

LAPORAN TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK SODIUM DODEKILBENZEN
SULFONAT DARI DODEKILBENZEN DAN OLEUM
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta

Oleh:
Firmina Mawar Wawo Banggo (23170311D)

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2024

LEMBAR PERSETUJUAN

**PRA RANCANGAN PABRIK SODIUM DODEKILBENZEN DARI
DODEKILBENZEN DAN OLEUM DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

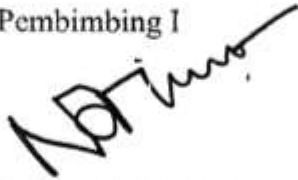
Disusun oleh :

Firmina Mawar Wawo Banggo (23170311D)

Telah Disetujui Oleh Pembimbing

Pada Tanggal 22 Juli.....2024

Pembimbing I



Dr. Narimo, S.T., M.M
NIS. 01199609021057

Pembimbing II



Gregorius P. I Budianto, S. T., M.Eng
NIS.01201407261183

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Kimia



Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng

NIS.01201407261183

LEMBARAN PENGESAHAN

PRARANCANGAN PABRIK SODIUM DODEKILBENZEN SULFONAT DARI DODEKILBENZEN DAN OLEUM KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Oleh

FIRMINA MAWAR WAWO BANGGO (23170311D)

Telah Disetujui dan disahkan oleh Tim Penguji

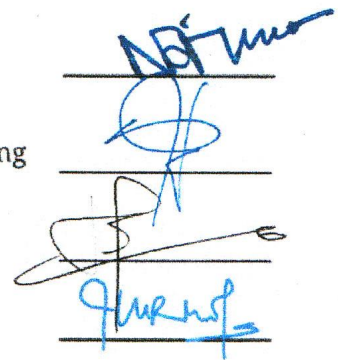
Pada Tanggal 7 Agustus 2024

Pembimbing I Dr. Narimo, S.T., M.M

Pembimbing II G. Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng

Penguji I DR. Supriyono, S. T., M. T.

Penguji II Ir. Sumardiyono, M.T



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

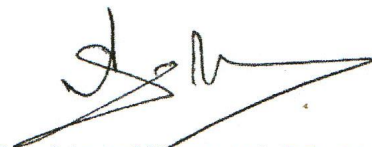
Universitas Setia Budi



DR. Suseno, M.Si.
NIS. 01199408011044

Ketua Program Studi

S1 Teknik Kimia



Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.
NIS. 01199601032053

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

Janganlah hendeknya kamu kuatir tentang apa pun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur (Filipi 4:6-7)

Kuatkan dan teguhkanlah hatimu, janganlah takut dan jangan gemetar karena mereka, sebab Tuhan, Allahmu, Dialah yang berjalan menyertai engkau; Ia tidak akan membiarkan engkau dan tidak akan meninggalkan engkau (Ulangan 31:6)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada

Bapa dan mama

Terima kasih karena telah merawat dan membesarkan saya dengan baik hingga detik ini, skripsi ini saya persembahkan untuk kalian. Terima kasih atas cinta, dukungan, dan kebaikan kalian yang tak pernah lekang oleh waktu. Kakak dan adik – adikku terima kasih karena telah menemani perjuangan saya hingga sekarang tetap semangat dan selalu bahagia.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas penyertaan, berkat dan anugera-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Prarancangan pabrik sodium dodekilbenzen sulfonat dari dodekilbenzen dan oleum” Sebagai tugas akhir dalam menyelesaikan studi pada Program Sarjana (S.1) Teknik Kimia Universitas Setia Budi Surakarta.

skripsi ini dapat terselesaikan bukan hanya atas usaha dan doa dari penulis saja, namun bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang terutama membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Drs. Suseno, M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta
2. Ibu Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Setia Budi Surakarta
3. Bapak Dr. Narimo, S.T., M.M selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dan membantu penulis dalam mengoreksi dan memberi pengarahan untuk menyelesaikan skripsi ini
4. Bapak Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan membantu penulis dalam mengoreksi dan memberi pengarahannya untuk menyelesaikan skripsi ini
5. Bapak dan Ibu dosen serta Staf administrasi pada Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Setia Budi Surakarta
6. Orang tua tercinta, Bapak Albert Ressay dan Ibu Anselma Batmomolin yang telah memberikan kasih sayang dan doa serta dukungan
7. Kakak dan adik – adik tercinta kk Ayu, Tere, Esya dan Elnathan yang telah dan dukungan
8. Rekan – rekan mahasiswa Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Setia Budi Surakarta
9. Pihak – pihak lain yang terkait dalam penyelesaian penulisan skripsi ini

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dalam menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat berguna dan menjadi sumbangan ilmu bagi kehidupan.

Surakarta, 17 Juli 2024

Penulis

Firmina Mawar Wawo Banggo

NIM : 23170311D

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBARAN PENGESAHAN	iii
MOTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan	2
1.2.2 Ekspor Sodium Dodekilbenzen Sulfonat	3
1.2.3 Konsumsi Sodium Dodekilbenzen Sulfonat Dalam Negeri... 4	
1.2.5 Kapasitas Pabrik Sodium Dodekilbenzen Sulfonat Dunia..... 4	
1.2.6 Kapasitas Pabrik.....	5
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	5
1.4 Tinjauan Pustaka.....	7
1.4.1 Macam – Macam Proses Pembuatan Sodium Dodekilbrnzen Sulfonat	7
1.4.2 Pemilihan Proses	9
1.4.3 Kagunaan Produk	9
1.4.4 Sifat Fisis dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk	10
1.5 Reaksi Dasar	11
1.6 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	11
1.6.1 Tinjauan Termodinamika.....	11
1.6.2 Tinjauan kinetika	13
BAB II SPESIFIKASI BAHAN	15
2.1 Spesifukasi Produk.....	15
2.2 Spesifikasi Bahan Baku	15
2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu.....	16
BAB III PERENCANGAN PROSES	17

3.1 Uraian Proses	17
3.1.2 Penyiapan Bahan Baku.....	17
3.1.2 Proses Pembentukan Produk	17
3.1.3 Proses Pemurnian Produk.....	18
3.1.4 Tahap Penyimpanan Produk.....	18
3.2 Diagram Alir Kualitatif.....	19
3.3 Diagram Alir Kuantitatif	20
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	21
4.1 Neraca Massa	21
4.2 Neraca Panas.....	25
BAB V SPESIFIKASI ALAT	29
5.1 Tangki Penyimpanan Dodekilbenzen.....	29
5.2 Tangki Penyimpanan Oleum 20%.....	29
5.3 Tangki penyimpanan NaOH 20%	30
5.4 Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄	30
5.5 Heat Exchanger 01	30
5.6 Heat Exchanger 02.....	31
5.7 Reaktor 01	31
5.8 Cooler.....	32
5.9 Dekanter.....	32
5.10 Netralizer.....	33
5.10 Spray Dryer	33
5.11 Belt Convayor	33
5.12 Bucked Elevator.....	34
5.13 Silo.....	34
BAB VI UTILITAS	36
6.1 Unit Utilitas.....	36
6.1.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	36
6.1.2 Unit Penyedia Steam	37
6.1.3 Unit Penyedia Listrik	37
6.1.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	39
6.1.5 Unit Pengadaan Udara Tekan.....	39

6.1.6 Unit Pengolahan Limbah.....	39
6.2 Laboratorium.....	40
6.3 Kesehatan Keselamatan Kerja	41
BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK.....	43
7.1 Bentuk Perusahaan.....	43
7.2 Bentuk Organisasi.....	43
7.3 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Gaji.....	47
7.4 Kesejahteraan Karyawan	50
7.5 Struktur Produksi Pabrik.....	52
7.5.1 Rencana Produksi.....	52
7.6 Tata Letak Pabrik	53
7.6.1 Pengendalian Proses.....	54
7.7 Tata Letak Peralatan.....	55
BAB VIII EVALUASI EKONOMI	59
8.1 Perhitungan Biaya.....	61
8.2 Fixed Capital Investment	63
8.3 Working Capital Investment	63
8.4 Manufacturing Cost	63
8.5 General Expense	64
8.6 Analisis Ekonomi.....	65
8.6.1 Return On Investment (ROI).....	65
8.6.2 Pay Out Time (POT)	66
8.6.3 Break Even Point (BEP).....	66
8.6.4 Shut Down Point (SDP)	67
BAB IX KESIMPULAN	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN A.....	73
LAMPIRAN B.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Data Impor Sodium Dodekilbenzen Sulfonat	2
Tabel 2 Data Ekspor Sodium Dodekilbenzen Sulfonat	3
Tabel 3 Daftar Pabrik pengguna Sodium Dodekilbenzen Sulfonat	4
Tabel 4 Data Ketersediaan Bahan Baku	4
Tabel 5 Kapasitas Pabrik Sodium Dodekilbenzen Sulfonat di Dunia	4
Tabel 6 Macam - Macam Proses Sulfonasi	9
Tabel 7 Neraca Massa Reaktor	22
Tabel 8 Neraca Massa Dekanter	22
Tabel 9 Neraca Massa Netralizer	23
Tabel 10 Neraca Massa Spray Dryer	23
Tabel 11 Neraca Massa Bag Filter	24
Tabel 12 Neraca Massa Silo	25
Tabel 13 Kapasitas Panas Fase Liquid	25
Tabel 14 Densitas Cairan	26
Tabel 15 Neraca Panas Reaktor	27
Tabel 16 Neraca Panas Dekante	27
Tabel 17 Neraca Panas Netralizer	27
Tabel 18 Neraca Panas Spray Dryer	28
Tabel 19 Kebutuhan Listrik Untuk Alat Proses	38
Tabel 20 Kebutuhan Listrik Utilitas	38
Tabel 21 Gaji Karyawan	48
Tabel 22 Luas Bangunan Pabrik	54
Tabel 23 Cost Index Chemical Plant	60
Tabel 24 Fixed Capital Investment	63
Tabel 25 Working Capital	63
Tabel 26 Direct Manufacturing Cost	64
Tabel 27 Indirect Manufacturing Cost	64
Tabel 28 Fixed Manufacturing Cost	64
Tabel 29 General Expense	65
Tabel 30 Fixed Cost	66
Tabel 31 Variabel Cost	66
Tabel 32 Regulated Cost	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Grafik Import Sodium Dodekilbenzen Sulfonat.....	2
Gambar 2 Grafik Ekspor Sodium Dodekilbenzen Sulfonat	3
Gambar 3 Lokasi Pabrik Sodium Dodekilbenzen	5
Gambar 4 Diagram Alir Kualitatif.....	19
Gambar 5 Diagram Alir Kuantitatif.....	20
Gambar 6 Diagram Alir Utilitas	42
Gambar 7 Stuktur Organisasi Pabrik	51
Gambar 8 Lay out Alat Proses	57
Gambar 9 Plant Lay Out Pabrik Sodium Dodekilbenzen Sulfonat	58
Gambar 10 Grafik Plant Cost Index	60

ABSTRACT

Pabrik Sodium Dodekilbenzene Sulfonate merupakan pabrik yang dirancang dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Pabrik tersebut akan berdiri di kawasan industri Cilegon, Banten. Pabrik ini dirancang dengan menggunakan bahan baku dodekilbenzen yang dibeli dari PT. Unggul Indah Jaya Corporation, dan Oleum diperoleh dari PT. Indonesian acids industry, serta NaOH yang dibeli dari PT. Aozora Agung Perkasa yang terletak tidak jauh dari lokasi pabrik yang akan di dirikan. Dodekilbenzen direaksikan dengan oleum ke dalam reaktor batch berpengaduk yang dilengkapi dengan jaket pendingin dengan suhu 50°C dan tekanan 1 atm. Produk yang keluar dari reaktor berupa asam dodekilbenzen yang kemudian akan dimasukkan kedalam decanter, didalam decanter kemudian dipisahkan berdasarkan fase berat dan fase ringan. Fase ringan tersebut dimasukkan kedalam netralizer untuk dinetralkan dengan sodium hidroksida 20% untuk menghasilkan sodium dodekilbenzen sulfonate dan dihilangkan kadar airnya menggunakan spray dryer.

Utilitas terdiri dari beberapa unit pendukung meliputi unit penyediaan dan pengolahan air, unit pembangkit steam, unit pembangkit listrik, dan penyediaan bahan bakar. Kebutuhan air tersebut sebesar 3067,56 kg/jam sedangkan untuk total kebutuhan listrik sebesar 128,13 kW

Hasil analisis ekonomi terhadap prarancangan pabrik sodium dodekilbenzen sulfonate diperoleh ROI (*Return On Investment*) sebelum pajak sebesar 38,7% dan setelah pajak sebesar 16,6%. POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak selama 2 tahun sedangkan sesudah pajak sebesar selama 3 tahun. Dan Untuk BEP (*Break Even Point*) sebesar 44%. Berdasarkan analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik sodium dodekilbenzen sulfonate kapasitas 50.000 ton/tahun layak untuk direalisasikan pembangunannya.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang terus melaksanakan pembangunan dan perkembangan di beberapa sektor. Salah satunya sektor industri, pembangunan sektor industri diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Perkembangan sektor industri diintegrasikan pada beberapa tahapan, dimulai dengan meningkatnya hubungan antara sektor lainnya, seperti industri kimia yang merupakan salah satu contoh sektor industri yang sedang berkembang dan mempunyai ekspektasi yang tinggi untuk perekonomian. Sektor industri, telah berkembang dan memberi kontribusi yang signifikan untuk pendapatan nasional. Dipilihnya industri kimia sebagai wadah utama pertumbuhan ekonomi karena kebutuhan akan bahan kimia semakin beragam. Untuk memenuhi kebutuhan bahan-bahan tersebut, Indonesia banyak mengimpornya dari negara luar sehingga berdampak pada devisa negara. Untuk mengatasi hal tersebut, negara perlu memaksimalkan sumber daya yang ada untuk meningkatkan devisa negara dan membuka lapangan kerja bagi masyarakat lokal. Salah satu contoh produk industri kimia yang sangat populer dan banyak digunakan di Indonesia maupun dunia adalah detergen.

Sodium dodekilbenzen sulfonat merupakan zat antara yang digunakan sebagai bahan baku dalam produksi deterjen, sampo, pasta gigi dan sabun cuci. Selain itu dapat digunakan sebagai bahan pembasah pada industri kertas, karet dan pertambangan karena dapat menurunkan tegangan permukaan air. Deterjen sintetis mengandung bahan organik sintetik aktif yang disebut surfaktan. Surfaktan adalah turunan petrokimia. Oleh karena itu, perkembangan industri deterjen erat kaitannya dengan perkembangan industri petrokimia.

Sodium dodekilbenzen sulfonat merupakan zat antara yang digunakan sebagai bahan baku pada produksi deterjen, sampo, dan pasta gigi. Selain itu dapat menurunkan tegangan permukaan air, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembasah pada kertas, karet dan pertambangan. Cyst Wash mengandung bahan organik sintetik aktif yang disebut surfaktan. Surfaktan merupakan turunan petrokimia. sehingga, perkembangan industri deterjen sangat erat kaitannya dengan perkembangan industri petrokimia.

Saat ini permintaan sodium dodekilbenzen sulfonat semakin meningkat baik didalam negeri maupun internasional kerana penggunaannya dalam produksi deterjen. Selain itu juga, dodesilbenzen sulfonat merupakan surfaktan linier dan mudah terurai, dan juga terdegradasi oleh mikroorganism, sehingga penggunaan dodesilbenzena sulfonat sebagai bahan pembersih sudah menjadi hal yang umum oleh masyarakat. Oleh karena itu, dodesilbenzen sulfonat merupakan bahan yang ramah lingkungan. Pembersihan menggunakan deterjen sangat efektif bahkan digunakan pada air sadah sekalipun.

1.2 Kapasitas Rancangan

Tujuan didirikannya pabrik sodium dodecylbenzensulfonate adalah untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri dan dapat mengekspor ke luar negeri. Rencananya pabrik tersebut akan dibangun pada tahun 2029. Dalam menentukan kapasitas produksi pabrik sodium dodekilbenzena sulfonate yang akan dibangun, perlu diperhatikan pemenuhan kebutuhan dalam negeri dan pengurangan impor.

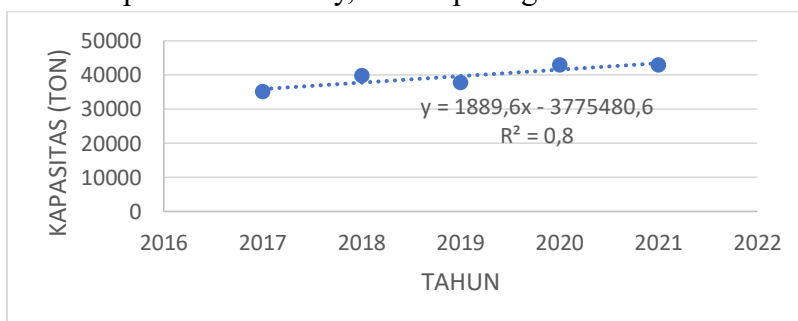
1.2.1 Kebutuhan Sodium Dodekilbenzen Sulfonat di Indonesia

Tabel 1 menunjukan kebutuhan sodium dodekilbenzena sulfonat di Indonesia berdasarkan data Badan Pusat Statistik pada tahun 2017 hingga 2021

Tabel 1 Data Impor Sodium Dodekilbenzen Sulfonat

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2017	34.990,937
2018	37.720,289
2019	39.692,377
2020	42.846,636
2021	43.861,493

Dari data impor, didapatkan grafik linear antara data tahun pada sumber x dan data impor dari sumber y, dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1 Grafik Import Sodium Dodekilbenzen Sulfonat

Dari grafik di atas terlihat bahwa permintaan impor sodium dodekilbenzena sulfonat semakin meningkat dari tahun ke tahun. Grafik ini menghasilkan persamaan regresi linier untuk menentukan prediksi kebutuhan sodium dodekilbenzena sulfonat di tahun depan:

$$Y = 1889.6x - 3775480.6 \quad (1.1)$$

$$\text{Jumlah impor tahun ke} = 1889.6 \times (\text{tahun}) - 3775480.6$$

Kerana rencana pembangunan pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat akan didirikan pada tahun 2029, maka perkiraan kebutuhan impor sodium dodekilbenzena sulfonat pada tahun 2029 diperkirakan sebesar 56.628 ton.

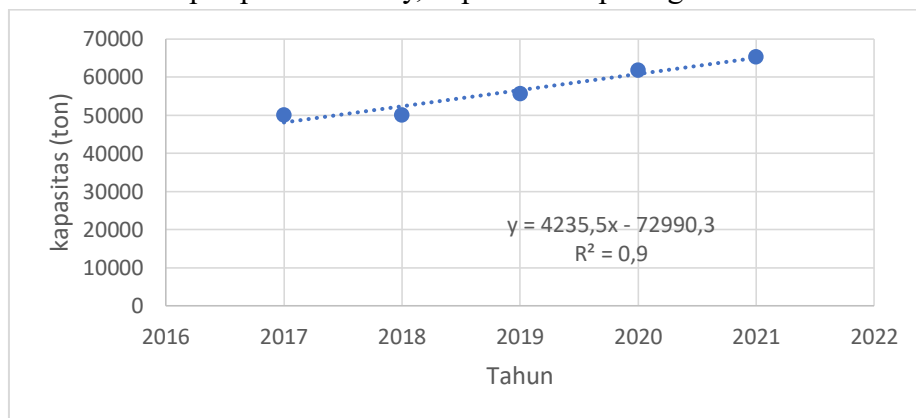
1.2.2 Ekspor Sodium Dodekilbenzen Sulfonat

Data ekspor sodium dodekilbenzena sulfonat di Indonesia cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Data perkembangan produksi sodium dodekilbenzena sulfonat di Indonesia pada tahun 2017 hingga 2021 ditampilkan pada tabel 2

Tabel 2 Data Ekspor Sodium Dodekilbenzen Sulfonat

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)
2017	12.055,389
2018	12.026,478
2019	16.583,473
2020	18.833,609
2021	20.329,876

Dari data ekspor didapatkan grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor pada sumbu y, dapat dilihat pada grafik 1.2



Gambar 2 Grafik Ekspor Sodium Dodekilbenzen Sulfonat

Dari grafik di atas terlihat bahwa permintaan ekspor sodium dodekilbenzena sulfonat semakin meningkat dari tahun ke tahun. Persamaan regresi linier diperoleh dari grafik untuk menentukan prediksi permintaan sodium dodekilbenzena sulfonat di tahun depan :

$$Y = 4235,5x - 72990,3 \quad (1.2)$$

Karena rencana pembangunan pabrik sodium dodekilbenzen sulfonat akan didirikan pada tahun 2029, maka prediksi untuk kebutuhan ekspor sodium dodekilbenzen sulfonat pada tahun 2029 diperkirakan sebesar 49.839 ton.

1.2.3 Konsumsi Sodium Dodekilbenzen Sulfonat Dalam Negeri

Data konsumsi sodium dodekilbenzen sulfonat di Indonesia dari industri yang menggunakan sodium dodekilbenzena sulfonat sebagai bahan baku pembuatan produk. Beberapa industri tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Daftar Pabrik pengguna Sodium Dodekilbenzen Sulfonat

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Unilever Indonesia	100.500
PT. Unggul Indah Cahaya	200.000
Total	300.500

Berdasarkan data di atas, ditemukan bahwa pabrik di atas tidak melaporkan total konsumsi sodium dodekilbenzena sulfonat maka, Data konsumsi sodium dodekilbenzena sulfonat dapat dihitung sebesar 25% dari total kapasitas pabrik yaitu sebesar 75.125 ton/tahun. Penetapan porsi tersebut berdasarkan peraturan SNI 06-4075-1996 yang menetapkan persyaratan mutu deterjen cair yang digunakan dalam industri dan kosmetik. Salah satu parameter yang diperlukan adalah kandungan surfaktan anionik minimal 15 -30%.

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Tabel 4 Data Ketersediaan Bahan Baku

Bahan Baku	Ketersediaan (ton/tahun)	Nama Pabrik
Dodekilbenzen	80.000	PT. Unggul Indah Cahaya Tbk
Dodekilbenzen	80.000	PT. Indo Sukses Sentral Usaha
Oleum	82.000	PT. <i>Indonesian Acids Industry</i>
NaOH	80.000	PT. Aozora Agung Perkasa

1.2.5 Kapasitas Pabrik Sodium Dodekilbenzen Sulfonat Dunia

Dalam menentukan kapasitas pabrik, harus mempertimbangkan kapasitas pabrik sebelumnya untuk memberikan gambaran dan bisa dijadikan bahan pertimbangan.

Tabel 5 Kapasitas Pabrik Sodium Dodekilbenzen Sulfonat di Dunia

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Henan Brilliant Biotech Co., Ltd	China	120.000
Hankel AG & Co. KgaA	Jerman	65.000
Badische Anilin-und Soda-Fabrik	Jerman	40.000
Zhengzhou Magic Star Co., Ltd	China	30.000

1.2.6 Kapasitas Pabrik

Untuk menentukan kapasitas produksi perlu diperhatikan beberapa aspek yaitu *supply* dan *demand*.

- a. *Supply* = Produksi + Impor
 $= 0 + 56.628 \text{ ton/tahun}$
 $= 56.628 \text{ ton/tahun}$
- b. *Demand* = Konsumsi + Ekspor
 $= 75.125 \text{ ton /tahun} + 49.839, 2 \text{ ton/tahun}$
 $= 124.964,2 \text{ ton/tahun}$
- c. Peluang kapasitas pabrik = Demand – Supply
 Peluang kapasitas pabrik = $124.964,2 \text{ ton/tahun} - 56.628 \text{ ton/tahun}$
 Peluang kapasitas pabrik = 68.336 ton/tahun

Maka diambil 70% dari peluang kapasitas yang didapatkan sehingga kapasitas pabrik sodium dodekilbenzen sulfonat yang didirikan sebesar 50.000 ton/tahun pada tahun 2029.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Menentukan lokasi pabrik adalah salah satu faktor yang sangat penting pada pendirian suatu pabrik agar operasional dapat berjalan terus. Ada beberapa faktor dalam penentuan lokasi pabrik, yaitu seberapa dekat lokasi pabrik dengan lokasi bahan baku, pemasara produk, transportasi, tenaga kerja, ketersediaan air dan lain-lain. Selain itu, pabrik harus dibangun dengan memepertimbangkan lingkungan sekitar sehingga tidak mengganggu lingkungan sekitar dan menjaga agar alam tetap aman.

Pabrik sodium dodekilbenzen sulfonat direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon.



Gambar 3 Lokasi Pabrik Sodium Dodekilbenzen

a. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku dodekilbenzen diperoleh pada PT. Unggul Indah Cahaya Tbk terletak di Cilegon dan bahan baku Oleum 20% diperoleh dari pabrik *Indonesian Acids Industry* terletak di Bekasi serta bahan baku NaOH 20% diperoleh dari pabrik Aozora Agung Perkasa terletak di Jakarta Selatan.

b. Pemasaran Produk

Produk dari pabrik ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan deterjan dan dapat dijual ke pabrik seperti Unilever, KOA, dan Wings di pulau Jawa. Pemasaran produk dipermudah dengan tersedianya sarana transportasi yang memadai baik melalui darat maupun laut.

c. Utilitas

Sumber daya yang dibutuhkan untuk membangun pabrik antara lain listrik, air dan bahan bakar. Kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLN dan generator buatan pabrik sebagai cadangan. Air yang dibutuhkan diambil dari sungai cidanau, dan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar genset dan boiler berupa solar bisa dibeli dari Pertamina.

d. Tenaga kerja

Diperoleh tenaga kerja dengan mudahnya di kawasan industri Cilegon seiring dengan bertambahnya jumlah tenaga kerja setiap tahunnya. Begitu pula dengan tingkat lulusan Indonesia dan tenaga kerja lokal yang semakin terampil. Sebagai kawasan industri, kawasan ini menjadi tujuan pencari kerja.

e. Keadaan geografis dan iklim

Kawasan Cilegon, Banten merupakan kawasan yang terletak di kawasan industri. Wilayah Cilegon dan sekitarnya direncanakan sebagai salah satu pusat pengembangan kawasan produksi industri. Suhu normal di wilayah ini berkisar 22 hingga 30 derajat Celsius, dan pabrik beroperasi dengan lancar.

f. Transportasi dan Telekomunikasi

Kawasan Cilegon merupakan kawasan industri, mudah dijangkau dengan transportasi dan komunikasi, serta dekat dengan pelabuhan (Pelabuhan Merak) dan akses jalan raya serta jalan tol yang memadai.

1.4 Tinjauan Pustaka

Sodium Dodekilbenzen Sulfonat merupakan zat aktif surfaktan yang mempunyai ujung berbeda yaitu hydrophile (suka air) dan hydrophobe (suka lemak). Bahan aktifnya berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan bahan sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan sodium dodekilbenzen sulfonat digunakan sebagai bahan baku pembuatan detergen. Sodium dodekilbenzen sulfonat sendiri juga dapat digunakan pada berbagai bidang, yaitu pencucian alat-alat industri, pencucian bahan tekstil, sebagai bahan pengemulsi, dan digunakan sebagai finishing dalam industri pulp. (Kirk Othmer, 1983)

1.4.1 Macam – Macam Proses Pembuatan Sodium Dodekilbenzen Sulfonat

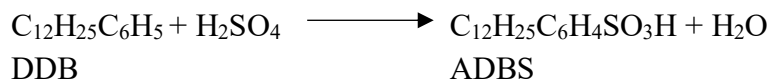
Tujuan dari pemilihan proses adalah untuk menentukan proses akan digunakan dalam pabrik. Hal ini dapat di lihat dari sudut pandang keuntungan, dan dari sudut pandang finansial dan teknis. Proses produksi sodium dodekilbenzen sulfonat mempunyai dua tahapan yaitu tahap sulfonasi dan tahap netralisasi. Langkah sulfonasi ini dapat di seleksi untuk mendapatkan hasil yang optimal. Tiga jenis proses yang digunakan untuk menghasilkan sodium dodekilbenzen sulfonat, sebagai berikut :

a. Reaksi Langsung dengan H_2SO_4

Proses sulfonasi dengan H_2SO_4 merupakan metode pertama yang di gunakan. Proses yang menggunakan asam sulfat yang menghasilkan asam dodekilbenzen sulfonat dan air.

Reaksi yang terjadi:

1. Sulfonasi



Pembuatan sodium dodekilbenzen sulfonat dengan H_2SO_4 sangat mudah di tangani. Namun reaksi pembuatan sodium dodekilbenzen sulfonat dengan H_2SO_4 belum banyak di gunakan karena menghasilkan banyak air. Keberadaan air yang berlebih akan mempengaruhi reaksi karena adanya air tersebut menunjukkan bahwa reaksi berada pada kesetimbangan reaksi sehingga konversinya rendah.

Proses sulfonasi dengan menggunakan H_2SO_4 98% dapat di lakukan secara batch maupun kontinyu. Prosesnya berlangsung pada suhu antara $50^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Tergantung kualitas warna produk yang diinginkan dan proses ini tidak menggunakan katalis, sehingga

Dodekilbenzen digunakan untuk bereaksi langsung dengan H_2SO_4 . Waktu reaksi yang di butuhkan adalah 30 jam dengan rendemen 80% (Kirk Othmer, 1983).

b. Reaksi dengan SO_3

Pembuatan sodium dodekilbenzen sulfonat dengan gas SO_3 terdiri dari empat tahap yaitu: pemanasan dengan sulfur, oksidasi gas SO_2 menjadi SO_3 , proses sulfonasi dan proses netralisasi. Tujuan dari pengeringan udara pada proses ini adalah untuk menghilangkan kandungan air pada udara dan apabila masih banyak air pada udara akan menyebabkan reaksi antara H_2O dengan SO_3 , serta mempengaruhi kualitas warna dan jumlah sodium dodekilbenzen sulfonat sedikit.

Reaksi yang terjadi:

1. Sulfonasi



Reaksi sulfonasi sendiri berlansung dalam reaktor gelembung dengan arah berlawanan antara gas dodekilbenzen dan gas SO_3 , di mana terbentuk Sodium Dodekilbenzen Sulfonat. Pada proses sulfonasi dengan gas SO_3 tidak membentuk air dan menghasilkan banyak kalor, biasanya reaksi sulfonasi bersifat eksotermik yaitu sekitar 170 kJ/mol, sehingga mudah menimbulkan reaksi samping, yaitu sulfonasi dan SO_3 secara berlebih maka polisulfonat terbentuk. Reaksi antara Dodekilbenzen dan gas SO_3 bersifat eksotermik pada suhu reaksi $50^\circ C$ dan tekanan 1,5 atm. konversi dalam reaksi ini adalah 96%. Proses sulfonasi dengan gas SO_3 memerlukan biaya produksi yang lebih mahal dibandingkan dengan reaksi sulfonasi H_2SO_4 98% dan oleum, serta produk yang dihasilkan cenderung berwarna lebih gelap.

c. Reaksi dengan Oleum 20%

Proses sulfonasi dengan reaksi oleum 20% berlangsung dalam reaktor batch berpengaduk dengan suhu reaksi $50^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Proses sulfonasi dengan oleum 20% memakan waktu 5 jam dan menghasilkan konversi 99% (Groggins,1958).

Oleum yang digunakan dalam reaksi ini adalah 20% oleum, perbandingan berat dodekilbenzen dengan 20% oleum adalah 1: 1,25 di mana dodekilbenzen dan 20% oleum dialirkan ke dalam reaktor dengan produk berupa asam dodekilbenzen sulfonat dan H_2SO_4 dengan sedikit air. (Peters and Timmerhaus,1991)

Reaksi yang terjadi:

1. Sulfonasi



Keunggulan dari proses tersebut adalah selain mudah dalam penanganannya, biaya produksinya relatif lebih murah jika dibandingkan dengan proses yang lainnya, produk yang dihasilkan berwarna cerah dan menghasilkan produk samping yang berupa H_2SO_4 yang dapat di pasarkan (Kirk and Othmer, 1983)

Tabel 6 Macam - Macam Proses Sulfonasi

No	Keterangan	Metode Sulfonasi		
1	Bahan	H_2SO_4	Oleum 20%	Gas SO_3
2	Reaktor	RATB	Batch	Gelembung
3	Temperatur	50°C	30-60°C	50°C
4	Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
5	Hasil samping	H_2O	H_2SO_4	-
6	Konver	97%	99%	96%
7	Fase	padat-cair	Cair-padat	Gas-padat

1.4.2 Pemilihan Proses

Dari uraian proses sulfonasi diatas, proses yang dipilih dalam pembuatan sodium dodekilbenzena sulfonat adalah proses sulfonasi antara dodekilbenzen dan oleum. Tujuan dan alasan pemilihan proses ini di dasarkan pada:

- Proses produksi lebih sederhana, dengan biaya produksi rendah dan menghasilkan produk samping berupa H_2SO_4 yang dapat dipasarkan.
- Proses penanganannya dan kondisi operasinya lebih mudah dicapai, yaitu pada suhu 50°C dan tekanan 1 atm.
- Bahan baku cukup tersedia serta konversi yang didapatkan cukup tinggi sekitar 99%

1.4.3 Kegunaan Produk

Sodium Dodekilbenzen Sulfonat merupakan surfaktan (surface active agent) yang memiliki ujung berbeda yaitu *hydrophile* (suka air) dan *hydrophobe* (suka lemak). Bahan aktif ini berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga mampu melepaskan kotoran yang menempel di permukaan bahan. Sodium Dodekilbenzen Sulfonat digunakan sebagai bahan baku deterjen. Selain itu, Sodium Dodekilbenzen Sulfonat juga digunakan dalam beberapa bidang, seperti pencucian peralatan industri, pencucian tekstil, sebagai bahan pengemulsi dan digunakan sebagai bahan *finishing* pada industri *pulp*. (Kirk Othmer,1983)

1.4.4 Sifat Fisis dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.4.1. Sifat Fisis dan Sifat Kimia Bahan Baku

a. Dodekilbenzen

Sifat fisis

- Ruma molekul : $C_{12}H_{25}C_6H_5$
- BM : 246 kg/kmol
- Tidak berwarna
- Berbentuk cair
- Titik didih : $275^{\circ}C$
- Densitas : 0,86 Kg/liter

Sifat kimia Dodekilbenzen

- Tidak larut dalam air
- Larut dalam lemak

b. Oleum 20%

Sifat Fisis

- Rumus Molekul : $H_2SO_4 \cdot SO_3$
- BM : 178,14 kg/kmol
- Berbentuk cair
- Titik leleh : $1^{\circ}C$
- Titik didih : $140^{\circ}C$
- Densitas : 1,916 kg/liter
- Vapour pressure : 1.1 mmHg

Sifat kimia oleum 20%

- Tidak mudah terbakar
- Larut dalam air
- Korosif

c. NaOH

Sifat fisis

- Rumus molekul : NaOH
- BM : 40kg/kmol
- Berbentuk cair
- Titik didih : 1,525 kg/liter
- Vapor pressure : 1,6mmHg

Sifat kimia NaOH

- Mengalami ionisasi sempurna dalam air
- Tidak mudah terbakar
- Larutan elektrolit kuat

1.4.4.2 Sifat Fisis dan Sifat Kimia Produk

a. Sodium Dodekilbenzen Sulfonat

- Rumus molekul : $C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$
- BM : 348 kg/kmol
- Berbentuk serbuk putih
- Titik didih : $212^{\circ}C$
- Densitas : 1,105 kg/liter

Sifat Kimia Sodium Dodekilbenzen Sulfonat

- Larut dalam air
- Terurai oleh mikroorganisme (biodegradable)

b. H_2SO_4

Sifat fisis H_2SO_4

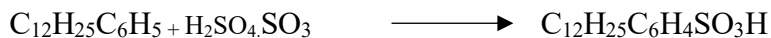
- Rumus molekul : H_2SO_4
- BM : 98 kg/kmol
- Berbentuk cair
- Titik leleh : $10^{\circ}C$
- Titik didih : $337^{\circ}C$

Sifat kimia H_2SO_4

- Mudah larut dalam air
- Korosif
- Merupakan asam kuat
- Mempunyai senyawa kovalen

1.5 Reaksi Dasar

Pembentukan asam dodekilbenzen sulfonat merupakan reaksi yang terjadi antara Dodekilbenzen dengan 20% Oleum (proses dodekilbenzen-oleum 20% dengan reaksi berikut:



Reaksi berlangsung pada suhu $50^{\circ}C$ dengan tekanan 1 atmosfer. Pemilihan kondisi operasi didasarkan pada kenyataan bahwa kondisi tersebut merupakan kondisi optimal untuk pembentukan asam dodekilbenzen sulfonat dari dodekilbenzen dan oleum 20%. Selama reaksi pembentukan asam dodekilbenzen sulfonat dari dodekilbenzen dan 20% oleum, diperoleh konversi 99% terhadap dodekilbenzen. Sehingga digunakan reaktor tipe Batch Berpengaduk yang dilengkapi dengan jaket pendingin.

1.6 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.6.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauna termodinamika dilakukan untuk mengetahui rekasi tersebut memerlukan panas atau melepaskan panas. Secara termodinamika rekasi pembentuk Dodekilbenzen Sulfonat dapat dilihat dari harga dan konstanta kesetimbangannya.

Reaksi Sulfonasi :



❖ Panas reaksi pada suhu standar (T=298K)

$$\Delta H^\circ_f \text{ C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5 = -178,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3 = -783,13 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na} = -819,27 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{SO}_4 = -735,13 \text{ kJ/mol}$$

❖ Panas rekasi standar (ΔH_r°)

$$\Delta H^\circ_f \text{ Reaksi} = \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta H^\circ_f = \{-1554,4\} - \{-961,83\}$$

$$= -592,57 \text{ kJ/mol}$$

Karena ΔH_r° bernilai negatif maka rekasi bersifat eksotermis.

ΔH pada suhu reaksi 50°C (323 K) adalah

$$dH = n \cdot C_p \cdot dT$$

$$\Delta H = n \int_{298 \text{ K}}^{323 \text{ K}} C_p \cdot dT$$

$$\Delta H = [\sum n \cdot C_p \text{ produk} - \sum n \cdot C_p \text{ reaktan}] dT$$

$$\Delta H = 197452,834 \text{ kJ/mol} - 200722,028 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H = -3269,194 \text{ kJ/mol}$$

❖ Konstanta kesetimbangan (K) pada keadaan standar

$$\Delta G_f^\circ = -RT \ln K$$

Dimana :

ΔG_f° : Energi Gibbs pada keadaan standar (T=298°K, P = 1atm), J/mol

ΔH_r° : Panas rekasi J/mol

K : Konstanta kesetimbangan

T : Suhu standar = 298K

R : Tetapan Gas Ideal = 8,314 J/mol.K

Pada suhu kamar diperoleh data sebagai berikut:

Komponen	ΔG_f_{298} (kJ/mol)
$\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5$	211,79
$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$	-626,214
$\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$	-133,26
H_2SO_4	-690,003

$$\begin{aligned} \Delta G_f_{298 \text{ K}} &= \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}} \\ &= (-832,263) - (-414,424) \end{aligned}$$

$$= -417,839 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln K_{298} = - \frac{\Delta G_f^0}{RT}$$

$$\ln K_{298} = \frac{408.839 \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{K} \times 298 \text{ K}}$$

$$\ln K_{298} = 165,016$$

$$K_{298} = 4,6295 \times 10^{71}$$

❖ konstanta kesetimbangan (K) pada $T = 50^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \left[\frac{-\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

Dengan :

- K_1 = Konstanta kesetimbangan pada 298 K
- K_2 = Konstanta kesetimbangan pada suhu operasi
- T_1 = Suhu standar ($25^\circ\text{C} = 298\text{K}$)
- T_2 = Suhu operasi ($50^\circ\text{C} = 323\text{K}$)
- R = Tetapan Gas Ideal = $8,34 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$
- ΔH = Panas reaksi standar pada 298 K

$$\ln \frac{K_{323}}{K_{298}} = \frac{-112000 \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{K}} \left(\frac{1}{323 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{K_{323}}{K_{298}} = 3,499$$

$$\frac{K_{323}}{K_{298}} = e^{3,499}$$

$$\frac{K_{323}}{4,63 \times 10^{71}} = 33,08$$

$$K_2 = 1,531 \times 10^{73}$$

Karena harga konstanta kesetimbangan relatif besar, maka reaksi berlangsung searah, yaitu ke kanan (irreversible)

1.6.2 Tinjauan kinetika

Reaksi pembentukan Asam Dodekilbenzen Sulfonat dari Dodekilbenzen dan Oleum 20% merupakan reaksi orde 2. Sehingga persamaan kecepatan reaksi sebagai berikut (Levenspiel, 1999):

$$-r_A = k C_A C_B$$

$$-r_A = k C_{A0} (1 - X_A) (C_{B0} - C_{A0} X_A) ; M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}}$$

Dimana :

(-ra) = kecepatan zat A (Dodekilbenzen)

k = konstanta kecepatan reaksi, $\text{lt/mol}\cdot\text{jam}$

C_A = konsentrasi Dodekilbenzen pada waktu t, mol/L

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

C_{A0} = konsentrasi Dodekilbenzen mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L

C_{B_0} = konsentrasi oleum 20% mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L

X_A = konversi terhadap Dodekilbenzen

$$-r_A = kC_{A_0} (1 - X_A) (MC_{A_0} - C_{A_0} X_A)$$

$$-r_A = kC_{A_0}^2 (1 - X_A)(MC_{A_0} - C_{A_0} X_A) \quad (i)$$

$$\tau = \frac{C_{A_0} X_A}{-r_A} \quad (\text{Levenspiel, 1999}) \quad (ii)$$

Persamaan (i) substitusi ke (ii) menjadi :

$$\tau = \frac{C_{A_0} X_A}{kC_{A_0}^2 (1 - X_A)(M - X_A)}$$

Berdasarkan beberapa sumber diperoleh data-data sebagai berikut:

Massa $C_{12}H_{25}C_6H_5$: $H_2SO_4 \cdot SO_3$ = 1: 1,25

Konversi (X_A) = 99%

waktuk tinggal (τ) = 5 jam