oleum 20%

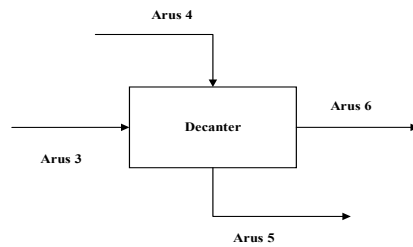
Arus 3 = Aliran *Output Reactor*

Input = Output

Tabel 3. 32 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Input (Kg)		Output (Kg)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
<i>Linear Alkylbenzene</i>	1.488,718	-	59,549
Oleum 20%	-	1.077,202	43,088
<i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i>	-	-	1.893,939
Asam Sulfat	-	-	569,344
Air	0,298	21,984	22,282
Subtotal	1.489,016	1.099,186	2.588,201
TOTAL	2.588,201		2.588,201

b. Neraca Massa Decanter (D-01)



Keterangan :

Arus 3 dan 4 = Aliran *Input* Decanter

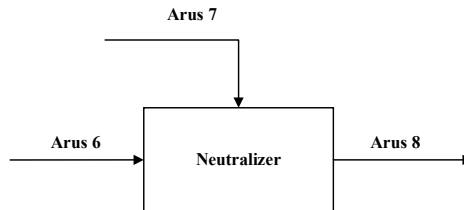
Arus 5 dan 6 = Aliran *output* Decanter

Input = Output

Tabel 3. 33 Neraca Massa Decanter (D-01)

Komponen	Input (Kg)		Output (Kg)	
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
<i>Linear Alkylbenzene</i>	59,549	-	-	59,549
Oleum 20%	43,088	-	-	43,088
<i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i>	1.893,939	-	-	1.893,939
Asam Sulfat	569,344	-	93,555	475,788
Air	22,282	8,410	25,648	5,043
Subtotal	2.588,201	8,410	119,204	2.477,408
TOTAL	2.596,611		2.596,611	

c. Neraca Massa Netralizer (N-01)



Keterangan :

Arus 6 = Aliran *Input* Netralizer

Arus 7 = Aliran *Input* Netrealizer

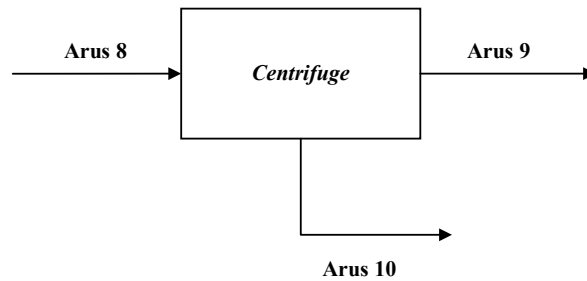
Arus 8 = Aliran *Output* Netralizer

Input = Output

Tabel 3. 34 Neraca Massa Netralizer (N-01)

Komponen	Input (Kg)		Output (Kg)
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
<i>Linear</i>	59,549	-	59,549
<i>Alkylbenzene</i>			
Oleum 20%	43,088	-	43,088
<i>Linear</i>	1.893,939	-	119,732
<i>Alkylbenzene</i>			
<i>Sulfonate</i>			
Asam Sulfat	475,788	-	-
Air	5,043	672,516	950,301
NaOH	-	620,784	14,691
Na ₂ SO ₄	-	-	689,407
<i>Linear</i>	-	-	1.893,939
<i>Alkylbenzene</i>			
<i>Sulfonate</i> (Na)			
Subtotal	2.477,408	1.293,300	3.770,707
TOTAL		3.770,707	3.770,707

d. Neraca Massa Centrifuge (CF-01)



Keterangan :

Arus 7 = Aliran *Input Centrifuge*

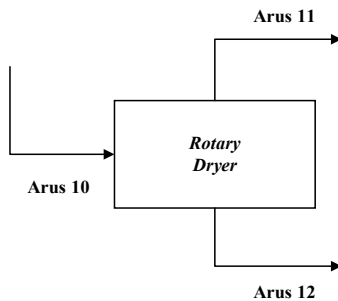
Arus 8 dan 9 = Aliran *Output Centrifuge*

Input = Output

Tabel 3. 35 Neraca Massa Evaporator (Ev-01)

Komponen	Input (Kg)	Output (Kg)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Linear			
Alkylbenzene	59,549	59,549	-
Oleum 20%	43,088	43,088	-
<i>Linear</i>			
<i>Alkylbenzene</i>	119,732	119,732	-
<i>Sulfonate</i>			
Asam Sulfat	-	-	-
Air	950,301	807,756	142,545
NaOH	14,691	14,691	-
Na ₂ SO ₄	689,407	-	698.407
<i>Linear</i>			
<i>Alkylbenzene</i>	1.893,939	1.875,000	18,939
<i>Sulfonate(Na)</i>			
Subtotal	3.770,707	2.929,815	850,892
Total	3.770,707	3.770,707	

e. Neraca Massa *Rotary Dryer* (RD-01)



Keterangan :

Arus 10 = Aliran *Input Rotary Dryer*

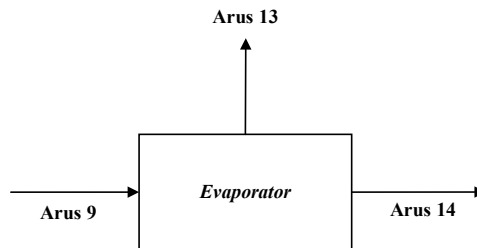
Arus 11 dan 12 = Aliran *Output Rotary Dryer*

Input = Output

Tabel 3. 36 Neraca Massa *Centrifuge* (CF-01)

Komponen	Input (Kg)	Output (Kg)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12
Linear			
Alkylbenzene	-	-	-
Oleum 20%	-	-	-
Linear			
Alkylbenzene	-	-	-
Sulfonate			
Asam Sulfat	-	-	-
Air	142,545	142,545	-
NaOH	-	-	-
Na ₂ SO ₄	689,407	-	698.407
Linear			
Alkylbenzene	18,939	9,470	9,470
Sulfonate(Na)			
Subtotal	850,892	152,015	698,877
TOTAL	850,892	850,892	

f. Evaporator (EV-01)



Keterangan :

Arus 10 = Aliran *Input Rotary Dryer*

Arus 11 dan 12 = Aliran *Output Rotary Dryer*

Input = Output

Tabel 3. 37 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

Komponen	Input (Kg)	Output (Kg)	
	Arus 9	Arus 13	Arus 14
Linear	59,549	59,549	-
Alkylbenzene			
Oleum 20%	43,088	43,088	-
Linear			
Alkylbenzene	119,732	119,732	-
Sulfonate			
Asam Sulfat	-	-	-
Air	807,756	807,756	
NaOH	14,691	-	14,691
Na2SO4	-	-	-
Linear			
Alkylbenzene	1.875,000	-	1.875,000
Sulfonate(Na)			
Subtotal	2.919,815	1.030,124	1.889,691
TOTAL	2.919,815	2.919,815	

3.5 Neraca Panas

Tabel 3. 38 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (KJ/Jam)	ΔH_{out} (KJ/Jam)
C ₆ H ₅ C ₁₂ H ₂₅	73.710,438	2.948,418
H ₂ SO ₄ .SO ₃	8.77,735	355,109
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₅ SO ₃	-	36.637,125
H ₂ SO ₄	-	12.871,235
H ₂ O	2.371,199	2.371,199
H Reaksi	-	313.888,792
Q Pemanas	284.112,506	-
Total	369.071,798	369.071,798

Tabel 3. 39 Neraca Panas Decanter (D-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (KJ/Jam)	ΔH_{out} (KJ/Jam)
C ₆ H ₅ C ₁₂ H ₂₅	582,558	582,558
H ₂ SO ₄ .SO ₃	69,730	69,730
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₅ SO ₃	17.429,785	17.429,785
H ₂ SO ₄	2.554,611	2.554,611
H ₂ O	649,259	649,259
Total	21.285,943	21.285,943

Tabel 3. 40 Neraca Panas *Neutralizer* (N-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	$\Delta H \text{ in (KJ/Jam)}$	$\Delta H \text{ out (KJ/Jam)}$
$C_6H_5C_{12}H_{25}$	2.983,93	2.983,93
$H_2SO_4.SO_3$	361,866	361,866
$C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3$	72.624,87	4.591,228
H_2SO_4	10.836,90	-
H_2O	72.565,45	101.775,632
NaOH	241.146,351	5.067,832
Na_2SO_4	-	13.512,265
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$	-	81.635,319
Q in	373.519,379	-
Q out	-	209.928.076
Q Reaksi	5.318,604	-
Q Pendingin	-	168,910
Total	378.837,9821	378.837,9821

Tabel 3. 41 Neraca Panas *Centrifuge* (CF-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	$\Delta H \text{ in (KJ/Jam)}$	$\Delta H \text{ out (KJ/Jam)}$
$C_6H_5C_{12}H_{25}$	4.177,508	4.177,508
$H_2SO_4.SO_3$	506,611	506,611
$C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3$	740,584	740,584
H_2SO_4	-	-
H_2O	142.485,884	142.485,884
NaOH	1.046,457	1.046,457
Na_2SO_4	18.917,171	18.917,171
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$	21.033,258	21.033,258
Total	188.907,476	188.907,476

Tabel 3. 42 Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	$\Delta H \text{ in (KJ/Jam)}$	$\Delta H \text{ out (KJ/Jam)}$
$C_6H_5C_{12}H_{25}$	-	-
$H_2SO_4 \cdot SO_3$	-	-
$C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3$	-	-
H_2SO_4	-	-
H_2O	21.108,1288	48.754,350
NaOH	-	-
Na_2SO_4	18.653,618	191,784
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$	933,363	2.142,927
Q Udara	23.697,307	13.303,356
Total	64.392,418	64.392,418

Tabel 3. 43 Neraca Panas Evaporator (EV-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	$\Delta H \text{ in (KJ/Jam)}$	$\Delta H \text{ out (KJ/Jam)}$
$C_6H_5C_{12}H_{25}$	50.358,700	50.358,700
$H_2SO_4 \cdot SO_3$	-308,902	-308,902
$C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3$	28,000	28,000
H_2SO_4	-	-
H_2O	11.116,490	11.116,490
NaOH	5.466,077	5.466,077
Na_2SO_4	-	-
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$	31.500,000	31.500,000
Total	126.132,363	126.132,363

Tabel 3. 44 Neraca Panas *Heat Exchanger*-01

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (KJ/Jam)	ΔH_{out} (KJ/Jam)
Q_{in}	13.855,4480	-
Q_{out}	-	104.482,3741
Q_{steam}	90.626,9261	-
Total	104.482,3741	104.482,3741

Tabel 3. 45 Neraca Panas *Heat Exchanger*-02

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (KJ/Jam)	ΔH_{out} (KJ/Jam)
Q_{in}	22.287,3785	-
Q_{out}	-	160.544,3370
Q_{steam}	138.256,9598	-
Total	160.544,3370	160.544,3370

Tabel 3. 46 Neraca Panas *Heat Exchanger*-03

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (KJ/Jam)	ΔH_{out} (KJ/Jam)
Q_{in}	17.683,1495	-
Q_{out}	-	126.964,7232
Q_{steam}	109.281,5737	-
Total	126.964,7232	126.964,7232

Tabel 3. 47 Neraca Panas *Cooler-01*

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (KJ/Jam)	ΔH_{out} (KJ/Jam)
<i>Q in</i>	191,8843	-
<i>Q out</i>	-	187,6817
Q pendingin	-	4,2026
Total	191,8843	191,8843

Tabel 3. 48 Neraca Panas *Cooler-02*

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (KJ/Jam)	ΔH_{out} (KJ/Jam)
<i>Q in</i>	2.788,2121	-
<i>Q out</i>	-	2.749,3396
Q pendingin	-	38,8724
Total	2.788,2121	2.788,2121

Tabel 3. 49 Neraca Panas *Cooler-03*

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (KJ/Jam)	ΔH_{out} (KJ/Jam)
<i>Q in</i>	2.707,3931	-
<i>Q out</i>	-	2.533,8224
Q pendingin	-	173,5707
Total	2.707,3931	2.707,3931

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang cukup penting dalam pendirian suatu pabrik untuk kelangsungan operasi pabrik, karena hal tersebut menyangkut faktor produksi dan besarnya keuntungan yang. Terdapat beberapa faktor dasar yang harus dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik diantaranya lokasi tersebut harus mempunyai keuntungan jangka panjang termasuk pertimbangan untuk memperluas pabrik pada masa yang akan datang, transportasi, tenaga kerja, letak pabrik dengan sumber bahan baku dan lain sebagainya. Tujuannya penting yang harus diperhatikan adalah suatu pabrik harus dilokasikan sedemikian rupa sehingga mempunyai biaya produksi dan distribusi seminimal mungkin serta memiliki kemungkinan yang baik untuk dikembangkan dengan lancar, efektif dan efisien.

Berdasarkan beberapa pertimbangan, perancangan pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di Kawasan industri Cilegon, Banten.



Gambar 4. 1 Denah Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik ditetapkan berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

4.1.1 Faktor Primer

Faktor primer adalah faktor-faktor yang memiliki pengaruh langsung dan signifikan terhadap tujuan utama dari usaha sebuah pabrik. Adapun faktor-faktor primer yang berkaitan langsung dengan pemilihan lokasi pabrik. Berikut adalah beberapa faktor primer yang biasanya dipertimbangkan:

a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan operasional suatu pabrik, sehingga ketersediaannya menjadi faktor yang sangat penting. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pabrik diupayakan sedekat mungkin dengan sumber bahan baku untuk menekan biaya transportasi. Dalam hal ini, bahan baku Linear Alkylbenzene diperoleh dari PT Unggul Indah Cahaya yang berlokasi di kawasan industri Cilegon, Banten. Sementara itu, oleum 20% dipasok oleh PT Indonesian Acids Industry di Jakarta Timur, dan NaOH 20% berasal dari PT Asahimas Chemical yang juga berada di wilayah Cilegon. Kedekatan pabrik dengan sumber bahan baku serta tersedianya fasilitas pendukung memberikan keuntungan dari sisi efisiensi transportasi dan penghematan biaya operasional.

b. Pasar Utama

Lokasi pemasaran perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik. Hal ini berkaitan dengan keamanan dalam pendistribusian produk dan dapat memudahkan konsumen untuk mendapatkan produk yang diinginkan. Konsumen yang menjadi target pemasaran produk *Linear Alkylbenzene Sulfonate* adalah industri *detergen*, *handsoap*, dan sabun cairan pembersih serta

industri kimia lainnya sehingga menguntungkan untuk pemasaran produk.

c. Ketersediaan Utilitas

Ketersediaan utilitas merupakan salah satu aspek penting dalam menentukan lokasi pabrik, karena sangat mempengaruhi kelancaran proses produksi. Energi listrik, air, dan bahan bakar adalah kebutuhan utama yang harus dipenuhi secara berkelanjutan. Untuk pemenuhan energi listrik, pabrik dapat bekerja sama dengan PT Perusahaan Listrik Negara (PLN). Selain itu, lokasi pabrik sebaiknya berada dekat dengan sumber air seperti sungai, waduk, atau laut guna menjamin pasokan air yang memadai serta menekan biaya produksi. Dalam operasionalnya, pabrik memerlukan berbagai unit penunjang seperti unit penyediaan bahan bakar, unit pembangkit steam, serta unit pengadaan dan pengolahan air, yang semuanya berperan penting dalam mendukung kelangsungan proses produksi secara efisien.

d. Sarana Transportasi

Sarana transportasi yang memadai sangat dibutuhkan untuk menunjang kelancaran operasional pabrik, terutama dalam hal mobilitas tenaga kerja dan distribusi produk. Fasilitas transportasi yang dimaksud meliputi infrastruktur jalan yang baik, akses ke pelabuhan, serta berbagai moda transportasi pendukung lainnya. Pabrik yang dirancang ini rencananya akan dibangun di Kawasan Industri Cilegon, Banten, yang memiliki lokasi strategis dan mudah dijangkau melalui jalur darat maupun laut, seperti jalan raya dan pelabuhan. Dengan demikian, diharapkan seluruh aktivitas transportasi yang berkaitan dengan kebutuhan pabrik dapat berjalan lancar, serta proses pengiriman barang masuk dan keluar tidak mengalami hambatan.

e. Ketersediaan Tenaga Kerja

Sumber daya manusia merupakan faktor penting dalam pemilihan lokasi pabrik karena berkaitan langsung dengan ketersediaan tenaga kerja yang akan mempengaruhi efektivitas dan produktivitas operasional pabrik. Oleh karena itu, lokasi pabrik sebaiknya dipilih di area yang berdekatan dengan fasilitas pendidikan yang memadai. Keberadaan institusi pendidikan di sekitar lokasi pabrik dapat menunjang tersedianya tenaga kerja yang berkualitas, kompeten, dan sesuai dengan kebutuhan perusahaan.

4.1.2 Faktor Sekunder

a. Perizinan

Lokasi pabrik dipilih di wilayah Cilegon, Banten termasuk salah satu kawasan industri yang ditetapkan oleh pemerintah, sehingga memudahkan dalam permasalahan perijinan pendirian pabrik. Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- Segi keamanan terpenuhi
- Pemanfaatan area tanah seefisien mungkin
- Sarana transportasi yang baik dan efisien

b. Area Perluasan Pabrik

Pembangunan pabrik direncanakan di kawasan industri Cilegon, Banten yang terletak jauh dari permukiman padat penduduk. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan lahan yang luas dan dukungan infrastruktur yang memadai, sehingga memungkinkan perluasan area pabrik di masa depan tanpa mengganggu lingkungan sekitar. Untuk mendukung rencana pengembangan tersebut, sejak awal perlu dipersiapkan lahan kosong sebagai langkah antisipatif terhadap kebutuhan tambahan yang mungkin timbul seiring dengan berkembangnya aktivitas produksi.

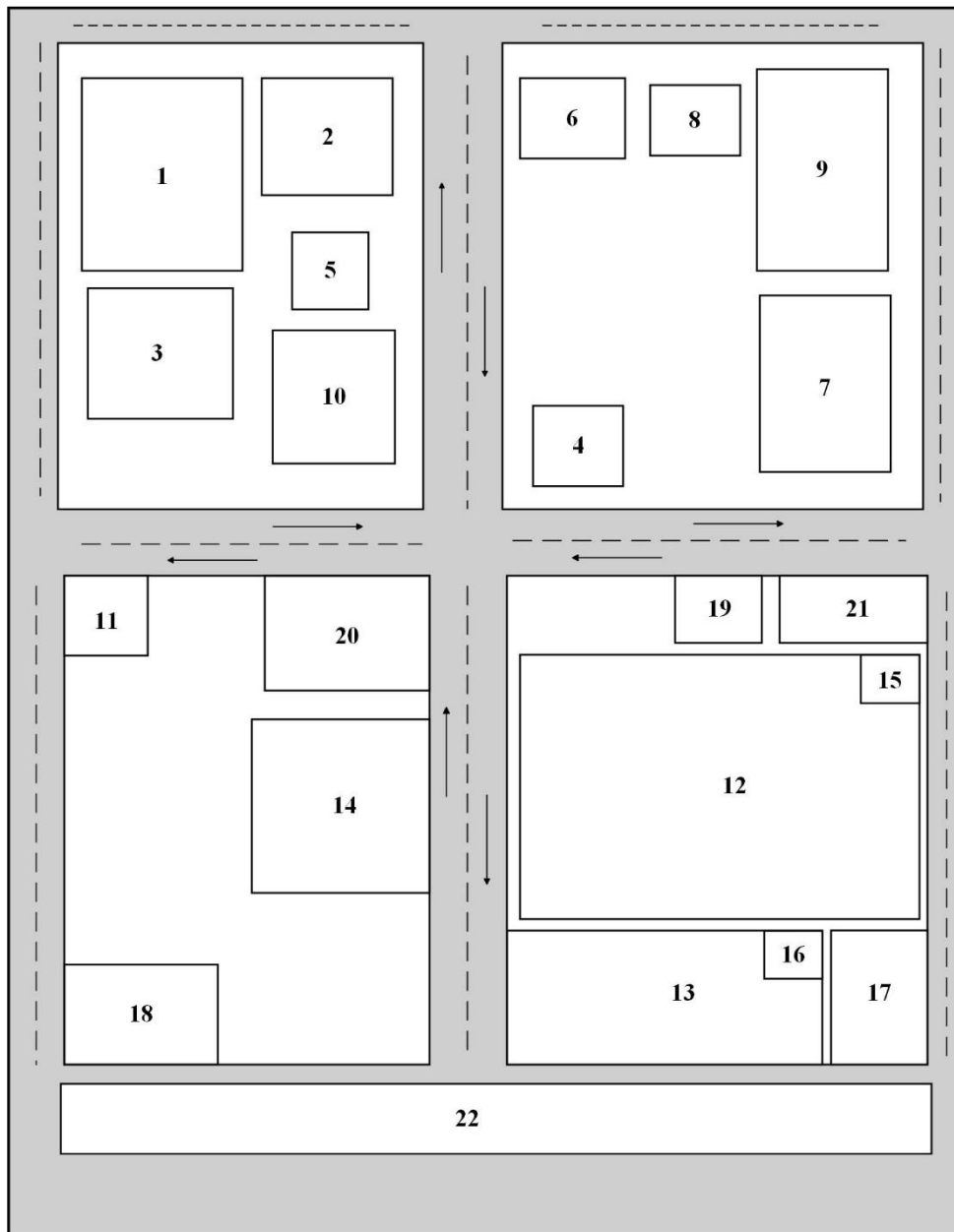
4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan perencanaan dan pengaturan lokasi dari berbagai elemen di sebuah pabrik, yang mencakup area kerja karyawan, posisi peralatan produksi, ruang penyimpanan bahan, serta berbagai fasilitas pendukung seperti kantor, gudang, laboratorium, dan bengkel. Perancangan tata letak ini memegang peranan penting dalam menentukan efisiensi operasional, biaya konstruksi dan produksi, serta keselamatan kerja.

Oleh karena itu, setiap elemen harus ditempatkan secara strategis dengan mempertimbangkan hubungan fungsional antar bagian agar alur produksi dan distribusi dapat berjalan lancar. Efisiensi tata letak juga ditinjau dari kelancaran arus barang, kemudahan pengawasan, keamanan, dan pertimbangan ekonomis. Penempatan peralatan produksi perlu dirancang sedemikian rupa untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan nyaman, serta memastikan pemanfaatan ruang yang optimal sesuai dengan fungsi dan kebutuhan operasional pabrik secara keseluruhan.

Tabel 4. 1 Perincian Luas Bangunan dan Tanah

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Kantor	34	25	850
2	Gedung Serbaguna	25	20	500
3	Area Parkir Utama	20	20	400
4	Masjid	14,3	14	200,2
5	Perpustakaan	10	15	150
6	Kantin & Koperasi	20	15	300
7	Laboratorium	25	18	450
8	Poliklinik	19	12	228
9	Asrama Karyawan	22	25	550
10	Taman	20	25	500
11	Pos Keamanan	10	7	70
12	Area Proses	60	50	3,000
13	Area Utilitas	50	50	2,500
14	Area <i>Loading Space</i>	20	22,5	450
15	Ruang Kontrol Proses	15	20	300
16	Ruang Kontrol Utilitas	15	20	300
17	Unit Pengolahan Limbah	31,83	22	700,2
18	Unit Pemadam Kebakaran	20	15	300
19	Bengkel	15	25	375
20	Area Parkir Truck	25	20	500
21	Gudang	25,30	18,70	473,11
22	Area Perluasan Pabrik	30	35	1,050
23	Jalan			590
Total Luas Tanah				14,736
Total Luas Tanah				15,000



Gambar 4. 2 *Layout Pabrik Linear Alkylbenzene Sulfonate*

Keterangan :

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| 1. Kantor | 12 . Area Proses |
| 2. Gedung Serbaguna | 13. Area Utilitas |
| 3. Area Prkir Utama | 14. Area <i>Loading Space</i> |
| 4. Masjid | 15. Ruang Kontrol Proses |
| 5. Perpustakaan | 16. Ruang Kontrol Utilitas |
| 6. Kantin dan Koperasi | 17. Unit Pengolahan Limbah |
| 7. Laboratorium | 18. Unit Pemadam Kebakaran |
| 8. Poliklinik | 19. Bengkel |
| 9. Asrama Karyawan | 20. Area Parkir Truck |
| 10. Taman | 21. Gudang |
| 11. Pos Keamanan | 22. Area Perluasan Pabrik |

4.3 Tata Letak Mesin/ Alat Proses (*Mechines Layout*)

Tata letak alat proses atau *machine layout* adalah pengaturan mesin dan peralatan dalam pabrik secara optimal untuk mendukung efisiensi operasional, keselamatan kerja, dan fleksibilitas pengembangan di masa depan. Perancangan yang tepat dapat menekan biaya konstruksi dan operasional, sekaligus menciptakan lingkungan kerja yang aman dan nyaman. Penempatan mesin yang baik juga membantu meminimalkan risiko kecelakaan dan meningkatkan kelancaran proses produksi. Dalam perancangan tata letak alat proses pada pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemasangan alat-alat proses, yaitu:

a. Aliran Bahan baku dan produk :

Aliran bahan baku yang baik dan efisien akan meminimalisir biaya operasional pabrik serta dapat memberikan keuntungan ekonomi serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Pengaturan ini juga

bertujuan untuk mencegah terjadinya kemacetan alur kerja serta meminimalkan potensi gangguan dalam proses produksi.

b. Aliran udara :

Sirkulasi udara yang baik dapat mencegah terjadinya penumpukan udara yang membawa zat-zat kimia terbang ke udara. Sistem ventilasi yang baik juga dapat menghindarkan risiko kebakaran, ledakan, serta gangguan kesehatan bagi para pekerja.

c. Pencahayaan :

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

d. Lalulintas manusia dan kendaraan :

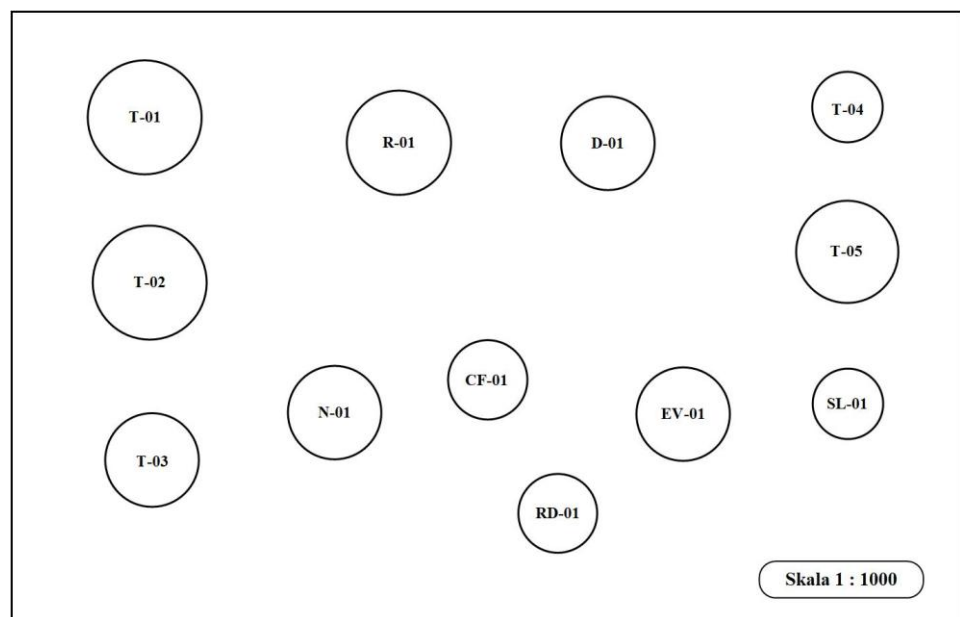
Dalam perancangan tata letak peralatan pabrik, penting untuk memastikan bahwa alur lalu lintas terutama di area proses, dapat diakses dengan mudah dan terhubung secara efisien. Penempatan alat proses juga harus memungkinkan pekerja menjangkau seluruh peralatan dengan cepat guna mempercepat penanganan jika terjadi gangguan. Selain itu aspek keselamatan kerja harus menjadi prioritas utama dalam perencanaan, termasuk penyediaan lahan parkir yang memadai bagi kendaraan karyawan maupun armada pengangkut bahan baku dan produk.

e. *Maintenance* :

Pemeliharaan atau *Maintenance* berfungsi untuk memastikan kelancaran proses produksi melalui perbaikan peralatan pabrik, guna mencapai target dan menjaga kualitas bahan baku. Perawatan pencegahan dilakukan setiap hari untuk mencegah kerusakan dan menjaga kebersihan, sedangkan perawatan berkala dilakukan secara terjadwal sesuai panduan.

f. Jarak antara alat proses :

Dalam perancangan tata letak alat proses, peralatan yang beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi sebaiknya ditempatkan terpisah dari unit lainnya untuk mencegah risiko kerusakan akibat ledakan atau kebakaran. Jarak antar alat juga perlu diperhatikan agar masing-masing dapat berfungsi optimal, memudahkan akses perawatan, dan menjamin keselamatan kerja. Khusus untuk alat bertekanan dan bersuhu tinggi, sebaiknya ditempatkan dekat dengan unit pemadam kebakaran sebagai langkah antisipatif terhadap potensi kecelakaan.



Gambar 4. 3 Tata letak alat proses (*Machines Layout*)

Keterangan:

T : Tangki

S : Silo

R : Reaktor

D : Decanter

N : Neutralizer

CF : *Continuous Filtering Centrifuge*
RD : *Rotary Dryer*
EV : Evaporator

4.4 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

4.4.1 Bentuk Organisasi

Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* yang akan didirikan direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Beberapa faktor yang menjadi alasan dalam pemilihan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas adalah sebagai berikut:

- a. Kemudahan dalam mendapatkan modal dengan menjual saham perusahaan maupun berasal dari bank
- b. Kelancaran produksi hanya bisa dipegang oleh pimpinan perusahaan karena tanggung jawab pemegang saham yang sangat terbatas
- c. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan Perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup berpengalaman.

- e. Lapangan usaha yang lebih luas karena suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.
- f. Keberlangsungan hidup perusahaan lebih terjamin Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja di dalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

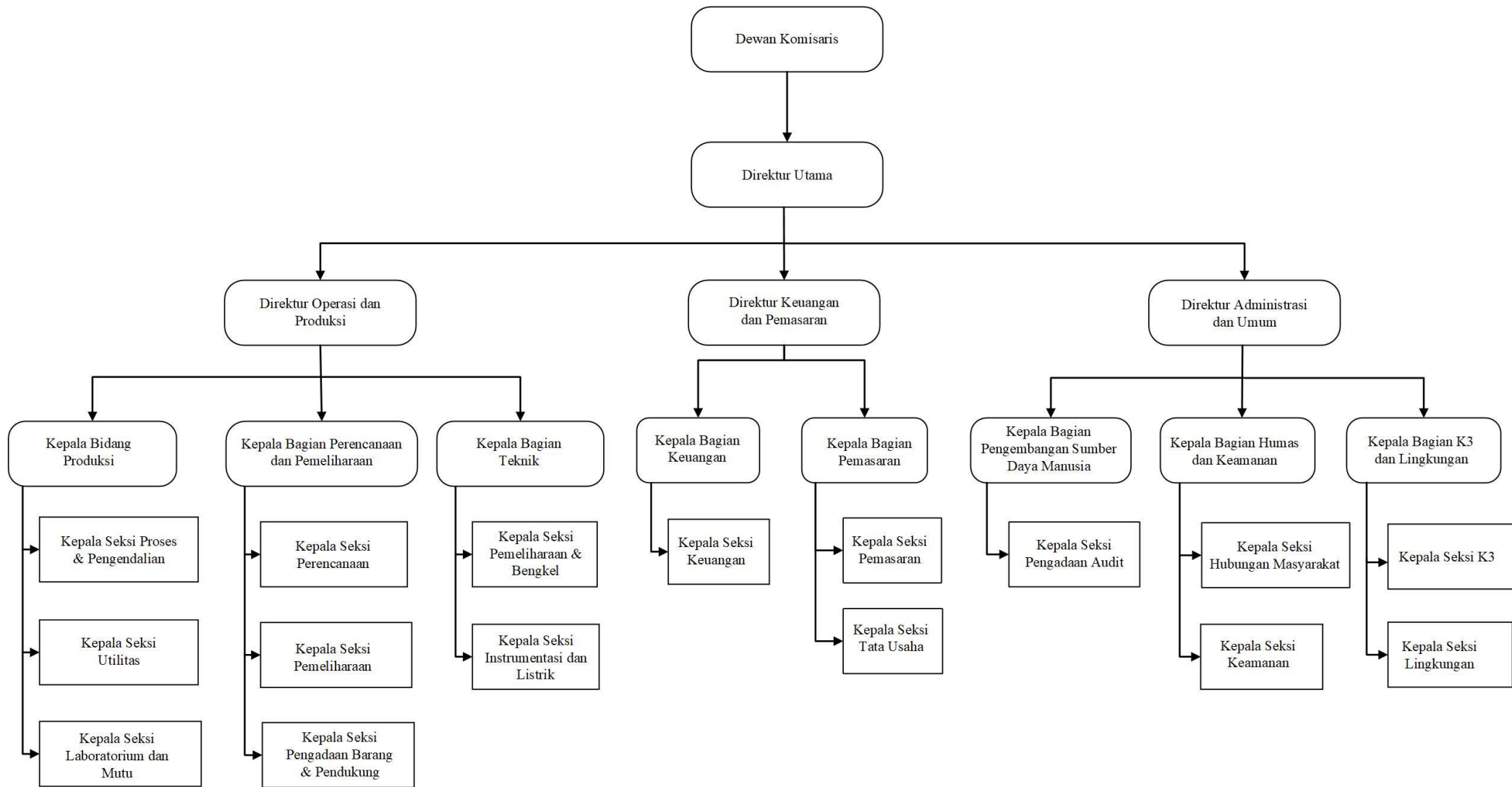
Struktur organisasi merupakan elemen penting dalam perusahaan karena berperan dalam kelancaran komunikasi, pembagian tugas, serta kerja sama antar karyawan. Struktur yang jelas dan sistematis mendukung operasional yang efisien dan perkembangan perusahaan. Pembentukan struktur organisasi disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing perusahaan dan biasanya diperoleh melalui manajemen yang baik. Struktur ini membantu mengatur posisi, tugas, wewenang, dan tanggung jawab setiap divisi. Dalam perusahaan pabrik pembuatan *Linear Alkylbenzene Sulfonate*, digunakan sistem *line* dan *staff* yang memiliki keunggulan berupa garis kekuasaan yang sederhana dan jelas, di mana setiap karyawan hanya bertanggung jawab pada satu atasan. Sistem ini juga memungkinkan pembagian tugas yang lebih efektif dan terorganisir.

Dalam sistem *line* dan *Staff* ini dibagi menjadi dua garis sebagai berikut :

- a. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
- b. Sebagai *staff* yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan bidang keahliannya, berfungsi memberikan saran - saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris dalam menjalankan fungsi pengawasan sehari-hari. Sementara

itu, operasional perusahaan dipimpin oleh Direktur Utama yang dibantu oleh tiga direktur, yaitu Direktur Operasi dan Produksi, Direktur Administrasi dan Umum, serta Direktur Keuangan dan Pemasaran. Direktur Operasi dan Produksi bertanggung jawab atas kegiatan produksi, proses operasional, pengendalian mutu, utilitas, dan laboratorium. Direktur Administrasi dan Umum menangani pengelolaan sumber daya manusia, keamanan, hubungan masyarakat, serta keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Sementara itu, Direktur Keuangan dan Pemasaran mengawasi aktivitas pemasaran, pembelian, serta pengelolaan keuangan perusahaan. Masing-masing direktur membawahi sejumlah Kepala Bagian yang bertugas memimpin seksi-seksi tertentu, dengan staf yang dibagi ke dalam regu-regu yang dipimpin oleh kepala regu dan bertanggung jawab kepada pengawas seksi masing-masing. Dewan Komisaris dan Direktur Utama diangkat oleh para pemegang saham, yang memiliki otoritas tertinggi dalam perusahaan. Struktur organisasi secara visual dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah pihak yang memberikan modal kepada perusahaan dengan membeli saham, sehingga mereka juga menjadi pemilik perusahaan. Dalam struktur Perseroan Terbatas (PT), kekuasaan tertinggi berada di tangan pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Mereka memiliki peran penting dalam pendirian serta kelangsungan operasional perusahaan, dan memiliki wewenang dalam mengambil keputusan strategis yang tidak dapat dijalankan oleh direksi tanpa persetujuan pemegang saham.

Pada RUPS tersebut pemegang saham berwenang untuk :

1. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan Direktur dan mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan keuntungan dan kerugian tahunan dari Perusahaan.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggung jawab penuh kepada pemngg saham, Tugas-tugas Dewan Komisaris yaitu:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengaruh pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur.
3. Membantu direktur dalam tugas-tugas penting.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab penuh atas jalannya operasional perusahaan dan pencapaian target yang telah ditetapkan oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Dalam menjalankan tugasnya, direktur utama juga bertanggung jawab atas seluruh kebijakan dan tindakan perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas-tugas Direktur Utama meliputi:

1. Mengatur dan melaksanakan kebijakan Perusahaan.
2. Menjaga kestabilan organisasi Perusahaan, sehingga komunikasi antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen dapat berlangsung dengan baik.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinasi kerja sama antara bagian operasi, sumber daya manusia dan administrasi.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama akan dibantu oleh Sekretaris, Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Berikut merupakan tugas masing-masing sebagai berikut:

1. Sekretaris

Sekretaris ditunjuk oleh direktur utama untuk menangani urusan surat-menyurat perusahaan, mengelola arsip, serta melaksanakan tugas-tugas administratif lainnya guna mendukung kelancaran operasional administrasi perusahaan.

2. Direktur Operasi dan Produksi

Direktur Operasi dan Produksi bertanggung jawab langsung kepada direktur utama dan memimpin seluruh kegiatan terkait produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan, dan laboratorium. Ia juga berwenang merumuskan kebijakan teknis dan operasional serta memastikan kelancaran operasional pabrik. Dalam menjalankan tugasnya, ia dibantu oleh tiga kepala bagian yaitu:

- a. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi bertugas mengatur dan mengawasi seluruh aktivitas perusahaan yang berkaitan dengan produksi, proses, pengendalian mutu, dan laboratorium. Dalam pelaksanaannya, ia dibantu oleh beberapa seksi, yaitu seksi

proses dan pengendalian, seksi utilitas, serta seksi laboratorium.

b. Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Produksi memiliki tanggung jawab untuk mengatur dan mengawasi seluruh kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan produksi, proses, pengendalian, dan laboratorium. Dalam menjalankan tugas tersebut, ia didukung oleh beberapa seksi, yaitu seksi proses dan pengendalian, seksi utilitas, serta seksi laboratorium.

4.4.4 Direktur Administrasi dan Umum

Direktur Keuangan dan Umum bertanggung jawab langsung kepada direktur utama dan mengoordinasikan seluruh kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan administrasi, kepegawaian, keuangan, pemasaran, hubungan masyarakat, keamanan, serta keselamatan kerja. Dalam menjalankan tugasnya, direktur ini dibantu oleh beberapa kepala bagian di masing-masing bidang tersebut.

a. Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia

Tugas dari kepala bagian pengembangan sumber daya manusia adalah menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.

b. Kepala Bagian Umum dan Keamanan

Kepala bagian umum dan keamanan bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan Masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

c. Kepala Bagian K3

Tugas dari kepala bagian K3 yaitu mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang K3. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian K3 dibantu oleh dua kepala seksi.

4.4.5 Pengaturan Jam Kerja Karyawan

Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) direncanakan akan dioperasikan selama 330 hari selama 1 tahun secara kontinyu dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Menurut pengaturan jam kerja, karyawan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu:

a. Karyawan *non-shift* :

Karyawan *non-shift* adalah karyawan yang tidak terlibat langsung dalam proses produksi dan umumnya bekerja di bagian managerial atau administratif. Mereka terdiri dari Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian, serta staf yang bekerja di kantor. Karyawan *non-shift* bekerja selama 5 hari dalam seminggu, dengan total waktu kerja antara 40 hingga 45 jam per minggu. Hari Sabtu, Minggu, dan hari libur nasional ditetapkan sebagai hari libur, dan jika bekerja melebihi jam kerja yang ditentukan, maka waktu tersebut akan dihitung sebagai lembur. Berikut merupakan perincian jam kerja karyawan *non-shift* sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Non-Shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Kamis	08.00 – 17.00	12.00 – 13.00
Jum'at	08.00 – 17.00	11.30 – 13.00

b. Karyawan *Shift* :

Karyawan *shift* adalah karyawan yang terlibat langsung dalam proses produksi serta bertanggung jawab atas kelancaran dan keamanan operasional pabrik selama 24 jam. Mereka mencakup operator di bagian produksi dan utilitas, staf teknik, bagian listrik dan instrumentasi, bagian gudang, kepala shift, serta petugas keamanan. Tugas karyawan *shift* mencakup pengoperasian peralatan,

pemantauan sistem, dan memastikan keselamatan serta keamanan fasilitas. Karena sifat pekerjaannya yang harus siaga penuh, karyawan *shift* bekerja secara bergiliran dalam tiga pembagian waktu kerja setiap hari untuk menjaga kontinuitas proses produksi dan operasional pabrik. Adapun jam kerja *Shift* dalam 1 hari diatur dalam 3 *shift* diantaranya sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Shift*

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift 1</i>	08.00 – 16.00	12.00 – 13.00
<i>Shift 2</i>	16.00 – 00.00	18.30 – 19.30
<i>Shift 3</i>	00.0 – 08.00	04.00 – 05.00

Karyawan shift dibagi ke dalam empat kelompok (A, B, C, dan D), di mana dalam satu hari hanya tiga kelompok yang bekerja dan satu kelompok mendapat giliran libur. Setiap kelompok bekerja dengan pola enam hari kerja dan dua hari libur dalam satu minggu, dengan durasi kerja masing-masing shift selama 8 jam per hari. Pergantian jadwal dilakukan secara bergiliran, mengikuti sistem rotasi yang telah ditentukan. Pada hari Minggu dan hari besar yang ditetapkan pemerintah, karyawan *shift* tetap masuk kerja, namun waktu tersebut dihitung sebagai lembur dan mereka menerima insentif tambahan. Selain itu, setiap karyawan *shift* juga mendapatkan jatah cuti tahunan sebanyak 12 hari. Setiap *shift* dipimpin oleh seorang kepala *shift* yang bertanggung jawab atas pelaksanaan operasional selama jam kerja tersebut. Jadwal kerja masing-masing kelompok sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

Komponen	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
B	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
C	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
D	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Tabel 4. 5 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

Komponen	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
B	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
C	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
D	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Keterangan :

P : *Shift* Pagi (08.00 – 16.00)

S : *Shift* Sore (16.00 – 00.00)

M : *Shift* Malam (00.00 – 08.00)

L : Libur

4.4.6 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Sistem penggajian karyawan di pabrik ini disesuaikan dengan status, jabatan, tanggung jawab, keahlian, kecakapan, masa kerja, serta prestasi kerja masing-masing karyawan. Besarnya gaji pokok ditentukan berdasarkan faktor-faktor tersebut, dengan tujuan menciptakan sistem yang adil dan mendorong kinerja optimal. Jumlah tenaga kerja juga disesuaikan dengan kebutuhan operasional agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif dan efisien. Pembagian gaji dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Gaji Bulanan, adalah gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan Perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya
2. Gaji Lembur, adalah gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Rincian gaji untuk setiap karyawan dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut :

Tabel 4. 6 Jumlah Pekerja dan sistem Penggajian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/Bulan)	(Total)	(/Tahun)
1	Direktur Utama	1	Rp 50.000,000	Rp 50.000,000	Rp 600.000.000
2	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp 40.000,000	Rp 40.000,000	Rp 480.000.000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp 40.000,000	Rp 40.000,000	Rp 480.000.000
4	Direktur Administrasi dan Umum	1	Rp 35.000,000	Rp 35.000,000	Rp 420.000.000
5	Kepala Bidang Produksi	1	Rp 30.000,000	Rp 30.000,000	Rp 360.000.000
6	Kepala Bidang Perencanaan dan Pemeliharaan	1	Rp 15.000,000	Rp 15.000,000	Rp 180.000.000
7	Kepala Bidang Teknik	1	Rp 15.000,000	Rp 15.000,000	Rp 180.000.000
8	Kepala Bidang Keuangan	1	Rp 15.000,000	Rp 15.000,000	Rp 180.000.000
9	Kepala Bidang Administrasi	1	Rp 15.000,000	Rp 15.000,000	Rp 180.000.000
10	Kepala Bidang Pengembangan SDM	1	Rp 15.000,000	Rp 15.000,000	Rp 180.000.000
11	Kepala Bidang Humas dan Keamanan	1	Rp 15.000,000	Rp 15.000,000	Rp 180.000.000
12	Kepala Bidang K3 dan Lingkungan	1	Rp 15.000,000	Rp 15.000,000	Rp 180.000.000
13	Kepala Seksi Proses dan Pengendalian	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000.000
14	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000.000
15	Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000.000
16	Kepala Seksi Listrik dan Instrument	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000.000
17	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000.000

18	Kepala Seksi Laboratorium dan Mutu	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
19	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
20	Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
21	Kepala Seksi Tata Usaha	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
22	Kepala Seksi Personalia	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
23	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
24	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
25	Kepala Seksi Pengadaan Audit	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
26	Kepala Seksi Pengadaan Bahan dan Pendukung	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
27	Kepala Seksi K3	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
28	Kepala Seksi Lingkungan	1	Rp 10.000,000	Rp 10.000,000	Rp 120.000,000
29	Karyawan Produksi	5	Rp 10.000,000	Rp 50.000,000	Rp 600.000,000
30	Karyawan Utilitas	8	Rp 10.000,000	Rp 80.000,000	Rp 960.000,000
31	Karyawan Laboratorium	6	Rp 8.000,000	Rp 48.000,000	Rp 576.000,000
32	Karyawan Bahan Baku dan Produk	4	Rp 8.000,000	Rp 32.000,000	Rp 384.000,000
33	Karyawan Listrik, Instrumentasi dan Pemeliharaan	6	Rp 8.000,000	Rp 48.000,000	Rp 576.000,000
34	Karyawan K3 dan Pengolahan Limbah	4	Rp 8.000,000	Rp 32.000,000	Rp 384.000,000
35	Karyawan Litbang	4	Rp 7.500,000	Rp 30.000,000	Rp 360.000,000
36	Karyawan Keuangan	3	Rp 7.500,000	Rp 22.500,000	Rp 270.000,000
37	Karyawan Pemasaran	3	Rp 7.500,000	Rp 22.500,000	Rp 270.000,000

38	Karyawan Hubungan Masyarakat	4	Rp 7.500,000	Rp 30.000,000	Rp 360.000,000
39	Karyawan Administrasi	3	Rp 7.500,000	Rp 22.500,000	Rp 270.000,000
40	Karyawan Keamanan	8	Rp 6.800,000	Rp 54.400,000	Rp 652.000,000
41	Operator Produksi	18	Rp 6.800,000	Rp 122.400,000	Rp 1.468.800,000
42	Operator Utilitas	30	Rp 6.800,000	Rp 204.00,000	Rp 2.448.000,000
43	Sekretaris	2	Rp 10.000,000	Rp 20.000,000	Rp 240.000,000
44	Dokter	2	Rp 10.000,000	Rp 20.000,000	Rp 240.000,000
45	Perawat	2	Rp 6.000,000	Rp 12.000,000	Rp 144.000,000
45	Supir	6	Rp 5.700,000	Rp 30.600,000	Rp 367.000,000
47	<i>Cleaning Service</i>	10	Rp 5.700,000	Rp 51.000,000	Rp 612.000,000
48	<i>Security</i>	8	Rp 5.700,000	Rp 40.000,000	Rp 489.000,000
Total		164	Rp 614.000,000	Rp 1.432.700,000	Rp 17.192.400,000

4.4.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan karyawan yang diberikan oleh Perusahaan pada karyawannya antara lain:

a. **Pakaian Kerja**

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, Perusahaan juga akan memberikan seragam kepada karyawan tetap sebanyak 2 pasang pakaian setiap tahunnya. Dengan tujuan untuk memberikan rasa nyaman pada seluruh karyawan saat melaksanakan pekerjaannya.

b. **Tunjangan Karyawan**

Tunjangan karyawan terdiri dari beberapa aspek yang diberikan yaitu:

1. Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
2. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan itu sendiri.
3. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja, diberikan berdasarkan jumlah jam kerjanya.
4. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

c. **Asuransi Jiwa**

Asuransi yang diberikan sebagai pertanggung jawaban apabila terjadi kecelakaan kerja dan hal lain yang membahayakan jiwa, yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan Ketika sedang menjalankan tugasnya.

4.4.8 Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut fasilitas serta hak karyawan yang diberikan oleh perusahaan untuk menunjang aktifitas kerja karyawan di antaranya adalah sebagai berikut :

a. Hak Cuti

1. Cuti Tahunan

Setiap karyawan memiliki hak cuti tahunan maksimal sebanyak 12 hari selama 1 tahun. Apabila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak digunakan, maka hak cuti tersebut akan hilang dan tidak bisa di akumulasikan untuk tahun selanjutnya.

2. Cuti Hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

b. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional ditetapkan sebagai hari libur kerja. Sementara itu, karyawan *shift* tetap bekerja pada hari libur nasional, namun waktu kerja tersebut akan dihitung sebagai lembur (*overtime*).

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan bagian unit penunjang yang memiliki peran penting dalam berjalannya suatu proses di industri kimia yang membantu untuk kelancaran jalannya proses produksi. Salah satu faktor yang menunjang kelancaran proses produksi di dalam pabrik yaitu penyediaan utilitas.

Unit utilitas yang diperlukan pada pra-rancangan Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ini, yaitu steam, listrik, air pendingin, udara tekan, bahan bakar, dan lain lain. Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi beberapa unit, yaitu:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment Unit*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generator Unit*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Generator/Plant Unit*)
4. Unit Penyedia Udara Instrument (*Air Instrument Supply*)
5. Unit Penyedia Bahan Bakar (*Fuel Supply Unit*)
6. Unit Pengolahan Limbah (*Waste Processing Unit*)

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air merupakan bagian dari unit utilitas yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air dalam proses industri maupun keperluan domestik di lingkungan pabrik. Ketersediaan air yang memadai sangat penting untuk mendukung kelancaran proses produksi dari awal hingga akhir. Umumnya, sumber air yang digunakan dalam industri berasal dari sumur, sungai, danau, atau laut, tergantung pada kondisi dan ketersediaan di lokasi pabrik. Dalam perancangan Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate*, air yang digunakan berasal dari laut yang terletak di Cilegon, Banten.

Pemilihan air laut sebagai sumber utama didasarkan pada pertimbangan ketersediaan yang melimpah dan aksesibilitasnya untuk mencukupi kebutuhan air di lingkungan pabrik secara berkelanjutan. Pertimbangan menggunakan air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

- a. Air Laut merupakan sumber air yang kontinuitasnya relative tinggi, sehingga akan selalu tersedia dan akan terhindarkan dari kendala kekurangan air.
- b. Lokasi pabrik yang akan didirikan dekat dengan laut, sehingga akan memudahkan proses pengambilan air sebelum diolah pada unit utilitas.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ini akan digunakan untuk beberapa keperluan proses dan *non-proses* :

- a. Air Domestik

Air domestic adalah air yang akan digunakan untuk keperluan domestic. Air ini antara lain untuk keperluan laboratorium, perkantoran dan kebutuhan umum lainnya. Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per harinya. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari (Sularso,2001). Sehingga total kebutuhan air domestic pada pabrik ini diperkirakan sebesar 16,400 Kg/hari dengan jumlah total karyawan pada pabrik ini sebanyak 164 orang.

- b. Air Pemanas (*Steam*)

Air pemanas atau *steam* pada sebuah industri digunakan sebagai media pemanas dalam berbagai tahapan proses produksi di

Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate*. Untuk menjaga kinerja dan umur peralatan, kualitas air umpan pada boiler harus memenuhi standar yang telah diterapkan. Apabila air pada boiler tidak memenuhi persyaratan dapat mengakibatkan kerusakan pada alat sehingga dilakukan pencegahan agar tidak terjadi *scaling*, *fouling* dan *foaming*. Kebutuhan steam untuk peralatan pada Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* terlampir pada tabel berikut :

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pemanas

Nama Alat		Kebutuhan (Kg/Jam)
<i>Heater</i> – 01	:	32,960
<i>Heater</i> – 02	:	50,28
<i>Heater</i> – 03	:	39,74
Evaporator	:	51.837,70
Total		51.960,685

Perancangan kebutuhan air pemanas tersebut dibuat *over design* sebanyak 20% untuk mengantisipasi kemungkinan kebocoran saat didistribusi sehingga total kebutuhan steam yang dibutuhkan menjadi 62.352,821 kg/jam.

c. Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk menyerap serta mengalirkan panas dari peralatan proses, sehingga suhu operasi dapat dipertahankan sesuai dengan kebutuhan. Pemilihan jenis air pendingin serta pengelolaannya perlu dilakukan dengan hati-hati guna menghindari terjadinya korosi, pembentukan kerak, dan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas. Kebutuhan air pendingin pada Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat		Kebutuhan (Kg/Jam)
Reaktor	:	37.559,985
<i>Neutralizer</i>	:	636,425
<i>Cooler</i>	:	13,922
<i>Cooler</i>	:	0,614
<i>Cooler</i>	:	25,525
Total		38.236,469

Perancangan kebutuhan air pemanas tersebut dibuat *over design* sebanyak 20% menjadi 45.883,763 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blow down* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya *makeup water*.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate*, kebutuhan air yang digunakan berasal dari air laut dengan cara diolah terlebih dahulu agar dapat memenuhi syarat untuk digunakan. Adapun tahapan dalam pengolahan air yaitu :

1. Tahapan pertama untuk air sanitasi
 - a. Pengendapan Awal

Air yang digunakan pada pabrik ini berasal dari Laut, Kawasan Industri Cilegon, Banten dan kemudian dialirkan melalui *travelling screen* untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran besar. Kemudian air tersebut akan dipompa menuju bak pengendapan awal dimana partikel-partikel yang tersuspensi akan mengalami pengendapan secara alami karena pengaruh gaya gravitasi.

b. *Reverse Osmosis/Desalinasi*

Setelah melewati pengendapan awal air laut akan di desalinasi atau proses untuk menghilangkan kadar garam yang terkandung dalam air. Teknologi Membrane *reverse osmosis* merupakan teknologi yang digunakan pada proses desalinasi. pada *reverse osmosis*, air yang memiliki konsentrasi garam yang tinggi akan dipompakan dengan tekanan yang tinggi kedalam membrane, sehingga proses perpindahan massa akan memiliki alur proses yang terbalik.

c. Koagulasi

Kotoran- kotoran tersuspensi dalam air laut yang sudah melewati *reverse osmosis* dan berkurang kadar garamnya akan melalui proses koagulasi yang berlangsung di unit fluktuator. Pada tahap ini, dilakukan penambahan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan larutan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dengan konsentrasi masing-masing sebanyak 5%. Larutan kapur memiliki fungsi sebagai pengikat ion-ion garam dalam air sedangkan larutan tawas bertindak sebagai koagulan yang mempercepat pembentukan flok, atau gumpalan partikel yang mudah mengendap.

d. Proses *Clarifier*

Air yang telah melalui proses flokulasi selanjutnya dipompa menuju unit klarifier. Di dalam klarifier, flok-flok yang terbentuk akan mengendap di bagian bawah dan dikeluarkan melalui sistem *blow down*. Sementara itu, air yang telah terpisah dari flok dialirkan ke unit *sand filter* untuk menjalani tahap penyaringan dan pemurnian selanjutnya.

e. Pengendapan dengan *Sand Filter*

Unit *sand filter* berfungsi sebagai penyaring partikel-partikel halus yang masih terbawa setelah proses klarifikasi. Selanjutnya, air yang keluar dari *sand filter* akan dialirkan ke bak klorinasi, tempat penambahan klorin sebagai desinfektan yang

ditujukan untuk membasmi mikroorganisme patogen. Hasil akhir dari rangkaian proses ini dapat langsung digunakan sebagai air konsumsi dan sanitasi di area pabrik karena telah memenuhi standar.

2. Tahap kedua untuk air pendingin

Air yang berasal dari bak klorinasi kemudian dialirkan ke unit proses untuk dimanfaatkan sebagai media pendingin pada peralatan di Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate*. Penggunaan air pendingin melibatkan peran *cooling tower* yang berfungsi untuk menurunkan temperatur air setelah digunakan dalam proses pendinginan peralatan. *Cooling tower* yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tipe	: <i>Inducted draft cooling tower</i>
Jumlah	: 1 buah
Jumlah air yang didinginkan	: 38,236 kg/Jam
Jumlah <i>Fan</i>	: 2 buah
Tenaga <i>Fan</i>	: 1,3 HP/ <i>fan</i>
Tenaga Motor	: 5 HP/ <i>fan</i>

3. Air Umpan Boiler

Unit boiler ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan steam dalam proses produksi *linear alkylbenzene sulfonate*. Pabrik ini menyediakan 2 buah boiler yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Berikut spesifikasi boiler:

Boiler 1 :

Kapasitas	: 622.052,352 Kg/Jam
Jenis	: <i>Fire Tube Boiler</i>
Jumlah	: 1 buah

Pada boiler ini steam yang dihasilkan digunakan untuk umpan evaporator saja, karena suhunya yang mencapai 290 °C maka dibuat steam dengan suhu 300 °C untuk memanaskan evaporator.

Boiler 2 :

Kapasitas : 147,5862 Kg/Jam
Jenis : *Fire Tube Boiler*
Jumlah : 1 buah

Pada boiler ini steam yang dihasilkan akan digunakan untuk memanaskan *heat exchanger* 1 – *heat exchanger* 3. Suhu steam yang dihasilkan sebesar 70 °C, digunakan untuk memanaskan bahan baku sebelum masuk ke dalam alat proses.

Untuk mencegah terjadinya korosi, *scale forming*, dan *foaming* pada air umpan boiler, air yang digunakan harus melewati beberapa tahap proses yaitu :

a. Penghilangan Kation

Air diolah untuk menghilangkan ion-ion logam seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , dan Al^{3+} yang menjadi penyebab kesadahan.

b. Penghilangan Anion

Setelah tahap kationisasi, air dialirkan ke anion exchanger untuk menghilangkan ion negatif seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SiO_3^{2-} .

c. Daerasi

Air yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu melewati proses deaerasi untuk menghilangkan gas terlarut, terutama oksigen (O_2) yang dapat menyebabkan korosi. Korosi dalam boiler sangat berbahaya karena dapat mempersingkat umur peralatan dan memicu ledakan akibat tekanan berlebih. Untuk mengikat gas terlarut seperti O_2 , ditambahkan senyawa hidrazin (N_2H_4). Setelah proses ini, air bebas gas dapat langsung dialirkan ke sistem umpan boiler. Di dalam boiler, air diubah menjadi uap

5.2 Unit Pembangkit Steam

Steam yang dihasilkan pada pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas pada unit evaporator dan heater. Produksi steam dilakukan di dalam boiler, dengan jumlah kebutuhan steam dirinci sebagai berikut.

Boiler 1 :

Tekanan	:	1 atm
Suhu	:	300 °C
Jumlah	:	51.960,684 kg/jam

Boiler 2 :

Tekanan	:	1 atm
Suhu	:	60 °C
Jumlah	:	122,9885 kg/jam

Kebutuhan steam pabrik ini dirancang dengan overdesign sebesar 20% untuk mengantisipasi kemungkinan kebocoran saat distribusi sehingga total kebutuhan steam yang digunakan sebesar 62.205,2352 kg/jam untuk boiler 1 dan 147,5862 kg/jam untuk boiler 2.

1. Perancangan Boiler

Boiler yang di rancang untuk memenuhi kebutuhan *steam* proses. *Steam* yang dihasilkan memiliki kondisi seperti berikut :

Boiler 1 :

T	300 °C	= 572 °F
P	1 atm	= 14,5 psi

Boiler 2 :

T	60 °C	= 140 °F
P	1 atm	= 14,5 psi

Boiler yang digunakan di pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* merupakan tipe *fire tube boiler*, menyesuaikan dengan kebutuhan steam

bertekanan dan bersuhu tinggi. Pemilihan jenis ini didasarkan pada kemampuannya dalam menghasilkan uap bertekanan tinggi dengan efisiensi termal yang lebih optimal, serta lebih sesuai untuk sistem dengan tekanan di atas 300 psi.

1. Spesifikasi *Boiler* 1 :

a. Menghitung Kapasitas *Boiler*

$$Q = m \cdot \lambda$$

Dimana :

m = Massa steam yang dihasilkan (kg/jam)

λ = Entalpi steam pada T dan P tertentu (Btu/kg)

T = 300 °C

= 573 F

P = 100 Kpa

= 1 atm

λ = 1404.8 KJ/kg

Tabel 5. 3 Kebutuhan Umpan Boiler

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Evaporator	51.837,696
Total	51.837,696

Digunakan *over design* sebesar 20%, sehingga total kebutuhan menjadi 62.205,235 kg/jam. Asumsi massa air umpan boiler yang menjadi steam adalah 80%

η = 80%

$m_w = \frac{m_s}{\eta}$

$m_w = 77.756,5440$ kg/jam

= 171.423,632 lb/jam

$C_p L = 1$ Btu/lb. °F

$$\begin{aligned}
T_{in} &= 25\text{ }^{\circ}\text{C} \\
&= 77\text{ }^{\circ}\text{F} \\
T_{out} &= 300\text{ }^{\circ}\text{C} \\
&= 572\text{ }^{\circ}\text{F} \\
\lambda &= 1404,80\text{ KJ/jam} \\
&= 603,955\text{ Btu/lb} \\
Q &= m_w \cdot C_p L (T_{out} - T_{in}) + \eta \cdot m_w \cdot \lambda \\
&= 167.680.539,567\text{ Btu/jam} \\
&= 176.913.030,076\text{ KJ/jam}
\end{aligned}$$

b. Menghitung Luas Perpindahan Panas

$$\begin{aligned}
T_{in} &= 25\text{ }^{\circ}\text{C} \\
&= 77\text{ }^{\circ}\text{F} \\
T_{out} &= 300\text{ }^{\circ}\text{C} \\
&= 572\text{ }^{\circ}\text{F} \\
U &= 150\text{ Btu/lb. }^{\circ}\text{F} \\
Q &= 168.078.373,146\text{ Btu/jam} \\
\Delta T_{LMTD} &= \frac{T_{in} - T_{out}}{\ln \left(\frac{T_{in}}{T_{out}} \right)} \\
&= 246,841\text{ }^{\circ}\text{F} \\
A &= \frac{Q}{U \cdot \Delta T_{LMTD}} \\
&= 4.528,69\text{ ft}^2 \\
&= 420,729\text{ m}^2
\end{aligned}$$

c. Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah *Fuel Oil*

$$\text{Normal Heating Value (F)} = 19,676\text{ Btu/lb}$$

$$\text{Densitas} = 857,347\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Estimasi Pembakaran} = 80\%$$

Jumlah bahan bakar yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas di *boiler* sebanyak 5946,249 kg/jam

2. Spesifikasi *Boiler* 2 :

a. Menghitung Kapasitas *Boiler*

$$Q = m \cdot \lambda$$

Dimana :

m = Massa steam yang dihasilkan (kg/jam)

λ = Enthalpy steam pada T dan P tertentu (Btu/kg)

T = 60 °C

= 140 F

P = 100 Kpa

= 1 atm

λ = 2200,41 KJ/kg

Tabel 5. 4 Kebutuhan Umpan *Boiler*

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Heat Exchanger</i> -01	32,9604
<i>Heat Exchanger</i> -01	50,2831
<i>Heat Exchanger</i> -01	39,7450
Total	122,9885

Digunakan *over design* sebesar 20%, sehingga total kebutuhan menjadi 147,5862 kg/jam. Asumsi massa air umpan boiler yang menjadi stema adalah 80%

η = 80%

$m_w = \frac{m_s}{\eta}$

$m_w = 184,4827$ kg/jam

= 407,7143 lb/jam

$C_p L = 1$ Btu/lb. °F

$T_{in} = 25$ °C

= 77 °F

$$\begin{aligned}
T_{out} &= 50\text{ }^{\circ}\text{C} \\
&= 122\text{ }^{\circ}\text{F} \\
\lambda &= 2200,41\text{ KJ/jam} \\
&= 946,0069\text{ Btu/lb} \\
Q &= m_w \cdot C_p L (T_{out} - T_{in}) + \eta \cdot m_w \cdot \lambda \\
&= 333.426,636\text{ Btu/jam} \\
&= 351.785,1068\text{ KJ/jam}
\end{aligned}$$

b. Menghitung Luas Perpindahan Panas

$$\begin{aligned}
T_{in} &= 25\text{ }^{\circ}\text{C} \\
&= 77\text{ }^{\circ}\text{F} \\
T_{out} &= 70\text{ }^{\circ}\text{C} \\
&= 158\text{ }^{\circ}\text{F} \\
U &= 150\text{ Btu/lb. }^{\circ}\text{F} \\
Q &= 333.426,636\text{ Btu/jam} \\
\Delta T_{LMTD} &= \frac{T_{in} - T_{out}}{\ln \left(\frac{T_{in}}{T_{out}} \right)} \\
&= 105,379\text{ }^{\circ}\text{F} \\
A &= \frac{Q}{U \cdot \Delta T_{LMTD}} \\
&= 21,0936\text{ ft}^2 \\
&= 1,959\text{ m}^2
\end{aligned}$$

c. Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah *Fuel Oil*

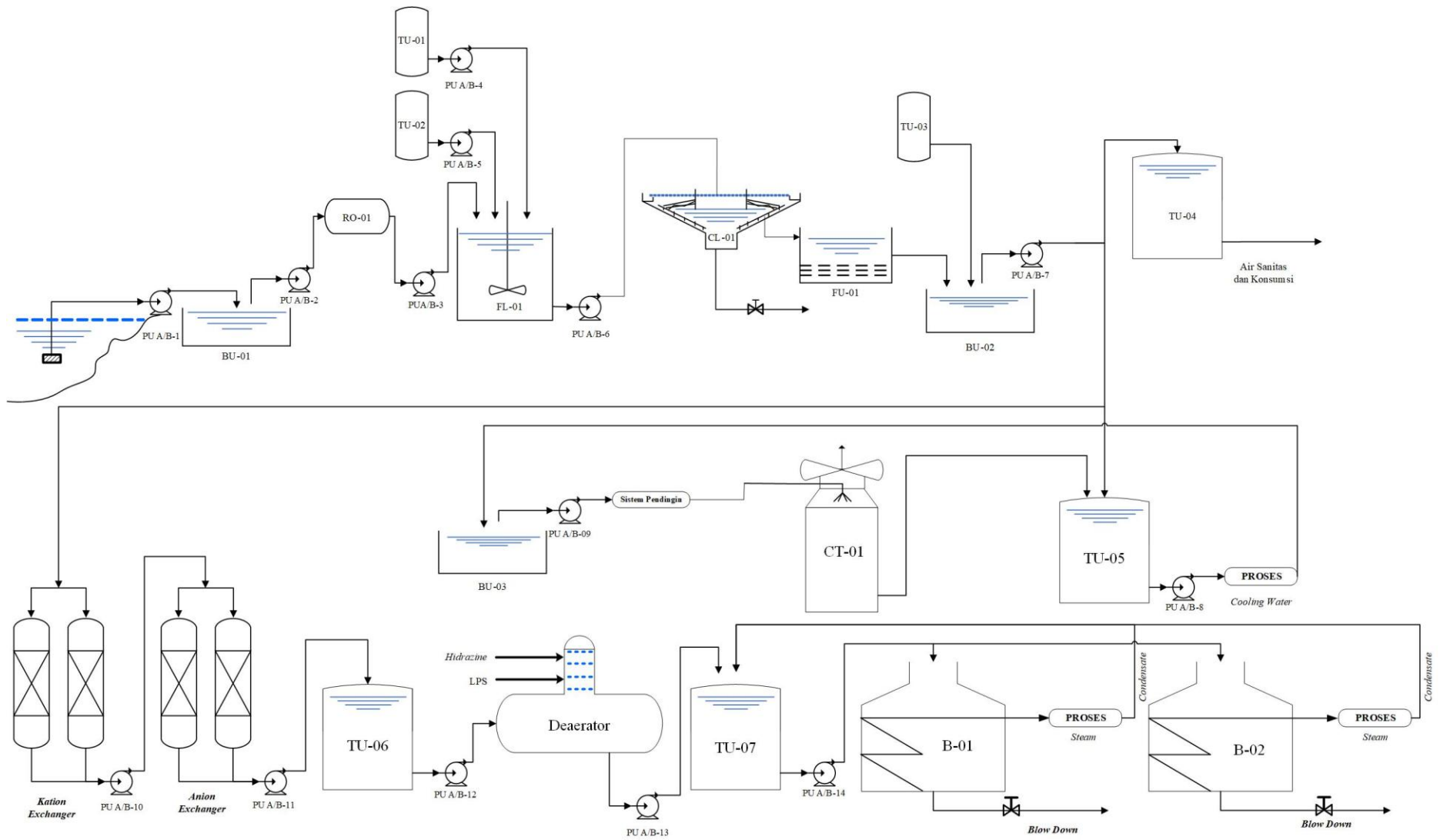
$$\text{Normal Heating Value (F)} = 19,676\text{ Btu/lb}$$

$$\text{Densitas} = 857,347\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Estimasi Pembakaran} = 80\%$$

Jumlah bahan bakar yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas di *boiler* sebanyak 11,8239 kg/jam.

Skema unit pengolahan air dan steam dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5. 1 Skema Unit Pengolahan Air dan *Steam*

Keterangan :

- | | |
|---|--|
| 1. PU : Pompa Utilitas | 12. <i>Kation Exchanger</i> |
| 2. BU : Bak Utilitas | 13. <i>Anion Exchanger</i> |
| 3. RO : <i>Reverse Osmosis</i> | 14. TU-05 : Tangki Air Demineralisasi |
| 4. TU-01 : Tangki Tawas | 15. DU-01 : <i>Daerator</i> |
| 5. FL-01 : Fluktuator | 16. TU-06 : Tangki Air Umpan <i>Boiler</i> |
| 6. TU-02 : Tangki Kapur | 17. TU-07 : Tangki Air Pendingin |
| 7. CL-01 : <i>Clarifier</i> | 18. BU-03 : Bak Penampung Air Pendingin |
| 8. FU-01 : Penyaring Pasir (<i>Sand Filter</i>) | 19. B-01 : <i>Boiler</i> |
| 9. TU-03 : Tangki Klorin (Kaporit) | 20. B-02 : <i>Boiler</i> |
| 10. TU-04 : Tangki Air Konsumsi dan Sanitasi | 21. CT-01 : <i>Cooling Tower</i> |
| 11. BU-02 : Bak Klorinasi | |

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* dipasok oleh PLN sebagai sumber utama. Sebagai cadangan, pabrik juga dilengkapi dengan generator yang akan beroperasi saat terjadi gangguan pasokan dari PLN. Generator yang digunakan merupakan jenis arus bolak-balik (AC). Langkah ini dilakukan untuk memastikan pasokan listrik tetap berjalan secara kontinu. Adapun spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini adalah sebagai berikut:

Kapasitas	:	150 kW
Jenis	:	AC Generator
Jumlah	:	1 buah

Kebutuhan Listrik dalam pabrik terbagi atas beberapa kategori, yaitu :

- Listrik untuk operasional proses produksi dan unit utilitas,
- Listrik untuk sistem pencahayaan (penerangan),
- Listrik untuk sistem pendingin ruangan (AC),

- d. Listrik untuk laboratorium dan instrumen kontrol,
- e. Listrik untuk kebutuhan peralatan elektronik lainnya.

Besarnya kebutuhan Listrik masing-masing keperluan tersebut dapat diperkirakan sebagai berikut :

1. Listrik Alat Proses dan Utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Reaktor	R-01	60	44,74
2	<i>Neutralizer</i>	N-01	15	11,19
3	<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	0,50	0,37
4	<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	0,43	0,32
5	<i>Screw Conveyor</i>	SC-02	0,43	0,32
6	<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	0,05	0,04
7	Blower	BL-01	0,05	0,04
8	Pompa	P-01	0,33	0,25
9	Pompa	P-02	0,25	0,19
10	Pompa	P-03	0,33	0,25
11	Pompa	P-04	0,50	0,37
12	Pompa	P-05	0,50	0,37
13	Pompa	P-06	0,50	0,37
14	Pompa	P-07	0,05	0,04
15	Pompa	P-08	1,50	1,12
16	Pompa	P-09	0,33	0,25
Total			80,76	60,22

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Pompa	P-01	2	1,49
2	Pompa	P-02	0,33	0,25
3	Pompa	P-03	0,33	0,25
4	Pompa	P-04	0,08	0,06
5	Pompa	P-05	0,08	0,06
6	Pompa	P-06	10	11,19
7	Pompa	P-07	1,50	1,12
8	Pompa	P-08	0,08	0,06
9	Pompa	P-09	1,50	1,12
10	Pompa	P-10	0,08	0,06
11	Pompa	P-11	0,75	0,75
12	Pompa	P-12	0,08	0,06
13	Pompa	P-13	0,08	0,06
14	Pompa	P-14	2	1,49
15	Fluktuator	FL-01	60	44,74
16	Cooling Tower (<i>fan</i>)	CT-01	10	7,46
17	Kompresor	KU-01	7,50	5,59
Total			96,67	72,09

Kebutuhan listrik pada pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* ini mencakup konsumsi daya dari unit proses dan unit utilitas. Untuk menunjang jalannya proses produksi, listrik dibutuhkan oleh berbagai peralatan seperti reaktor, *neutralizer*, *rotary dryer*, *screw conveyor*, *bucket elevator*, blower dan pompa-pompa proses dengan total kebutuhan daya sebesar 60,22 kW dan estimasi konsumsi energi tahunan mencapai 476.971,81 kWh. Sementara itu, pada bagian utilitas, peralatan seperti pompa pendukung, *fan cooling tower*, dan unit pendingin turut membutuhkan daya sebesar 72,09 kW, dengan konsumsi energi tahunan sebesar 570.917,23 kWh. Dengan demikian, total kebutuhan listrik dari kedua unit tersebut adalah sebesar 132,31 kW atau setara dengan 1.047,889,04

kWh per tahun. Untuk mengantisipasi kebutuhan dari alat-alat tambahan yang tidak terdeskripsikan secara rinci, disediakan cadangan Listrik sebesar $\pm 20\%$ dari total, yaitu sekitar 26,46 kW atau 209.577,81 kWh per tahun. Maka secara keseluruhan, total kebutuhan listrik pada pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* ini diperkirakan mencapai 158,77 kW atau sebesar 1.257,466,85 kWh per tahun.

2. Listrik untuk Penerangan

Listrik yang digunakan untuk penerangan dihitung menggunakan persamaan (Perry,2008) dibawah ini :

$$L = \frac{aF}{UD} \quad (5.1)$$

Keterangan :

- L = *Lumen* per bulan
- a = Luas area (m^2)
- F = *Foot candle* yang diperlukan (W/m)
- U = Koefisien Utilitas (*Neutral white LED*)
- D = Efisiensi Lampu

Jumlah lumen,

Penerangan dalam ruangan = 3.643.300.299 lumen

Penerangan bagian luar ruangan = 2.490.492.74 lumen

Keseluruhan ruangan yang terdapat dalam bangunan direncanakan akan menggunakan lampu LED Philips tipe E27 cap 13 W dengan arus 110 mA. Setiap unit memiliki *output* Cahaya sebesar 1,400 lumen per lampu.

Maka, jumlah lampu dalam bangunan = $3.643.300,299 / 1.400$
 = 2.603 buah

Sedangkan untuk penerangan pada area luar ruangan menggunakan lampu tipe BRP708 LED92-740 I DM50 SI DDF3 T25 dengan daya sebesar 55 W per unit dan memiliki *output* Cahaya sebesar 6.992 lumen per lampu. Dengan total kebutuhan pencahayaan sebesar 2.490.492,74 lumen,

$$\begin{aligned}\text{Maka, jumlah lampu pada area luar ruangan} &= 2.490.492,74 / 6.992 \\ &= 357 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total daya penerangan} &= (13 \text{ W} \times 2603 + 55 \text{ W} \times 357) \\ &= 53.474,000 \text{ W} \\ &= 53.474 \text{ kW} \\ &= 423.514,08 \text{ kWh/ tahun}\end{aligned}$$

3. Listrik untuk AC

Pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* direncanakan didirikan di Indonesia dengan iklim tropis maka direncanakan juga untuk penggunaan AC untuk sejumlah fasilitas yang ada di kantor untuk kenyamanan karyawan, contohnya pos satpam, laboratorium, *control room*, masjid, poliklinik, asrama karyawan, area perkantoran dan perpustakaan. Diperkirakan total kebutuhan kapasitas pendingin sebesar 2.000 dan total beban pendingin 1.649.100, maka diperkirakan konsumsi Listrik yang dibutuhkan untuk pengoperasian AC sebesar 20.000 W atau setara dengan 20 kW. Dan apabila di konversikan dalam konsumsi tahunan, kebutuhan energi mencapai 158.400 kWh per tahun.

4. Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Kegiatan di dalam laboratorium serta penggunaan peralatan instrumentasi membutuhkan pasokan Listrik yang diperkirakan sebesar 10.000 W atau 10 kW, dengan total konsumsi energi dalam satu tahun sebesar 79.200 kWh.

5. Listrik untuk Elektronik (PC)

Penggunaan perangkat elektronik seperti computer sebanyak 50 buah dengan daya pada masing-masing sebesar 250 W atau 12.500 kW, yang apabila di kalkulasikan dalam skala tahunan menjadi sebesar 99.000 kWh.

Tabel 5. 7 Total Kebutuhan Listrik Pabrik

No	Keterangan	Tenaga Listrik	
		kW	kWh/tahun
1	Listrik Proses dan Utilitas	158,77	1.257.466,85
2	Listrik Penerangan	53,47	423,514
3	Listrik AC	20,00	158,400
4	Listrik Laboratorium dan Instrument	10,00	79,200
5	Listrik untuk elektronik	12,50	99,000
Jumlah		254,745	2.017.580,93

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Pada pabrik *linear alkylbenzene sulfonate*, udara tekan digunakan untuk mengoperasikan berbagai instrumen kontrol dan peralatan yang bekerja secara *pneumatis*, dengan tekanan kerja sebesar 4 bar. Terdapat sekitar 28 alat kontrol di pabrik biodiesel ini yang membutuhkan pasokan udara tekan untuk mendukung operasionalnya. Udara tekan diperoleh dari udara lingkungan yang dikompresi menggunakan kompresor yang dilengkapi dengan filter udara hingga mencapai tekanan 4 bar. Setelah dikompresi, udara ini dialirkan menuju peralatan kontrol dan proses yang memerlukannya. Estimasi kebutuhan total udara tekan untuk instrumen mencapai sekitar 78,200 m³ per jam. Untuk mengantisipasi terjadinya kebocoran dalam sistem distribusi udara, maka dirancang adanya kelebihan (*excess*) sebesar 20%. Dengan demikian, kebutuhan total udara tekan untuk seluruh sistem adalah sebesar 93,840 m³/jam. Karena udara yang digunakan harus dalam kondisi kering, maka setelah melewati blower, udara dialirkan ke dalam tangki pengering (bejana udara) yang berisi silica gel untuk mengurangi kadar kelembapan.

Daya kompresor dihitung menggunakan persamaan (Branan, 2002). Dengan asumsi udara terdiri atas 79% nitrogen dan 21% oksigen.

$$\text{Daya} = \frac{\left(\frac{144}{33.00}\right) \left(\frac{K}{K-1}\right) (P_1 Q_1) \left(r^{\frac{K-1}{K-1}}\right)}{E_o} \quad (5.2)$$

Keterangan :

K	= <i>Adiabatic exponent</i>	= 1,19
P ₁	= <i>Suction pressure</i>	= 1 bar (14,7 psi)
Q ₁	= <i>Kapasitas actual</i>	= 55,232 ft ³ /men
R	= <i>Compression ratio (P₂/P₁)</i>	= 4 bar
E _o	= <i>Efisiensi kompresor</i>	= 80%

Berdasarkan perhitungan daya kompresor yang dibutuhkan serta penyesuaian standar desain didapat sebesar 7,5 HP.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini berperan dalam menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan boiler. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah *Fuel Oil*, dengan konsumsi sebesar 5958,073 kg per jam. *Fuel Oil* berfungsi sebagai sumber energi utama untuk memanaskan air dalam boiler hingga berubah menjadi uap (*steam*). Efisiensi dan ketepatan penggunaan *fuel Oil* sangat krusial guna menjaga performa boiler tetap optimal serta menjamin kelancaran proses produksi di pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate*. Oleh sebab itu, unit penyedia bahan bakar ini dirancang untuk memastikan ketersediaan solar yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan operasional boiler.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik *linear alkylbenzene sulfonate* dapat di klasifikasikan menjadi dua jenis limbah, yaitu:

1. Limbah Cair

- a. Limbah hasil buangan air domestic : merupakan limbah yang berasal dari fasilitas sanitasi seperti toilet, dan dapur. Limbah ini terlebih dahulu di olah dengan sistem drainase untuk membunuh mikroorganisme berbahaya.
- b. Limbah buangan proses : merupakan limbah yang berasal dari kegiatan produksi yang mungkin masih mengandung bahan kimia, atau minyak. Pengolahan limbah jenis ini dapat dilakukan dengan 3 tahapan utama yaitu :
 1. *Physical treatment* (pengendapan dan penyaringan)
 2. *Chemical treatment* (penambahan zat kimia dan pengontrolan pH)
 3. *Biological treatment*

2. Limbah gas buang pada udara

Gas buangan dihasilkan dari pembakaran bahan bakar pada unit seperti boiler, generator dan evaporator. Meski tidak semuanya bersifat beracun, emisi gas harus dipantau secara berkala agar tidak melebihi batas emisi yang ditetapkan pemerintah. Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode Alat	PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi	Memompa air dari laut menuju BU-01	Memompa air dari BU-01 menuju <i>reserve osmosis</i> RO-01	Memompa air <i>keliaran reserve osmosis</i> RO-01 menuju fluktuator FL-01
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Comercial Steel</i>	<i>Comercial Steel</i>	<i>Comercial Steel</i>
Kapasitas	114,383 gpm	114,383 gpm	114,383 gpm
Ukuran Pipa			
IPS	4 in	3 in	3 in
No. Sch	40	40	40
OD	4,5 in	3,5 in	3,5 in
ID	4,026 in	3,068 in	3,068 in
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Power Pompa	1,50 Hp	0,25 Hp	0,25 Hp
Power Motor	2 Hp	0,34 Hp	0,34 Hp

Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan

Kode Alat	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Memompa air dari TU-01 menuju floktuator FL-01	Memompa air dari TU-02 menuju floktuator FL-01	Memompa air dari floktuator FL-01 menuju clarifier CL-01
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Comercial Steel</i>	<i>Comercial Steel</i>	<i>Comercial Steel</i>
Kapasitas	0,763 gpm	1,567 gpm	114,383 gpm
Ukuran Pipa			
IPS	0,375 in	0,5 in	3 in
No. Sch	40	40	40
OD	0,675 in	0,840 in	3,5 in
ID	0,493 in	0,622 in	3,068 in
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Power Pompa	0,05 Hp	0,05 Hp	10 Hp
Power Motor	0,084 Hp	0,084 Hp	15 Hp

Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan

Kode Alat	PU-07	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari BU-02 menuju TU-04, TU-05, dan KE	Memompa air dari BU-3 menuju <i>Cooling Tower</i> CT-01	Memompa air dari <i>Kation Exchanger</i> menuju <i>Anion Exchanger</i>
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Comercial Steel</i>	<i>Comercial Steel</i>	<i>Comercial Steel</i>
Kapasitas	114,383	188,500 gpm	61,457 gpm
Ukuran Pipa			
IPS	3 in	4 in	2,5 in
No. Sch	40	40	40
OD	3,5 in	4,5 in	2,88 in
ID	3,068 in	4,026 in	2,469 in
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Power Pompa	1 Hp	1 Hp	0,34 Hp
Power Motor	1,5 Hp	1,5 Hp	0,84 Hp

Tabel 5. 11 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan

Kode Alat	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14
Fungsi	Memompa air dari <i>Anion Exchanger</i> menuju TU-06	Mengalirkan Air dari TU-07 menuju Daerator	Mengalirkan air dari Daerator menuju TU-07	Mengalirkan air dari TU-07 menuju Boiler
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Comercial Steel</i>	<i>Comercial Steel</i>	<i>Comercial Steel</i>	<i>Comercial Steel</i>
Kapasitas	61,457 gpm	61,457 gpm	61,457 gpm	256,070 gpm
Ukuran Pipa				
IPS	2,5 in	2,5 in	2,5 in	4 in
No. Sch	40	40	40	40
OD	2,88 in	2,88 in	2,88 in	4,5 in
ID	2,469 in	2,469 in	2,469 in	4,026 in
Efisiensi Motor	80%	80%	80%	80%
Power Pompa	0,75 Hp	0,50 Hp	3 Hp	2 Hp
Power Motor	1 Hp	0,083 Hp	0,083 Hp	2Hp

Tabel 5. 12 Spesifikasi dan Bak Utilitas

Kode Alat	BU-01	BU-02	BU-03
Fungsi	Mengendapkan artikel berukuran besar yang terlarut dalam air	Menampung air bersih yang berasal dari sand filter dan tempat penambahan klorin	Menampung air pendingin yang berasal dari proses
Jenis	Bak terbuka persegi Panjang	Bak terbuka persegi Panjang	Bak terbuka persegi Panjang
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang
Kapasitas	23,210 kg/jam	23,212 kg/jam	38,249 kg/jam
Spesifikasi			
Volume	103,914 m ³	103,912 m ³	42,811 m ³
Panjang	6,447 m	6,447 m	4,138 m
Lebar	3,224 m ²	3,224 m ²	2,069 m ²

Tabel 5. 13 Spesifikasi tangki Utilitas

Kode Alat	TU-01	TU-02	T U-03	TU-04
Fungsi	Melarutkan dan membuat larutan tawas dengan konsentrasi 5% yang akan di umpan ke floktuator	Menampung air bersih yang berasal dari sand filter dan tempat penambahan klorin	Menampung larutan klorin dengan konsentrasi 2% yang digunakan sebagai disinfektan	Menampung air bersih untuk konsumsi dan sanitasi
Jenis	Tangki Silinder Vertikal	Tangki Silinder Vertikal	Tangki Silinder Vertikal	Tangki Silinder Vertikal
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Volume	12,479 m ³	25,632 m ³	0,943 m ³	31,422 m ³
Spesifikasi				
Tinggi	3,991 m	2,536 m	0,844 m	5,429 m
Diameter	1,995 m	5,073 m	1,687 m	2,715 m

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki utilitas Lanjutan

Kode Alat	TU-05	TU-06	T U-07
Fungsi	Menampung air dari <i>Anion Exchanger</i> untuk kebutuhan air pendingin dan umpan boiler	Menampung air umpan boiler sebagai pembuat steam	Menampung air pendingin sebelum menuju proses
Jenis	Tangki Silinder Vertikal	Tangki Silinder Vertikal	Tangki Silinder Vertikal
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Volume	53,087 m ³	13,958 m ³	288,465 m ³
Spesifikasi			
Tinggi	6,466 m	4,143 m	11,368 m
Diameter	3,233 m	2,071 m	5,684 m

Tabel 5. 15 Spesifikasi *Cooling Tower*

Kode Alat	CT-01
Fungsi	Mendinginkan Kembali air pendingin dari proses untuk digunakan Kembali
Jenis	<i>Inducted Draft Cooling Tower</i>
Jumlah Air	38.249,694 kg/jam
Spesifikasi	
Jumlah <i>fan</i>	2 buah
Tenaga <i>fan</i>	1 Hp
Tenaga motor	5 Hp

Tabel 5. 16 Spesifikasi Fluktuator

Kode Alat	FL-01
Fungsi	Mengendapkan kotoran
Jenis	Tangki silinder tegak
Jumlah Air	103.914 m ³
Spesifikasi	
Diameter	4,237 m
Tinggi	8,474 m
Kecepatan pengaduk	68 rpm
Tenaga motor	60 Hp
Jenis <i>impeller</i>	<i>Turbin with flat blade</i>
Jumlah <i>Impeller</i>	1 buah

Tabel 5. 17 Spesifikasi *Clarifier*

Kode Alat	CL-01
Fungsi	Mengendapkan kotoran
Jenis	Tangki dengan <i>conical bottom</i>
Volume	133,458 m ³
Spesifikasi	
Lebar	33,145 m
Diameter	66,290 m
Tinggi	16,572 m

Tabel 5. 18 Spesifikasi Sand Filter

Kode Alat	FU-01
Fungsi	Mengendapkan partikel-partikel halus yang belum mengendap di <i>clarifier</i>
Jenis	<i>Gravity Sand Filter</i> berbentuk persegi panjang
Volume	9 m ³
Spesifikasi	
Lebar	1,241 m
Panjang	2,482 m
Luas permukaan saringan	33,155 ft ²
Kecepatan linear	0,00668 ft/s

Tabel 5. 19 Spesifikasi Kation Exchanger

Kode Alat	KE-01
Fungsi	Mengikat ion positif yang terlarut dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak berisi tumpahan resin C-300 (RH2)
Jumlah	2 buah
Kapasitas Resin	8 Kg/ft ²
Siklus Regenerasi	15 hari
Spesifikasi	
Kecepatan perluasan <i>bed</i>	5 Gpm/ft ²
Luas penampang	10,688 ft ²
Diameter	0,795 m
Tinggi <i>bed</i>	2,024 m

Tabel 5. 20 Spesifikasi Anion Exchanger

Kode Alat	AE-01
Fungsi	Mengikat ion negatif yang terlarut dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak berisi tumpahan resin C-500 (R(OH)2)
Jumlah	2 buah
Kapasitas Resin	8 Kg/ft ²
Siklus Regenerasi	15 hari
Spesifikasi	
Kecepatan perluasan <i>bed</i>	5 Gpm/ ft ²
Luas penampang	10,688 ft ²
Diameter	0,795 m
Tinggi <i>bed</i>	2,024 m

Tabel 5. 21 Spesifikasi Derator

Kode Alat	DU-01
Fungsi	Menghilangkan udara (O ₂ dan CO ₂) dari air umpan boiler
Jenis	Tangki silinder horizontal dengan <i>flanges and standard dished head</i>
Jumlah	2 buah
Volume	41,873 m ³
Waktu Tinggal	3 jam
Spesifikasi	
Diameter	2,987 m
Panjang	5,975 m
Tinggi Cairan	5,195 m
Tebal <i>Shell</i>	0,1875 in
Tebal <i>Head</i>	0,1875 in
Tinggi <i>Head</i>	0,224 m
Panjang Total	6,424 m

Tabel 5. 22 Spesifikasi *Reserve Osmosis*

Kode Alat	RO-01
Fungsi	Menghilangkan kadar garam yang terandung dalam air
Jenis	<i>Seawater Reverse Osmosis</i>
Bahan <i>housing</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Tekanan	60 atm
Spesifikasi	
Laju alir	23.210,16 kg/jam
Kapasitas	22,590 m ³ /jam
Jumlah <i>membrane</i>	2 buah
Kapasitas <i>train</i>	300 m ³ /jam

Tabel 5. 23 Spesifikasi Boiler 1

Kode Alat	B-01
Fungsi	Memenuhi kebutuhan steam
Jenis	<i>Fire Tube Boiler</i>
Jumlah	1 buah
Spesifikasi	
Kapasitas	62.205,235 kg/jam
Tekanan <i>Steam</i>	1 atm
<i>Suhu Steam</i>	300 °C
<i>Efisiensi</i>	80%
Bahan Bakar	<i>Fuel Oil</i>
Kebutuhan Bahan Bakar	5946,249 kg/jam

Tabel 5. 24 Spesifikasi *Boiler 2*

Kode Alat	B-02
Fungsi	Memenuhi kebutuhan steam
Jenis	<i>Fire Tube Boiler</i>
Jumlah	1 buah
Spesifikasi	
Kapasitas	147,586 kg/jam
Tekanan <i>Steam</i>	1 atm
<i>Suhu Steam</i>	70 °C
<i>Efisiensi</i>	80%
Bahan Bakar	<i>Fuel Oil</i>
Kebutuhan Bahan Bakar	11,8239 kg/jam

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam pra-rancangan pabrik, analisis ekonomi menjadi aspek krusial untuk memperkirakan kelayakan dan potensi keuntungan dari investasi modal yang ditanamkan dalam proses produksi. Analisis ini mencakup penilaian terhadap kebutuhan modal awal, estimasi keuntungan yang mungkin diperoleh, perhitungan waktu pengembalian modal (*pay out time*), serta penentuan titik impas (*break even point*), yaitu kondisi ketika total biaya produksi seimbang dengan pendapatan yang dihasilkan. Salah satu komponen penting dalam analisis ini adalah estimasi harga peralatan yang akan digunakan, karena nilai investasi ini akan menjadi dasar dalam menentukan layak atau tidaknya suatu proyek pembangunan pabrik secara ekonomi.

Oleh karena itu, dalam perancangan pabrik *linear alkylbenzene sulfonate*, dilakukan evaluasi ekonomi yang mencakup berbagai faktor penting, termasuk biaya investasi, proyeksi laba, dan waktu pengembalian modal, guna menilai apakah pabrik tersebut menguntungkan dan layak untuk dibangun. Terdapat beberapa factor yang harus ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi meliputi :

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi
 - a. *Percent return on investment* (ROI)
 - b. *Pay out time* (POT)
 - c. *Break event point* (BEP)

d. *Discounted cash flow rate* (DCFR)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses sangat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang berlaku pada saat tertentu. Setiap tahunnya, harga peralatan dapat berubah, baik meningkat maupun menurun, bergantung pada fluktuasi ekonomi global maupun regional. Hal ini menjadikan penentuan harga peralatan secara pasti menjadi cukup sulit. Oleh karena itu, untuk memperkirakan harga peralatan dengan lebih akurat, digunakan pendekatan melalui indeks harga peralatan industri kimia yang dikenal sebagai *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Dalam perancangan ini, analisis harga peralatan dilakukan berdasarkan nilai CEPCI tahun 2024, sebagai dasar untuk memperkirakan harga alat yang akan dibeli pada tahun pembangunan pabrik, yaitu 2029. Seluruh estimasi biaya, baik untuk peralatan maupun kebutuhan lain di pabrik, dihitung dengan mengacu pada nilai indeks pada tahun analisis tersebut.

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1991	361.3
1992	358.2
1993	359.2
1994	368.1
1995	381.1
1996	381.7
1997	386.5
1998	389.5
1999	390.6
2000	394.1
2001	394.3

2002	395.6
2003	402
2004	444.2
2005	468.2
2006	499.6
2007	525.4
2008	575.4
2009	521.9
2010	550.8
2011	580.25
2014	585.70
2015	591.625
2016	603
2017	614.375
2018	625.75
2019	637.125
2020	648.5
2021	659.875
2022	671.25
2023	682.625
2024	694
2025	705.375
2026	716.75
2027	728.125
2028	739.50
2029	750.875
2030	762.250

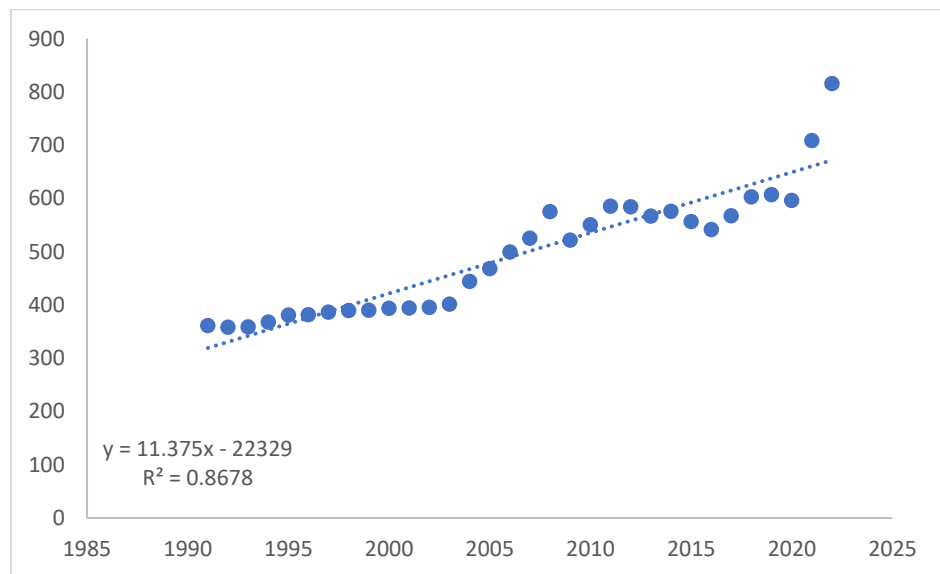
Chemical Engineering Cost Estimation,R.S. Aries

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga. (Aries & Newton, 1955).

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (6.1)$$

Dimana :

- E_x : Harga Pembelian tahun 2029
- E_y : Harga pembelian pada tahun referensi 2014
- N_x : Index harga pada tahun 2029
- N_y : Index harga pada tahun referensi 2014



Gambar 6. 1 Grafik Regresi Linear

Persamaan yang diperoleh dari grafik yang tertera adalah $y = 11,375x - 22329$ dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari nilai CEP index pada tahun referensi dan perancangan, sehingga nilai CEP index pada tahun referensi 2014 adalah 585,70. Sementara nilai CEP index pada tahun perancangan 2030 sebesar 750,875. Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut :

Tabel 6. 2 Harga alat Proses

Nama Alat	Kode Alat	Ey (\$)	Ex (\$)
		2014	2030
Reaktor	R-01	\$176.300,00	\$ 231.597,89
Decanter	D-01	\$ 22.800,00	\$ 29.951,40
<i>Neutralizer</i>	N-01	\$ 251.600,00	\$ 330.002,33
<i>Centrifuge</i>	CF-01	\$ 213.200,00	\$ 280.071,87
<i>Rotary dryer</i>	RD-01	\$ 38.400,00	\$ 50.444,46
Evaporator	EV-01	\$ 111.900,00	\$ 146.998,32
Tangki penyimoanan LAB	T-01	\$ 355.500,00	\$ 446.348,56
Tangki Penyimpanan <i>Oleum</i> 20%	T-02	\$ 276.500,00	\$ 363.226,41
Tangki penyimpanan NaOH	T-03	\$ 276.500,00	\$ 363.226,41
Tangki Penyimpanan LAS	T-05	\$ 355.500,00	\$ 446.348,56
Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄	T-04	\$ 186.500,00	\$ 244.997,20
Silo Tank	SL-01	\$ 2.338,00	\$ 3.071,33
<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	\$ 5.000,00	\$ 6.568,29
<i>Screw Conveyor</i>	SC-02	\$ 5.000,00	\$ 6.568,29
<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	\$ 11.000,00	\$14.450,24
<i>Heater</i>	HE-01	\$ 2.200,00	\$ 2.890,05
<i>Heater</i>	HE-02	\$ 2.500,00	\$ 3.284,14
<i>Heater</i>	HE-03	\$ 2.300,00	\$ 3.021,41
<i>Cooler</i>	CL-01	\$ 1.900,00	\$ 2.495,95
<i>Cooler</i>	CL-02	\$ 1.900,00	\$ 2.495,95
<i>Cooler</i>	CL-03	\$ 2.300,00	\$ 3.021,41
<i>blower</i>	BL-01	\$ 500,00	\$ 656,83
Pompa	P-01	\$ 6.900,00	\$ 9.064,24
Pompa	P-02	\$ 7.800,00	\$ 10.246,53
Pompa	P-03	\$ 5.800,00	\$ 7.619,22
Pompa	P-04	\$ 7.800,00	\$ 10.246,53
Pompa	P-05	\$ 10.100,00	\$ 13.267,94
Pompa	P-06	\$ 8.900,00	\$ 11.691,56

Pompa	P-07	\$ 4.700,00	\$ 6.174,19
Pompa	P-08	\$ 12.400,00	\$ 16.289,36
Pompa	P-09	\$ 10.100,00	\$ 13.267,94
Total		\$ 2.375,138	\$ 3.120,118

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Ey (\$)	Ex (\$)
		2014	2030
Pompa	PU-01	\$7.500,00	\$ 9.705,41
Pompa	PU-02	\$5.500,00	\$ 7.117,30
Pompa	PU-03	\$5.500,00	\$ 7.117,30
Pompa	PU-04	\$3.250,00	\$ 4.205,68
Pompa	PU-05	\$3.250,00	\$ 4.205,68
Pompa	PU-06	\$10.200,00	\$ 13.199,35
Pompa	PU-07	\$4.500,00	\$ 5.823,24
Pompa	PU-08	\$4.000,00	\$ 5.176,22
Pompa	PU-09	\$9.200,00	\$ 11.905,30
Pompa	PU-10	\$9.200,00	\$ 11.905,30
Pompa	PU-11	\$9.200,00	\$ 11.905,30
Pompa	PU-12	\$9.200,00	\$ 11.905,30
Pompa	PU-13	\$9.200,00	\$ 11.905,30
Pompa	PU-14	\$3.400,00	\$ 4.399,78
Bak Pengendapan Awal	BU-01	\$13.100,00	\$ 16.952,11
Tangki Tawas	TU-02	\$1.300,00	\$ 1.682,27
Tangki Kapur	TU-01	\$3.200,00	\$ 4.140,97
Tangki Fluktuator	FL-01	\$100,00	\$ 129,41
<i>Clarifier</i>	CL-01	\$68.900,00	\$ 89.160,34
Saringan pasir	FU-01	\$18.800,00	\$ 24.328,22
Tangki klorin	BU-02	\$25.400,00	\$ 32.868,98

Tangki air sanitasi	TU-04	\$26.900,00	\$ 34.810,06
<i>Kation Exchanger</i>	KE	\$4.200,00	\$ 5.435,03
<i>Anion exchanger</i>	AE	\$4.200,00	\$ 5.435,03
Tangki demineralisasi	TU-05	\$10.100,00	\$ 13.069,95
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	\$147.900,00	\$ 191.390,63
<i>Daerator</i>	DU-01	\$13.100,00	\$ 16.952,11
<i>Reserve Osmosis</i>	RO-01	\$9.234,10	\$11.949,43
Tangki Umpan Boiler	TU-06	\$31.900,00	\$ 41.280,33
Bak air pendingin	BU-03	\$77.500,00	\$ 100.289,21
<i>Boiler 1</i>	B-01	\$6.130,00	\$ 7.932,55
<i>Boiler 2</i>	B-02	\$ 214.200,00	\$ 277.186,43
Tangki Bahan Bakar	TB-01	\$ 31.900,00	\$ 41.280,33
Tangki Silika	TS-01	\$ 100,00	\$ 129,41
Total		\$ 1.182,334	\$ 1.530,004

6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas Produksi Pabrik : 15,000 ton/tahun
- b. Harga Bahan Baku : Rp. 32.615,51
- c. Harga Jual Produk : Rp. 81.142,68
- d. Pabrik Beroperasi : 330 hari kerja
: 7,920 jam
- e. Umur Alat : 10 tahun
- f. Kurs Mata Uang : 1 \$
: Rp. 16.394,00
- g. Tahun didirikan : 2029

6.3 Komponen Biaya

6.3.1 Modal (Capital Cost)

Capital invesment adalah keseluruhan dana atau total biaya yang dibutuhkan untuk membangun suatu pabrik beserta kelengkapannya dan untuk kelangsungan operasional pabrik. *Capital investment* terdiri dari :

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Cost*)

Fixed Capital Cost adalah bagian dari *Capital Investment*. *Fixed Capital Investment* merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6. 4 *Direct Plant Cost*

<i>Type of Capital Investment</i>		Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Purchase Equipments Cost</i>	Rp	76.234.121,748	\$ 4.650,123
<i>Installation, Insultation, Painting</i>	Rp	38.117.060,874	\$ 2.325,062
<i>Instrumentation and Controls</i>	Rp	22.870.236,524	\$ 1.395,037
<i>Piping</i>	Rp	41.928.766,961	\$ 2.557,568
<i>Electrical</i>	Rp	22.870.236,524	\$ 1.395,037
<i>Buildings, Process and Auxiliary</i>	Rp	7.335.080,500	\$ 447,425
<i>Service Facilities and Yard</i>	Rp	60.987.297,398	\$ 3.720,099
<i>Land</i>	Rp	8.105.080,500	\$ 494,393
Total	Rp.	202.213.759,282	\$ 12.334,620

Tabel 6. 5 *Indirect Cost*

<i>Type of Capital Investment</i>		Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Engineering, Supervision</i>	Rp	40.442.751,856	\$ 2.466,924
<i>Construction</i>	Rp	40.442.751,856	\$ 2.466,924
TOTAL	Rp	80.885.503,713	\$ 4.933,848

Tabel 6. 6 *Contractor fee & Contingency*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Contractor fee</i>	Rp 28.309.926,300	\$ 1.726,847
<i>Contingency</i>	Rp 28.309.926,300	\$ 1.726,847
Total	Rp 56.619.852,599	\$ 3.453,694

Tabel 6. 7 *Total Fixed Capital Investment*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Total direct cost</i>	Rp 202.213.759,282	\$ 12.334,619.94
<i>Total indirect cost</i>	Rp 80.885.503,713	\$ 4.933,847.98
<i>Contractor fee</i>	Rp 28.309.926,300	\$ 1.726,846.79
<i>Contingency</i>	Rp 28.309.926,300	\$ 1.726,846.79
TOTAL	Rp 339.719.115,594	\$ 20.722,161.50

2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Investasi modal kerja (*working capital investment*) merupakan dana yang dibutuhkan untuk mendukung operasional pabrik dalam jangka waktu tertentu. Modal ini digunakan untuk menjaga kelancaran kegiatan produksi dan operasional harian. Sumber pendanaan dalam pembangunan sebuah pabrik dapat berasal dari berbagai pihak, seperti pinjaman bank, modal pribadi, maupun kontribusi dari investor. Tujuan utama dari penanaman modal ini adalah untuk memperoleh keuntungan dari dana yang telah diinvestasikan. Adapun beberapa karakteristik investasi yang baik antara lain:

- Dapat menghasilkan laba yang maksimal
- Investasi yang cepat Kembali
- Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai, aman, dan lain-lain.

Tabel 6. 8 *Working Capital Investment*

<i>Type of Working Capital</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 28.429.714,700	\$ 1.734,154
<i>Inprocess Inventory</i>	Rp 29.095.049,934	\$ 1.774,738
<i>Produce Inventory</i>	Rp 58.190.099,868	\$ 3.549,475
<i>Extended Credit</i>	Rp 783.838,223	\$ 47,813
<i>Available cash</i>	Rp 58.190.099,868	\$ 3.549,475
Total	Rp 174.688.802,592	\$ 10.655,655

6.3.2 Biaya Produksi (Manufacturing Cost)

Biaya manufaktur (*manufacturing cost*) adalah total biaya yang diperlukan dalam proses produksi suatu produk. Biaya ini mencakup keseluruhan pengeluaran yang secara langsung maupun tidak langsung berhubungan dengan kegiatan pembuatan produk. Manufacturing cost terdiri dari gabungan biaya langsung (*direct cost*), biaya tidak langsung (*indirect cost*), dan biaya tetap (*fixed cost*) yang semuanya berkaitan erat dengan proses produksi. Komponen biaya manufaktur antara lain meliputi:

a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

Biaya produksi langsung merupakan jenis pengeluaran yang secara langsung berhubungan dengan proses pembuatan produk, seperti bahan baku utama, tenaga kerja langsung, dan biaya operasional mesin produksi.

Tabel 6. 9 *Direct Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw Material</i>	Rp 312.726,861,705	\$ 19.075,690
<i>Labor (Tenaga kerja)</i>	Rp 17.389.200,000	\$ 1.060,705
<i>Direct Supervisory and Clerical Labor</i>	Rp 1.738.920,000	\$ 106.071
<i>Maintenance</i>	Rp 16.985.955,780	\$ 1.036,108
<i>Operating Supplies</i>	Rp 1.698.595,578	\$ 103,611
<i>Royalty and Patents</i>	Rp 8.622.220,451	\$ 525,938
<i>Utilities</i>	Rp 227.869.637,893	\$ 13.899,575
Total	Rp 587.031.391,407	\$ 35,807,697

b. Biaya Produksi Tidak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)

Indirect Manufacturing Cost merupakan pengeluaran – pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik

Tabel 6. 10 *Indirect Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Payroll Overhead</i>	Rp 1,738,920,000	\$ 106,071
<i>Laboratory</i>	Rp 1,738,920,000	\$ 106,071
<i>Plant Overhead</i>	Rp 12,172,440,000	\$ 742,494
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 1,738,920,000	\$ 106,071
Total	Rp 17,389,200,000	\$ 1.060,705

c. Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 11 *Fixed Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Depreciation</i>	Rp 27.177.529,248	\$ 1.657,773
<i>Property Taxes</i>	Rp 6.794.382,312	\$ 414,443
<i>Insurance</i>	Rp 1.698.595,578	\$ 103,611
Total	Rp 35.670.507,137	\$ 2.175,827

Tabel 6. 12 *Total Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Direct Cost</i>	Rp 587.031.391,407	\$ 35.807,697
<i>Indirect Cost</i>	Rp 17.389.200,000	\$ 1.060,705
<i>Fixed Cost</i>	Rp 35.670.507,137	\$ 2.175,827
Total	Rp 640.091.098,544	\$ 39.044,230

6.3.3 Pengeluaran Umum (General Expense)

General Expenses atau pengeluaran umum merupakan jenis biaya yang berkaitan dengan operasional perusahaan secara keseluruhan, namun tidak termasuk dalam kategori biaya produksi (*manufacturing cost*). Pengeluaran ini mencakup berbagai biaya yang dikeluarkan untuk mendukung kelancaran aktivitas dan fungsi perusahaan secara menyeluruh, di luar proses manufaktur langsung.

Tabel 6. 13 *General Expenses*

<i>Type of Expenses</i>	Biaya(Rp)	Biaya(\$)
<i>Administration</i>	Rp 32.004.554,927	\$ 1.952.211,48
<i>Sales</i>	Rp 51.207.287,884	\$ 3.123.538,36
<i>Research</i>	Rp 32.004.554,927	\$ 1.952.211,48
<i>Finance</i>	Rp 20.576.316,727	\$ 1.255.112,65
Total	Rp 135.792.714,465	\$ 8.283.073,96

Tabel 6. 14 *Total Production Cost*

<i>Type of Production Cost</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Manufacturing cost</i>	Rp 640,091,098,544	\$ 39,044,230
<i>General expense</i>	Rp 135,792,714,465	\$ 8,283,074
Total	Rp 775,883,813,010	\$ 47,327,303

6.3.4 Analisi Keuntungan

a. Keuntungan sebelum pajak

Total Penjualan : \$ 52,593,756.56

Total *Production Cost* : \$ 47,327,303.47

Keuntungan : Total penjualan – Total *Production Cost*
: \$ 52,593,756.56 - \$ 47,327,303.47
: \$ 4,213,162.62

b. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak 20% dari keuntungan : \$ 1,053,290.62

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – Pajak
: \$ 4,213,162.62- 1,053,290.62
: \$ 3,159,871.86

6.3.5 Analisa Kelayakan

Analisis kelayakan bertujuan untuk menilai besarnya keuntungan yang dapat diperoleh, sehingga dapat dipastikan apakah investasi tersebut menghasilkan profit maksimal. Selain itu, analisis ini juga membantu menentukan seberapa besar tingkat keuntungan yang diperoleh, guna mengklasifikasikan apakah suatu pabrik layak secara ekonomi atau tidak. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi suatu pabrik, di antaranya:

a. *Return on Investment (ROI)*

Return on Investment (ROI) merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa besar keuntungan tahunan yang diperoleh berdasarkan jumlah investasi yang telah dikeluarkan, serta seberapa cepat modal tetap dapat dikembalikan melalui operasional pabrik. ROI menjadi salah satu indikator penting dalam menilai kelayakan ekonomi suatu proyek industri. Untuk industri kimia dengan tingkat risiko tinggi, nilai minimum ROI sebelum pajak adalah 44%, sedangkan pada industri dengan risiko rendah, nilai minimumnya sebesar 11% (Aries and Newton, 1955). Hasil keuntungan atau kerugian dari investasi ini seringkali disebut sebagai laba, rugi, atau bunga, tergantung pada kondisi keuangan dan performa usaha yang dijalankan.

$$ROI = \frac{Profit}{Fixed\ Capital\ Cost} \times 100\% \quad (6.2)$$

$$ROI\ b = \frac{Keuntungan\ sebelum\ pajak}{Fixed\ Capital\ Cost} \times 100\% \quad (6.3)$$

$$ROI\ a = \frac{Keuntungan\ sesudah\ pajak}{Fixed\ Capital\ Cost} \times 100\% \quad (6.3)$$

ROI_b = ROI sebelum pajak

= 25,4%

ROI_a = ROI setelah pajak

= 20,33%

b. *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time (POT) adalah periode waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal berdasarkan laba yang dihasilkan. Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan hingga modal yang telah ditanamkan dapat kembali sepenuhnya melalui keuntungan operasional. Dengan kata lain, POT menunjukkan durasi pengembalian modal berdasarkan pencapaian profit usaha.

$$POT\ b = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{Keuntungan\ sebelum\ pajak + Depresiasi}$$

$$POT\ a = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{Keuntungan\ setelah\ pajak + Depresiasi}$$

POT_b = POT sebelum pajak
= 3,93 tahun

POT_a = POT setelah pajak
= 3,52 tahun

c. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah titik di mana total pendapatan sama dengan total biaya, sehingga pada kondisi ini perusahaan tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Melalui analisis BEP, dapat ditentukan harga jual minimum dan jumlah unit produk yang harus dijual agar perusahaan mulai memperoleh keuntungan. Untuk industri

kimia, nilai BEP umumnya berada dalam kisaran 40% hingga 60% dari kapasitas produksi.

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\%$$

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum Annual

Tabel 6. 15 *Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Depreciation</i>	Rp 27.177.529.247,53	\$ 1.657.772,92
<i>Insurance</i>	Rp 1.698.595.577,97	\$ 103.610,81
<i>Property Txaes</i>	Rp 6.794.382.311,88	\$ 414.443,23
Total	Rp 35.670.507.137,38	\$ 2.175.826,96

Tabel 6. 16 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>General Expense</i>	Rp 135.792.714.465,46	\$ 8.283,073,96
<i>Labor</i>	Rp 17.389.200.000,00	\$ 1.060,705,14
<i>Supervision</i>	Rp 1.738.920.000,00	\$ 106.070,51
<i>Maintenance</i>	Rp 16.985.955.779,71	\$ 1.036.108,07
<i>Plant Supllies</i>	Rp 1.698.595.577,97	\$ 103.610,81
<i>Plant overhead</i>	Rp 12.172.440.000,00	\$ 742.493,60
<i>Laboratory</i>	Rp 1.738.920.000,00	\$ 106.070,51
<i>Payroll overhead</i>	Rp 1.738.920.000,00	\$ 106.070,51
Total	Rp 189.255.665.823,14	\$ 11.544.203,11

Tabel 6. 17 *Annual variable value (Va)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya(\$)
<i>Raw Material</i>	Rp 312,726,861,705.15	\$ 19,075,689.99
<i>packaging and shipping</i>	Rp 1,738,920,000.00	\$ 106,070.51
<i>Utilities</i>	Rp 227,869,637,893.41	\$ 13,899,575.33
<i>Royalties and Patents</i>	Rp 8,622,220,450.81	\$ 525,937.57
Total	Rp 550,957,640,049.37	\$ 33,607,273.40

Tabel 6. 18 *Annual sales value (Sa)*

Komponen	Biaya(\$)	Biaya (Rp)
<i>Annual Sales Value</i>	Rp 862.921.222,045,77	\$ 52.593.756,56
Total	Rp 862.921.222,045,77	\$ 52.593.756,56

Nilai BEP pada pabrik kimia umumnya berada pada range 40% - 60%. Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, didapatkan nilai BEP sebesar :

$$\text{BEP} = 51,7\%$$

d. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point merupakan kondisi di mana kegiatan produksi harus dihentikan. Penghentian ini dapat disebabkan oleh biaya variabel yang terlalu besar atau keputusan manajemen karena aktivitas produksi dianggap tidak lagi menguntungkan. Dengan kata lain, biaya operasional yang dibutuhkan untuk tetap menjalankan pabrik lebih tinggi dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan jika pabrik dihentikan dan hanya membayar biaya tetap.

$$\text{SDP} = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\%$$

Maka, didapatkan SDP = 34,3%

e. *Discounted Cash Flow (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate (DCFR) adalah tingkat suku bunga yang diperoleh ketika seluruh modal yang tersedia digunakan sepenuhnya dalam kegiatan produksi. Suatu pabrik dianggap menguntungkan jika nilai DCFR-nya melebihi satu setengah kali suku bunga pinjaman bank. Perhitungan DCFR dilakukan menggunakan metode Analisis Nilai Sekarang (*Present Value Analysis*).

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + SV$$

Dimana :

N : Umur pabrik 10 tahun
 FC : Rp. 339,719,115,594.14
 WC : Rp. 174,688,802,592.46
 SV : Rp. 33,971,991,559.41
 CF : Rp. 116,824,431,631.70
 I : $\frac{\text{Interest}}{\text{DCFR}}$
 : 0,22405129

Sehingga diperoleh *trial and error* dapat dihitung nilai DCFR.

Diperoleh nilai DCFR adalah :

DCFR = 22,41%
 Suku bunga pada tahun 2029 = 1,5 x 5,75%
 = 8,63%

f. *Analisa Resiko Pabrik*

Dalam mendirikan sebuah pabrik, penting untuk mempertimbangkan tingkat risikonya, apakah termasuk berisiko rendah (*low risk*) atau berisiko tinggi (*high risk*). Penilaian risiko untuk Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* yang akan dibangun dapat ditentukan berdasarkan parameter-parameter yang tercantum dalam tabel 6.19 dibawah ini :

Tabel 6. 19 Analisa Resiko Pabrik

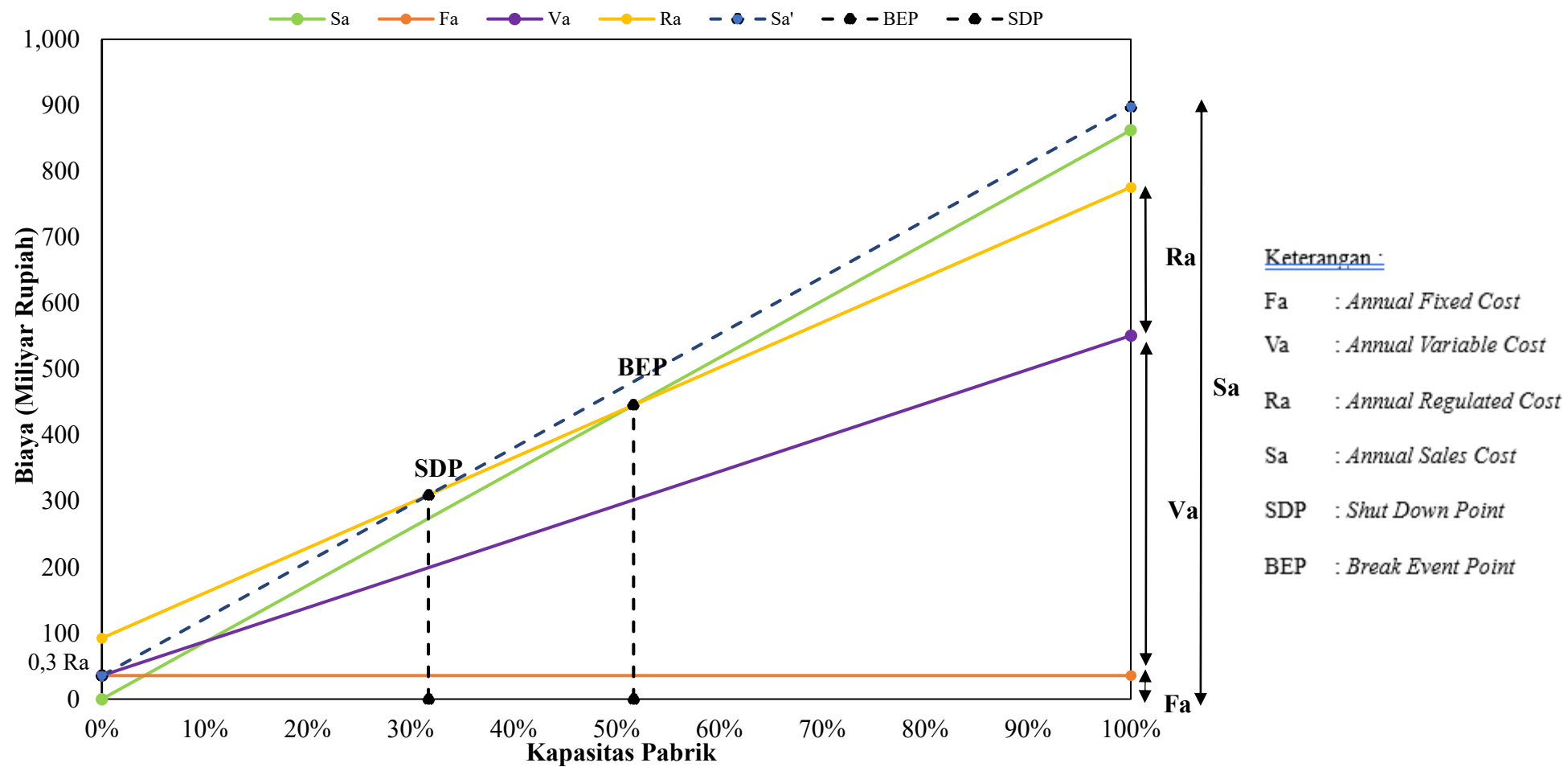
Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
		Low	High
Kondisi Operasi	Suhu tertinggi dalam proses 290°C		√
	Tekanan paling tinggi 1 atm	√	
Proses Produksi	Proses menghasilkan produk yang <i>biodegradable</i>	√	
Karakteristik Bahan Baku dan Produk	<i>Linear Alkylbenzene</i> (mudah terbakar dan dapat menyebabkan iritasi kulit dan saluran pernapasan)		√
	Oleum 20% (mengandung SO ₃ , sangat korosif dan reaktif dengan air, menimbulkan kabut asam)		√
	NaOH (korosif kuat, berbahaya jika kontak langsung dengan tubuh, menyebabkan luka bakar serius)		√
	H ₂ SO ₄ (sangat korosif dan tergolong limbah B3)		√
	Na ₂ SO ₄ (tidak berbahaya dan dapat dijual kembali ke industri tekstil/kertas)	√	
	<i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> (lebih ramah lingkungan dan <i>biodegradable</i>)	√	
Regulasi Pemerintah	Terdapat sistem pemantauan emisi dan NAB H ₂ SO ₄ , sesuai Per. Menakertrans No. 5 Tahun 2018	√	
	NaOH termasuk bahan kimia berbahaya menurut Permenkes dan Permen LH		√
	LAS tergolong produk <i>biodegradable</i> , namun tetap harus memenuhi standar mutu dan pengelolaan limbah.	√	
Keberadaan Pabrik	Pabrik direncanakan di Kawasan Industri Cilegon, Banten yang sudah dilengkapi infrastruktur, referensi teknis, dan sistem keamanan operasional yang memadai	√	

Berdasarkan Parameter diatas dapat disimpulkan perancangan Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ini memiliki resiko yang rendah atau disebut *low risk*.

Tabel 6. 20 Hasil Analisa Kelayakan

Kriteria	Nilai	Persyaratan	Layak/Tidak
ROI (<i>before tax</i>)	25,4%	ROI <i>before taxes</i>	Layak
ROI (<i>after tax</i>)	20,33%	minimal 11%	Layak
POT (<i>before tax</i>)	3,93 tahun	POT <i>before taxes</i>	Layak
POT (<i>after tax</i>)	3,52 tahun	maximal 5 tahun	Layak
BEP	51,71 %	40%-60%	Layak
SDP	31,76 %	-	Layak
DCFR	22,41 %	>1,5 bunga bank minimum =8,63%	Layak

Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa pendirian pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* tergolong layak dan menguntungkan. *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak mencapai 25,4%, yang berarti sudah melampaui ambang batas minimum 11% untuk klasifikasi pabrik dengan risiko rendah. Selain itu, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak tercatat sebesar 3,93 tahun, masih dalam batas maksimum 5 tahun, yang menandakan proses pengembalian investasi berlangsung relatif cepat. *Break Even Point* (BEP) berada pada angka 51,7%, sesuai dengan kisaran ideal antara 40% hingga 60%. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 31,7% mencerminkan efisiensi dalam pengelolaan biaya operasional. Sementara itu, nilai *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 22,41% jauh melebihi batas minimal, yaitu satu setengah kali suku bunga bank (8,63%), yang memperkuat kelayakan dari sisi investasi. Berdasarkan pencapaian seluruh indikator ekonomi tersebut, pabrik ini dinilai layak untuk direalisasikan.



Gambar 6. 2 Grafik Analisa Kelayakan

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* melalui proses sulfonasi, dengan kapasitas 15.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Pendirian pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan kapasitas 15.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dalam negeri serta membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
- b. Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan didaerah di Kawasan Industri Cilegon, Banten dengan pertimbangan dekat dengan pabrik bahan baku, tenaga kerja, tersedia listrik dan air yang memadai. serta memiliki prospek pemasaran yang bagus karena berlokasi dikawasan industri dengan luas tanah keseluruhan 15.000 m² .
- c. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisi kelayakan. Pabrik ini cukup menarik dan layak untuk didirikan dengan beberapa parameter kelayakan sebagai berikut:
 1. *Return on Investment* (ROI)
 - a. ROI sebelum Pajak : 25,4%
 - b. ROI setelah pajak : 20,33%
 2. *Pay Out Time* (POT)
 - a. POT sebelum Pajak : 3,93 tahun
 - b. POT setelah pajak : 3,52 tahun

Syarat POT maksimum sebelum pajak dengan resiko rendah adalah 5 tahun.

3. *Break Event Point* (BEP) : 51,71%
4. *Shut Down Point* (SDP) : 31,76%
5. Nilai *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) diperoleh sebesar 22,41%
6. Dari hasil analisis ekonomi diatas dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dari *Linear Alkylbenzene*, Oleum 20%, dan Natrium Hidroksida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan diantaranya sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan optimasi pemilihan alat utama maupun alat penunjang serta bahan baku sehingga mengoptimalkan keuntungan yang didapatkan.
2. Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik. Mempelajari lebih dalam akan seluruh konsep tersebut harapannya akan menjadikan produk *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri dimasa yang akan mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amous, J. M. (2016).** Kinetic study on dodecylbenzene sulfonation in a mixed batch reactor. *Chemical and Materials Engineering*, 4(3), 33–38.
- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955).** *Chemical engineering cost estimation*. McGraw-Hill Handbook Co., Inc.
- Badan Pusat Statistik. (2017-2022).** “Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia” Diambil 22 Februari 2023, dari <https://www.bps.go.id/>
- Brown, G. G. (1978).** *Unit operations*. John Wiley and Sons Inc.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1979).** *Process equipment design*. John Wiley and Sons Inc.
- Carberry, J. J., Walker, W. H., White, A. H., Jackson, D. D., James, J. H., Lewis, W. K., Curtis, H. C., & Parmelee, H. A. (n.d.).** *McGraw-Hill Chemical Engineering Series Editorial Advisory Board: Building the literature of a profession*.
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S. (1991).** *Kimia organik Jilid 1*. Erlangga.
- Fogler, H. Scott. 1992.** *Element of Chemical Reactions Engineering* 3 rd ed. India : Prentice-Hall
- Geankoplis, C. J. (1983).** *Transport processes and unit operations* (2nd ed.). Allyn and Bacon Inc.
- Indah, D. R., & Safnowandi, S. (2020).** Karakterisasi karbon baggase teraktivasi dan aplikasinya untuk adsorpsi logam tembaga. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 7(2), 46–54.
- Kern, D. Q. (1950).** *Process heat transfer*. McGraw-Hill International Book Company Inc.

- Kirk, R. E., & Othmer, D. F. (1998).** *Encyclopedia of chemical technology* (4th ed.). The Interscience Encyclopedia Inc.
- Kirk, R. E., Othmer, D. F., Grayson, M., Eckroth, D., et al. (1981).** *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology* (Vol. 5). Wiley.
- Ogawa, T., & Kawase, Y. (2021).** Effect of solution pH on removal of anionic surfactant sodium dodecylbenzenesulfonate (SDBS) from model wastewater using nanoscale zero-valent iron (NZVI). *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 1–20.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2003).** *Plant design and economics for chemical engineers* (5th ed.). McGraw-Hill Companies Inc.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., & Abbot, M.M., 1987,** Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 5 th ed, Mc Graw Hill Book Company Inc., New York
- Yaws, C. L. (1999).** *Chemical properties handbook*. McGraw-Hill Handbooks. New York.
- Wallas, S.M** Chemical Process Equipment. Mc.Graw Hill Koagakusha Company. Tokyo

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

REAKTOR-01

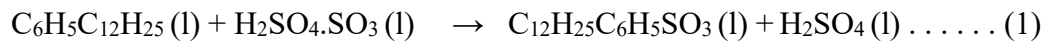
Kode	:	R-01
Fungsi	:	Untuk mereaksikan <i>linear alkylbenzene</i> dan <i>oleum</i> 20% menjadi asam <i>linear alkylbenzene sulfonate</i>
Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan jaket pendingin
Sifat Reaksi	:	Eksotermis
Waktu Reaksi	:	11 Menit
Bahan	:	<i>Stainless Steel Grade 316</i>
Kondisi Operasi	:	T : 50°C P : 1 atm
Konversi	:	96%

A. Neraca Massa

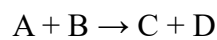
Komponen	BM	Input				Output	
		Arus 1		Arus 2		Arus 3	
		Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)
C ₆ H ₅ C ₁₂ H ₂₅	246	6,052	1.488,718	0,000	0,000	0,242	59,549
H ₂ SO ₄ .SO ₃	178	0,000	0,000	6,052	1077,202	0,242	43,088
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₅ SO ₃	326	0,000	0,000	0,000	0,000	5,810	1.893,939
H ₂ SO ₄	98	0,000	0,000	0,000	0,000	5,810	569,344
H ₂ O	18	0,017	0,298	1,221	21,984	1,238	22,282
Total			2.588,201				2.588,201

Persamaan reaksi sulfonasi antara Linear Alkylbenzene dengan Oleum 20% berdasarkan dijabarkan sebagai berikut :

Reaksi dapat dituliskan sebagai berikut :



Secara umum reaksi sulfonasi Linear Alkylbenzene dengan Oleum 20% dapat simbolkan sebagai berikut :



Keterangan :

A : $C_6H_5C_{12}H_{25}$

B : $H_2SO_4.SO_3$

C : $C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3$

D : H_2SO_4

Orde reaksi : $-r_a = k \cdot C_A \cdot C_B$

Dengan Stoikiometri reaksi pembentukan produk pada reaktor :

	$C_6H_5C_{12}H_{25}$	$H_2SO_4.SO_3$	$\rightarrow$	$C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3$	H_2SO_4
M :	C_{A0}	C_{B0}		-	-
R :	$C_{A0} \cdot X$	$C_{A0} \cdot X$		$C_{A0} \cdot X$	$C_{A0} \cdot X$
S :	$C_{A0} - C_{A0} \cdot X$	$C_{B0} - C_{A0} \cdot X$		$C_{A0} \cdot X$	$C_{A0} \cdot X$

B. Kinetika Reaksi

Konstanta kecepatan reaksi didapatkan dengan mengevaluasi data – data yang ada dalam percobaan. Data percobaan yang ada didapatkan dari jurnal *Kinetic Study on Dodecylbenzene Sulfonation in a Mixed Batch Reactor* dan buku *Peters*

and Timmerhaus (1991). Dimana perbandingan mol antara linear alkylbenzene dan Oleum 20% adalah 1:1,25.

Tabel 1. Perhitungan Reaktan Mula-mula

Komponen	Mr	Densitas (Kg/m ³)	Mol	Massa (gram)	Volume (mL)
C ₆ H ₅ C ₁₂ H ₂₅	246,43	834,998	10,000	2.460,3	2.951,265
H ₂ SO ₄ .SO ₃	178	1,303	12,500	2.225,0	1.707,598
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₅ SO ₃	326	1,070	2,500	815,000	1.980,374
H ₂ SO ₄	98	1,804	10,000	980,000	761,682
Total			35,000	6.484,300	3.015,469

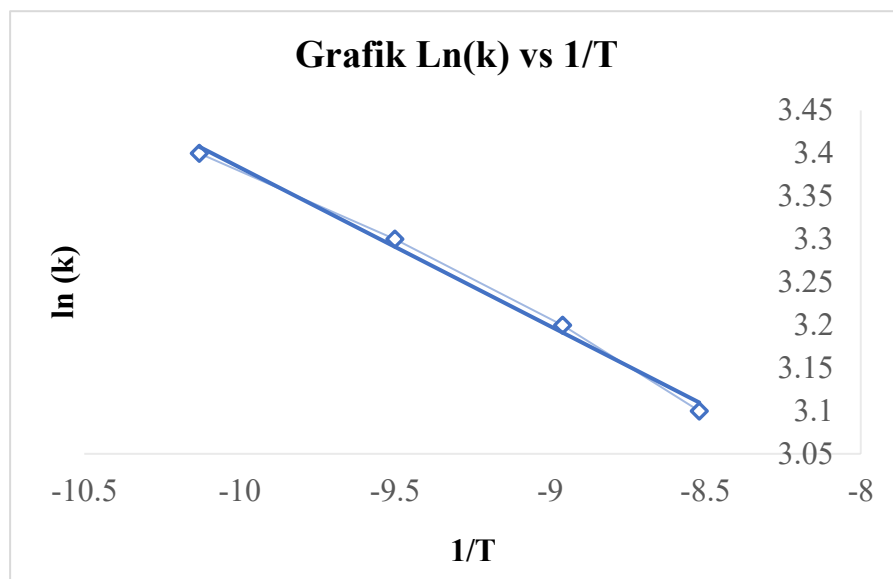
Dari tabel tersebut dapat dihitung konsentrasi awal *Linear Alkylbenzene* dan Oleum 20%.

$$C_{A0} = \frac{n_a}{F_v} = 2,4109 \text{ mol/L (Linear Alkylbenzene)}$$

$$C_{B0} = \frac{n_b}{F_v} = 2,4109 \text{ mol/L (Oleum 20\%)}$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Reaksi

Waktu (menit)	1/T (K)	Ln (k)	K(s ⁻¹)
37	310	-8,52	1,99 x10 ⁻⁴
47	320	-8,96	1,28 x10 ⁻⁴
57	330	-9,50	7,49 x10 ⁻⁴
67	340	-10,13	4,01 x10 ⁻⁴



Gambar 2. Hasil perhitungan reaksi

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan kinetika reaksi pada berbagai suhu yang kemudian digunakan untuk membuat grafik $\ln(k)$ terhadap $1/T$ untuk menentukan hubungan antara suhu dan laju reaksi. Dari kemiringan grafik ini diambil konstanta laju reaksi pada suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ sebesar $k = 2,2781 \times 10^{-4}$ per menit, dan dapat disimpulkan bahwa reaksi berlangsung dengan orde reaksi kedua.

C. Densitas

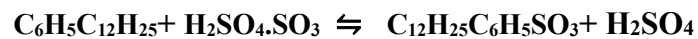
Menghitung massa jenis komponen pada suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 323.15 K

Komponen	Densitas Aspen (kg/m ³)	Input (kg/jam)	fraksi massa	ρ_L campuran (kg/m ³)
C ₆ H ₅ C ₁₂ H ₂₅	834,99	1488.718	0.57519	480.286
H ₂ SO ₄ .SO ₃	1.303,1	1077.202	0.41619	542.347
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₅ SO ₃	1.070	0,000	0,0000	0,000
H ₂ SO ₄	1.804,72	0,000	0,00000	0,000
H ₂ O	982,10	22,282	0,00860	8.475
Total		2.588,201	1,00	1.031,107

D. Viskositas

Komponen	Input (kg/jam)	fraksi massa	μ	μ campuran (cP)
C ₆ H ₅ C ₁₂ H ₂₅	1.488,718	0,575	278,019	159,915
H ₂ SO ₄ .SO ₃	1.077,202	0,416	0,018	0,007
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₅ SO ₃	0,000	0,000	239,85	0.000
H ₂ SO ₄	0,000	0,000	114,797	0.000
H ₂ O	22,282	0,009	0,560	0.005
Total	2.588,2014	1,00	633,243	159,927

Persamaan reaksi pada reaktor:



E. Design Equation

Design equation dapat dihitung melalui penurunan neraca massa untuk komponen metilamin pada sistem reaktor alir tangki berpengaduk.

Rate of input – Rate of output – Rate of reaction = Rate of accumulation

$$F_v.C_{A0} - F_v.C_{A0} - (-r_a).V = 0$$

$$F_v.C_{A0} - F_v.C_{A0}(1-X) - (k.C_A.C_B).V = 0$$

$$F_v.C_{A0} - F_v.C_{A0}(1-X) = (k.C_A.C_B).V$$

$$V = \frac{F_v.(C_{A0} - C_{A0}(1-X))}{k.C_A.C_B}$$

$$V = \frac{F_v.C_{A0}.X}{k.C_A.C_B}$$

$$V = 4,5702 \text{ m}^3$$

Dengan,

C_{A0} = konsentrasi klorobenzena mula-mula

V = volume reaktor

F_v = kecepatan volumetrik

X = konversi

1. Menghitung Kecepatan Aliran Volumetrik

$$F_v = \frac{\text{massa umpan}}{\rho \text{ campuran}}$$
$$= 2.510118527 \text{ m}^3/\text{jam}$$
$$= 2.510,118527 \text{ liter/jam}$$

2. Menghitung Konsentrasi

$$C_{Ao} = \frac{n_a}{F_v}$$

Total umpan mula-mula $C_{Ao} = 2,4109 \text{ mol/liter}$

$$C_{Bo} = \frac{n_b}{F_v}$$

Total umpan mula-mula $C_{Bo} = 2,4109 \text{ mol/liter}$

$$C_A = C_{Ao} (1 - X)$$

Total Umpan konsentrasi $C_{Ao} = 0,0964 \text{ mol/liter}$

$$C_B = C_{Bo} - (C_{Ao} \times X)$$

Total Umpan konsentrasi $C_{Bo} = 1,4509 \text{ mol/liter}$

3. Menghitung Konstanta Kecepatan Reaksi

Konstata Kecepatan Reaksi (k) = 136,686 / jam

4. Menghitung Dimensi Reaktor

Reaktor berbentuk silinder vertical terdiri dari dinding (shell) dan tutup atas serta bawah (head) yang berbentuk torispherical. Dengan perbandingan diameter dan tinggi 1:2.

$$H = 2 D$$

D = Diameter reaktor

H = Tinggi reaktor

$$\text{Volume Head Torispherical} = V_{head} = 0,000049 \times ID^3$$

H : 2 D = 1 : 2 Sehingga,

$$V_{Reaktor total} = V_{shell} + (V_{head})$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,484280 \text{ m}^3 + 0,2995599 \text{ m}^3 \\
 &= 6,0834 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

5. Menghitung Dimensi Reaktor

$$D = \sqrt[3]{\frac{2V}{\pi}}$$

H : 2 D (Brownell, 1959)

Dimana,

$$D = 1,5173 \text{ m}$$

Maka nilai H :

$$H = 3,035 \text{ m}$$

6. Menghitung Ketinggian Cairan dalam Reaktor

$$V_{cairan} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$V_{shell} = 5,4842 \text{ m}^3$$

$$V_{bottom} = 0,2995 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 V_{cairan} &= 5,4842 \text{ m}^3 - 0,2995 \text{ m}^3 \\
 &= 5,1847 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$h_{cairan} = \frac{4.V}{\pi.ID^2}$$

$$h_{cairan} = 2,869 \text{ m}$$

7. Menghitung Tekanan *Design*

$$\text{Tekanan Reaksi} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,695 \text{ Psi}$$

$$P_{hidrostatik} = \rho_{campuran} \times g \times h$$

$$\begin{aligned}
 P_{hidrostatik} &= 1.031,10 \times 9,81 \times 5,821 \\
 &= 5.888,3 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

$$= 8.538,12 \text{ Psi}$$

$$P_{operasi} = P_{hidrostatik} + P_{reaksi}$$

$$= 8.538,12 \text{ Psi} + 14,695 \text{ Psi}$$

$$= 23,2341 \text{ Psi}$$

Tekanan *Over Design* sebesar 20%

$$\text{Tekanan desain} = 1,2 \times 23,2341 \text{ Psi}$$

$$= 27,880 \text{ Psi}$$

8. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

t_s = Tebal shell (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = *Allowable stress* (18,750 psi)

r_i = Jari-jari dalam storage (in)

E = Efisiensi pengelasan (80% (*double welded butt joint*))

C = Faktor korosi (0,125 in)

$$t_s = \frac{P_d r_i}{f E - 0,6 P_d} + C$$

$$t_s = \frac{27,8809 \times 1.517}{18,750 \times 0,8 - 0,6 \times 27,8809} + 0,125$$

$$t_s = 0,15 \text{ in}$$

Diambil t_s standar, yaitu:

$$t_s = 3/16 \text{ in} = 0,19 \text{ in} \text{ (Brownell \& Young, p. 88, table 5.7)}$$

$$ID \text{ shell} = 60 \text{ in}$$

$$OD = ID + 2 t_s$$

$$= 60 \text{ in} + (2 \times 0,19)$$

$$= 60 \text{ in}$$

OD standar yang di dapat dari (Brownell & Young, page 90, table 5.7)

adalah, $OD_{\text{standar}} = 60 \text{ in}$. Serta didapatkan nilai icr dan r sebagai berikut:

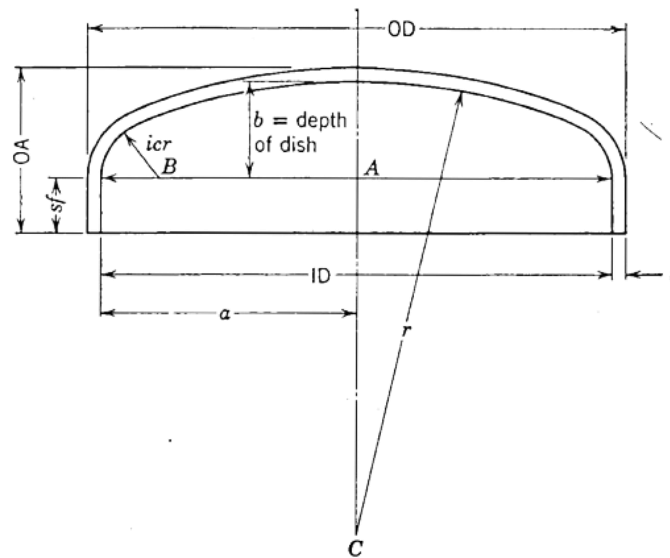
$$icr = 3,625 \text{ in}$$

$$r = 60 \text{ in}$$

9. Perancangan Dimensi *Head*

Bentuk : *Torispherical Dishhead Head*

Dasar pemilihan : Digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam rentang 15 psig (1,020689 atm) – 200 psig (13,60919 atm) dan harga lebih ekonomis.



Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot w}{2fE - 0,2P} + C$$

(Brownell & Young, p. 138, eq. 7.77)

Keterangan :

t_h = tebal head

w = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

f = allowable stress

E = joint efficiency

C = corrosion allowance

P = tekanan desain

$$w = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right)$$

$$w = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{60}{3.625}} \right)$$

$$w = 1,7671 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{27,8809 \times 60 \times 1,7671}{2 \times 18.750 \times 0,8 - 0,2 \times 27,8809} + 0,125$$

$$t_h = 1,115 \text{ in}$$

$$t_h \text{ standar} = 1.125 \text{ in (Brownell \& Young, p. 88)}$$

$$\text{tebal } bottom = \text{tebal } head = 1.5 \text{ in untuk } t_h$$

$$\text{maka, sf} = 1.5 - 4.5 \text{ (Brownell \& Young, p. 88)}$$

$$\text{dipilih, sf} = 4.5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} AB &= (ID/2) - icr \\ &= (60/2) - 3.625 \\ &= 26,370 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= rc - icr \\ &= 60 - 3.625 \\ &= 56.375 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan *depth of dish*

$$\begin{aligned} b &= rc - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= 60 - \sqrt{56.375^2 - 26,375^2} \\ &= 10,1727 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan tinggi dan volume *dish head*

$$\begin{aligned} OA &= t_h + b + sf \\ &= 1,115 \text{ in} + 10,1727 \text{ in} + 4.5 \text{ in} \\ &= 15,788 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, tinggi total reaktor} &= \text{tinggi } head + \text{tinggi } bottom + \text{tinggi } shell \\ &= 15,788 \text{ in} + 15,7876 \text{ in} + 119,473 \text{ in} \\ &= 151,048 \text{ in} \\ &= 3,8366 \text{ m} \end{aligned}$$

10. Menghitung Dimensi Pengaduk

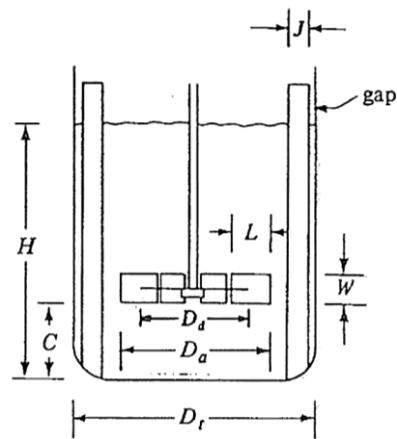
$$V = 5,484281 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1.031,107 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 159,927 \text{ cP}$$

Jenis pengaduk yang digunakan adalah flat six blade turbine, impeller jenis ini digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental.

Dalam perancangan untuk pengaduk, dilakukan dengan prinsip similaritas menggunakan model yang sesuai dengan referensi di buku.



Keterangan:

D_t	= Diameter ASME (1,219 m)
D_a	= Diameter Propeller
E	= Panjang Propeller dari Dasar
L	= Lebar Propeller
L	= Lebar Baffle
W	= Tinggi Propeller
H	= Tinggi Cairan
Jumlah <i>Baffle</i>	= 4 buah
Jumlah Pengaduk	= 1 buah

Dimensi:

$$D_a = D_t / 3$$

$$= 1,524 \text{ m} / 3$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,508 \text{ m} \\
 E &= Dt/3 \\
 &= 1,524 \text{ m} / 3 \\
 &= 0,508 \text{ m} \\
 L_{propeller} &= Da / 4 \\
 &= 0,508 \text{ m} / 4 \\
 &= 0,127 \text{ m} \\
 L_{baffle} &= Dt / 12 \\
 &= 1,524 \text{ m} / 12 \\
 &= 0,127 \text{ m} \\
 W &= Da / 5 \\
 &= 0,508 \text{ m} / 5 \\
 &= 0,102 \text{ m} \\
 H &= 1,1 \times Dt \\
 &= 1,1 \times 1,524 \\
 &= 1,676 \text{ m}
 \end{aligned}$$

11. Menghitung Power Pengaduk

a. *Specific Gravity*

$$\begin{aligned}
 sg &= 1,044 \\
 WELH &= 3,283 \text{ ft} \\
 \text{Jumlah putaran (N)} &= 320 \text{ rpm} = 5,333 \text{ rps.}
 \end{aligned}$$

b. Menghitung Power Pengaduk

$$\begin{aligned}
 \text{Power number (Np)} &= 5.5 \\
 \rho &= 1.031,107 \text{ kg/m}^3 = 1,031 \text{ g/cm}^3 \\
 N_i &= 5,333 \text{ rps} \\
 D_i &= 50,8026 \text{ cm} \\
 g_c &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 P &= 3,52 \times 10^{-3} \times 5,5 \times \left(\frac{\mu}{62,43} \right) \left(\frac{N}{60} \right)^3 \times \left(\frac{Da}{12} \right)^5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= 48,5850 \text{ HP} \\
 P_a &= 48,5850 \text{ HP} + (48,5850 \text{ HP} \times 10\%) + 0,5 \\
 &= 53.9493 \text{ HP} \\
 &= 40 \text{ Kw} \\
 P \text{ Standar} &= 60 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

12. Koil Pendingin

a. Neraca total panas reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	$\Delta H \text{ in (KJ/Jam)}$	$\Delta H \text{ out (KJ/Jam)}$
$C_6H_5C_{12}H_{25}$	73.710,438	2.948,418
$H_2SO_4 \cdot SO_3$	8.77,735	355,109
$C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3$	-	36.637,125
H_2SO_4	-	12.871,235
H_2O	2.371,199	2.371,199
H Reaksi	-	313.888,792
Q Pemanas	284.112,506	-
Total	369.071,798	369.071,798

b. Kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{Q_w}{C_p \cdot \Delta T} \\
 m &= \frac{313.891,115}{14,2537} \\
 m &= 37.560,262 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

c. Menghitung LMTD

Komponen	°C	K	F
Suhu fluida panas masuk	30	303,15	86
Suhu fluida panas keluar	50	323,15	122
Suhu fluida dingin masuk	25	298,15	77
Suhu fluida dingin keluar	70	343,15	158

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 32.7686 \text{ F}$$

d. Heat Transfer Area

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = 129.7273 \text{ ft}^2$$

e. Luas Selubung Reaktor

$$L = \pi D L$$

$$= 47.4342 \text{ ft}^2$$

Dikarenakan *heat transfer area* yang lebih besar dari luas selubung reaktor maka digunakan pendingin berjenis koil.

f. Diameter Koil

Debit air = 37,9450 m³/jam

Kecepatan aliran didalam pipa dipilih 1,5 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4 \times \text{Debit}}{\pi \times v}}$$

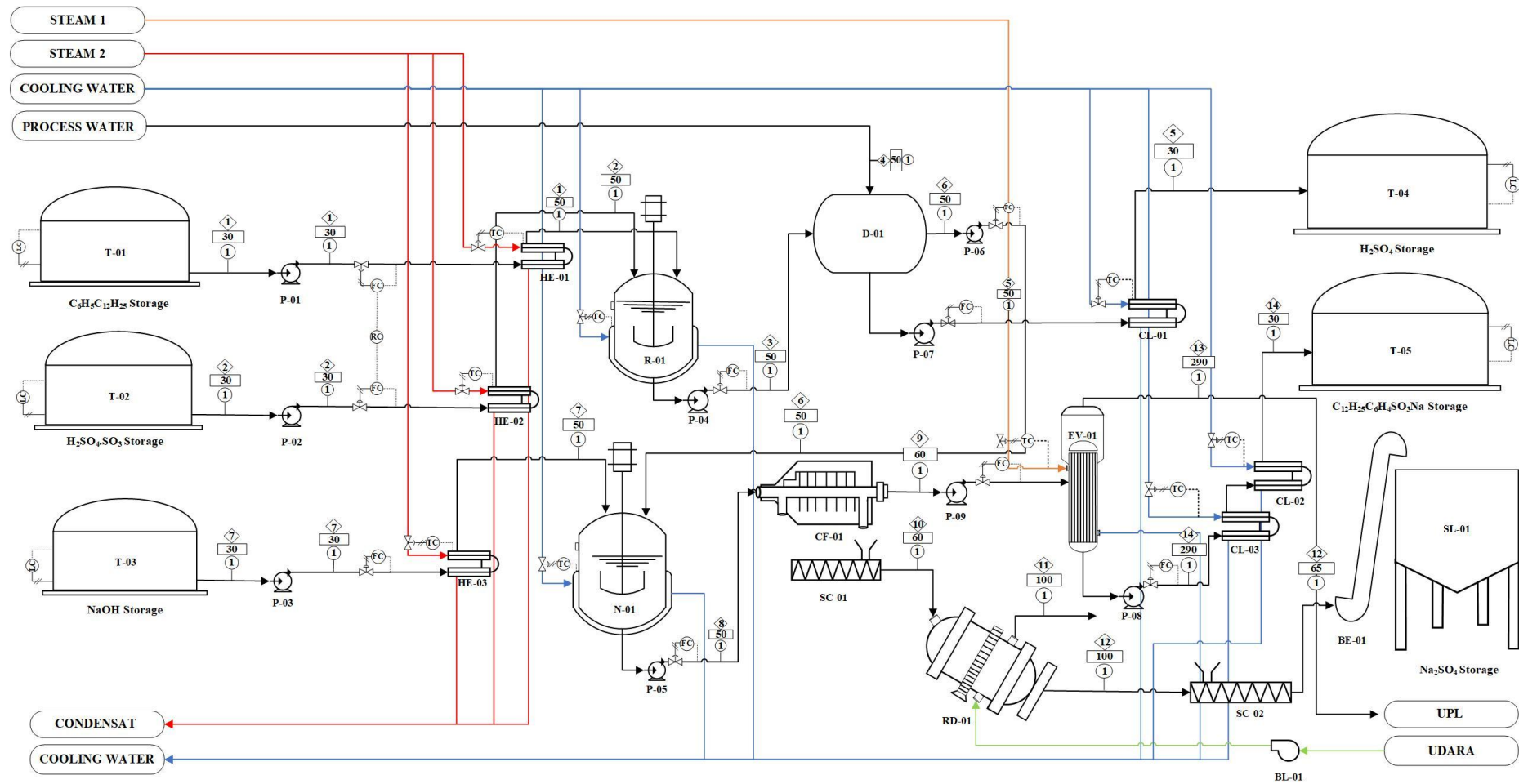
Sehingga didapatkan diameter koil sebesar 3,7239 in

Dipilih dimensi koil

Spesifikasi Koil Pendingin

Koil Pendingin	
IPS	: 4 in
OD	: 4,5 in
<i>Schedule No.</i>	: 40
<i>Flow Area</i>	: 12,7 in ²
<i>Surface Outside</i>	: 1,178 ft ² /ft
<i>Surface Inside</i>	: 1,055 ft ² /ft
Luas Transfer Panas	: 19,8487 ft ²
Panjang Koil	: 16,8495 ft
Jumlah Lilitan	: 1, 2026
Tinggi Lilitan	: 14,0110 ft

LAMPIRAN B
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
(PEFD)



Laju Alir Massa (kg/jam)														
Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$C_{12}H_{25}C_6H_{13}$	1.488,718	0	59,549	0	0	59,549	0	59,549	59,549	0	0	0	59,549	0
$H_2SO_4 \cdot SO_3$	0	1.077,202	43,088	0	0	43,088	0	43,088	43,088	0	0	0	43,088	0
$C_{12}H_{25}C_6H_{13}SO_3Na$	0	0	1.893,939	0	0	1.893,939	0	119,732	119,732	0	0	0	119,732	0
H_2SO_4	0	0	569,344	0	93,555	475,788	672,516	0	0	0	0	0	0	0
H_2O	0,298	21,984	22,282	8,410	25,648	5,043	620,784	950,301	807,756	142,545	142,545	0	807,756	0
$NaOH$	0	0	0	0	0	0	0	14,691	14,691	0	0	0	0	14,691
Na_2SO_4	0	0	0	0	0	0	0	689,407	0	689,407	0	689,407	0	0
$C_{12}H_{25}C_6H_{13}SO_3Na$	0	0	0	0	0	0	0	1.893,939	1.875,000	18,939	9,470	9,470	0	1.875,000
TOTAL	1.489,016	1.099,186	2.588,201	8,410	119,204	2.477,408	1.293,300	3.770,707	2.919,815	850,892	152,015	698,877	1.030,124	1.889,691

Keterangan Alat	
T	Tangki
R	Reaktor
N	Neutralizer
EV	Evaporator
D	Decanter
P	Pompa
HE	Heat Exchanger
CL	Cooler
BL	Boiler
SL	Silo
CF	Centrifuge
SC	Screw Conveyor
BE	Bucket Elevator
RD	Rotary Dryer

Instrumen Control	
FC	Flow Control
LI	Level Control
TC	Temperature Control
RC	Ratio Control
Keterangan Instrumen Simbol	
	Tekanan (atm)
	Suhu (°C)
	Nomor Arus
	Control Valve
	Pneumatic Signal
	Electric Signal
	Piping

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
	PROSES ENGINEERING FLOWS DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK LINEAR ALKILBENZENE SULFONATE DARI LINEAR ALKILBENZENE DAN OLEUM 20% DENGAN PROSES SULFONASI KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN
Disusun Oleh :	1. Rifqah Hamum Nashifiah (21521057) 2. Hafidz Dita Al Akram (21521126)
Dosen Pembimbing :	Dr. Irf Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PERANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

Nama Mahasiswa 1	:	Rifdah Hanuun Nazhiifah
NIM	:	21521057
Nama Mahasiswa 2	:	Hafidz Dita Al Akram
NIM	:	21521126
Judul Perancangan	:	Pra Pancangan Pabrik <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i> dari <i>Linear Alkylbenzene</i> dan <i>Oleum</i> 20% dengan Proses Sulfonasi Kapasitas 15.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan	:	2 Oktober 2024
Selesai Masa Bimbingan	:	30 Juni 2025
Nama Dosen Pembimbing	:	Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

NO	Tanggal	Konsultasi	Paraf Dosen
1	2 Oktober 2024	Bimbingan Perdana Konsultasi Judul	
2	23 Oktober 2024	Bimbingan Pergantian Judul	
3	12 November 2024	Bimbingan Penentuan Kapasitas Pabrik	
4	19 Desember 2024	Pemilihan Proses dan Spesifikasi bahan	
5	23 Desember 2024	Bimbingan Pembuatan Diagram Alir	
6	03 Januari 2025	Perhitungan Neraca Massa	
7	10 Februari 2025	Perancangan Reaktor	
8	25 Februari 2025	Spesifikasi Alat Pemisah	
9	12 Maret 2025	PEFD	
10	12 Maret 2025	Alat Penyimpanan Bahan	
11	19 Maret 2025	Revisi Penambahan Alat Proses	
12	9 April 2025	Alat Penyimpanan bahan dan Transportasi Bahan	
13	14 Mei 2025	Perancangan Alat Penukar Panas	

14	26 Juni 2025	Perancangan Alat Penukar Panas	
15	26 Juni 2025	Penentuan Lokasi dan Tata Letak Pabrik	
16	30 Juni 2025	Perancangan Unit Utilitas	
17	30 Juni 2025	Perhitungan Evaluasi Ekonomi	
18	30 Juni 2025	Penyusunan Naskah	

Disetujui Draft Penulisan

Yogyakarta, 30 Juni 2025

Pembimbing,



Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.