

PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM DODESIL BENZENA DARI DODESILBENZEN DAN SO₃ DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Monika Jelita Siregar^{1,*}, Boy Arief Fachri¹, Bektu Palupi¹, Dewi Sinta Wati¹, Ditta Kharisma Yolanda Putri¹, Moch. Yahya Armansah¹, Zuhriah Mumtazah¹

¹Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember

*Corresponding Author: siregarmonikajelita@gmail.com

Abstrak

Pabrik Natrium Dodesil Benzena Sulfonat dari Dodesilbenzen dan SO₃ dirancang dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun untuk memenuhi Natrium Dodesil Benzena Sulfonat dalam negeri yang sepenuhnya bergantung pada sektor impor. Bahan baku yang digunakan adalah Dodesilbenzen dan SO₃. Pabrik ini akan dibangun di Kawasan Industri Karakatau Steel (KIEC), kecamatan Citangkil, Kota Cilegon, Provinsi Banten, dengan waktu operasional 330 hari/tahun. Proses produksi terdiri dari proses penyiapan bahan baku dan pembentukan produk. Proses pembentukan produk diawali dengan reaksi pembentukan asam dodesilbenzen sulfonate dari dodesilbenzen dan SO₃ dengan perbandingan 1:1 dalam reaktor gelembung pada suhu 50°C dan tekanan 1,5 atm dengan kemurnian 99%. Terdapat produk recycle yang digunakan kembali dalam proses pembentukan asam dodesilbenzen sulfonate di dalam reaktor. Asam dodesilbenzen sulfonate selanjutnya akan mengalami proses netralisasi dalam reaktor CSTR pada kondisi operasi 50°C dan tekanan 1,5 atm sehingga diperoleh Natrium Dodesil Benzena Sulfonat. Unit pendukung proses terdiri dari unit penyedia air yang berasal dari KIEC (Kawasan Industri Krakatau Steel) yang menyediakan Water Treatment Plant (WTP), unit penyedia steam dari boiler, unit penyedia listrik dari PT. PLN dan generator, unit pengadaan bahan bakar berupa solar dan coal, serta unit pengolahan limbah. Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) dan mempekerjakan 190 orang karyawan yang terdiri dari karyawan shift dan non-shift. Berdasarkan evaluasi ekonomi, persentase Annual Cash Flow (ACF) sebesar 31%, Pay Out Time (POT) sebesar 3,4 tahun, dan persentase Break Event Point sebesar 44%. Berdasarkan parameter tersebut maka pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci: *Dodesilbenzene, SO₃, Natrium Dodesil Benzena Sulfonat.*

1. Pendahuluan

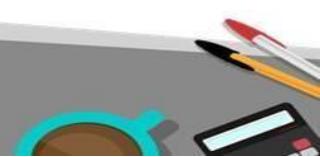
Indonesia merupakan negara berkembang yang kaya akan sumber daya alam dan sumber daya manusia. Saat ini, Indonesia sedang berkembang di berbagai bidang, termasuk industri. Pertumbuhan industri kimia mempunyai peranan penting di Indonesia. Dengan adanya industri kimia, diharapkan dapat membantu pertumbuhan ekonomi negara ini ke arah yang baik, mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, dan menarik lebih banyak tenaga kerja sehingga mengurangi pengangguran di Indonesia.

Contoh bahan kimia yang banyak terdapat di Indonesia dan di dunia adalah deterjen. Sodium dodesilbenzena sulfonat merupakan bahan baku produksi deterjen (surfaktan) dan deterjen lainnya. Surfaktan merupakan bahan aktif yang menurunkan tegangan permukaan bahan sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan. Saat ini, penggunaan deterjen semakin populer sehingga menyebabkan permintaan terhadap deterjen semakin meningkat.

Dengan meningkatnya penggunaan deterjen, timbul permasalahan pencemaran lingkungan, termasuk masalah saluran pembuangan rumah tangga.

Hal ini mendorong industri untuk memproduksi deterjen dengan tingkat polusi yang rendah. Penggunaan Natrium dodesil benzena sulfonat memenuhi persyaratan keamanan lingkungan terhadap risiko pencemaran lingkungan, karena Natrium dodesil benzena sulfonat merupakan Linear Alkil Benzena (LAB) yang mempunyai gugus alkil lurus (tidak bercabang) sehingga dapat terbiodegradasi oleh mikroorganisme. Pendirian pabrik Natrium dodesil benzena sulfonat diharapkan dapat mendorong pendirian pabrik baru yang mampu mengolah lebih lanjut Natrium dodesil benzena sulfonat menjadi deterjen ramah lingkungan yang tersedia secara komersial.

Salah satu proses penting dalam sistem produksi pabrik adalah perencanaan kapasitas produksi, yang berkaitan dengan kapasitas yang



diperlukan oleh suatu pabrik untuk memenuhi kebutuhan pasar akan suatu produk. Kapasitas produksi adalah jumlah unit maksimal yang dapat dihasilkan dengan menggunakan berbagai sumberdaya dalam jangka waktu tertentu. Diharapkan pabrik Natrium dodesil benzena sulfonat beroperasi pada tahun 2027. Beberapa pertimbangan yang dapat mempengaruhi kapasitas produksi pabrik Natrium dodesil benzena sulfonat sebagai berikut:

Table 1 Data Ekspor Natrium dodesil benzena sulfonat

Ekspor Natrium dodesil benzena sulfonat Indonesia	
Tahun	Jumlah (Ton)
2016	9.281
2017	9.986
2018	10.208
2019	11.346
2020	12.021

(Sumber: Kemenperin, 2024)

Table 2 Data Impor Natrium dodesil benzena sulfonat

Impor Natrium dodesil benzena sulfonat Indonesia	
Tahun	Jumlah (Ton)
2016	4.151
2017	4.686
2018	4.816
2019	5.489
2020	6.576

(Sumber: BPS, 2024)

Table 3 Data Konsumsi Natrium dodesil benzena sulfonat

Konsumsi Natrium dodesil benzena sulfonat Indonesia	
Tahun	Jumlah (Ton)
2016	2.247
2017	1.310
2018	3.882
2019	4.232
2020	7.258

(Sumber: Kemenperin, 2020)

Table 4 Data Produksi Natrium dodesil benzena sulfonat

Produksi Natrium dodesil benzena sulfonat Indonesia	
Tahun	Jumlah (Ton)
2016	19.997
2017	24.763
2018	31.170
2019	42.798
2020	50.188

(Sumber: BPS, 2023)

Adapun perhitungan kapasitas Natrium dodesil benzena sulfonat dirumuskan sebagai berikut:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (1.1)$$

Dengan keterangan m_1 = impor, m_2 = produksi, m_3 = kapasitas, m_4 = ekspor, m_5 = konsumsi.

Pertumbuhan rata-rata setiap tahun yang persamaan:

dihitung secara *discounted*, persamaan yang digunakan seperti yang terlihat pada

$$F = P(1 - i)^n \quad (1.2)$$

Dengan keterangan F = jumlah produk pada akhir tahun (ton), P = jumlah produk pada tahun pertama (ton), i = pertumbuhan rata-rata pertahun (%), n = selisih tahun yang diperhitungkan (-). Dihitung secara *discounted*, persamaan yang digunakan seperti yang terlihat pada

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \quad (1.3)$$

$$m_{2027} = m_{2020} \times (1 - i)^7 \quad (1.4)$$

$$m_{2027} = 50.189 \text{ ton/tahun}$$

$$m_{12027} = m_{12022} \times (1 - i)^7 \quad (1.5)$$

$$m_{12027} = 14.867 \text{ ton/tahun}$$

$$m_{52027} = m_{52022} \times (1 - (i/100)^7) \quad (1.6)$$

$$m_{52027} = 184.688 \text{ ton/tahun}$$

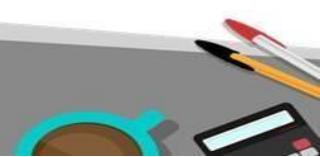
$$m_{42027} = m_{42022} \times (1 - (i/100)^7) \quad (1.7)$$

$$m_{42027} = 12.021 \text{ ton/tahun}$$

$$m_3 = (12.021 + 184.688) - (14.867 + 50.189) \quad (1.8)$$

$$m_3 = 131.654 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \quad (1.9)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, diperoleh kapasitas pabrik Natrium dodesil benzena sulfonat di Indonesia pada tahun 2027 sebesar 131.654 ton. Mengingat perkembangan industri Natrium dodesil benzena sulfonat yang cukup bagus maka diambil kebijaksanaan dengan direncanakan berkapasitas 38% dari total kapasitas pabrik Natrium dodesil benzena



sulfonat pada tahun 2027 yaitu sebesar 50.000 ton/tahun.

Terdapat beberapa proses pembuatan natrium dodesilbenzen yaitu:

2. Uraian Proses

Table 5 Perbandingan proses Pembuatan Natrium Dodesil Benzena Sulfonat

No	Parameter	Proses Pembuatan Natrium Dodesil Benzena Sulfonat		
		H_2SO_4	Oleum	SO_3
1	Suhu	0 - 50°C	38-60°C	50°C
2	Tekanan	1 atm	1 atm	1,5 atm
3	Reaktor	Reaktor berpengaduk	Reaktor berpengaduk	Reaktor Gelembung
4	Konversi	80%	96%	99%
5	Hasil samping	H_2O	H_2SO_4	-
6	Kelemahan	- Laju reaksi lambat	- Lebih Korosif	- Harga Reaktor lebih mahal
		- Menghasilkan banyak air	- Menghasilkan asam sulfat berlebih	
7	Kelebihan	- Menghasilkan banyak limbah	- Menghasilkan banyak limbah	- Laju reaksi cepat
		- Kondisi reaksi yang lebih lemah	- Lebih ekonomis	- Konversinya tinggi

Dari tiga proses sulfonasi yang telah dijelaskan, pabrik ini memilih untuk menggunakan proses sulfonasi antara dodesilbenzen dan SO_3 dalam pembuatan natrium dodesil benzene sulfonat. Pemilihan ini didasarkan pada beberapa alasan:

- Proses produksinya lebih sederhana
- Proses ini lebih mudah dalam penanganannya dan dapat dioperasikan pada kondisi operasi yang mudah dicapai, yaitu pada suhu 50°C
- Bahan bakunya cukup tersedia dan konversi yang cukup tinggi dapat dicapai, sekitar 99%
- Laju reaksi lebih cepat sehingga efisien
- dalam waktu dan tidak menghasilkan limbah yang merusak lingkungan.

Adapun uraian proses produksi Natrium dodekil benzena dengan bahan SO_3 dan Dodesilbenzen yaitu:

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam memproduksi Natrium Dodesil Benzena Sulfonat yaitu Dodesilbenzen dan SO_3 dalam fasa cair dan gas. Bahan baku harus disimpan dalam kondisi operasi yang sesuai.

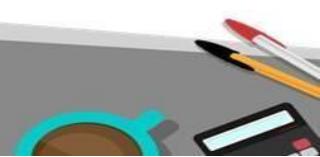
2. Proses Sulfonasi

Tahap pembuatan Natrium dodesil benzene sulfonat dimulai dari beberapa proses yaitu sulfonasi, netralisasi, mixing dan spray drying. Proses sulfonasi diawali dengan bahan Dodesilbenzena (fase cair suhu 30°C dan tekanan 1 atm) yang berada pada tangki penyimpanan (F-110) dipompa menuju heater (E-112) untuk dipanaskan hingga mencapai suhu 50°C. Sulfur trioksida (SO_3) fase cair suhu 30°C

dan tekanan 1 atm) yang berada pada tangka penyimpanan (F-120) dialirkan menuju heater (E-122) menggunakan kompresor (G-121) untuk dipanaskan hingga mencapai suhu 50°C kemudian dialirkan menuju reaktor bubble (R) (Sari et al., 2020). Dodesilbenzena dan sulfur trioksida (SO_3) yang dipanaskan dialirkan menuju reaktor (R-210) menggunakan kompresor (G-211) dengan perbandingan dodesilbenzen dan sulfur trioksida (SO_3) sebesar 1:1. Kondisi reaksi pada reaktor adalah pada suhu 50°C, tekanan 1,5 atm. Reaktor yang digunakan pada proses pembuatan sodium dodesilbenzena sulfonat adalah reaktor gelembung yang bekerja pada kondisi isothermal. Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah reaksi eksotermis dan tidak dapat balik (irreversible), sehingga suhu dalam reaksi harus dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping. Dalam menjaga suhu reaksi, maka reaktor (R-210) dilengkapi dengan koil pendingin. Produk yang keluar dari reaktor terdiri dari campuran asam dodesilbenzen sulfonat (Valencia et al., 2019).

3. Proses Pemisahan

Produk hasil sulfonasi dari reaktor (R-210) yaitu asam dodesil benzene dengan konversi 99% sehingga diperlukan pemisahan antara produk dan bahan baku yang tidak terkonversi (Vaughan, 1981). Bahan baku SO_3 yang tidak terkonversi akan di-recycle menggunakan expander (G-211) menuju heater (E-122). Bahan baku dodesilbenzena yang tidak terkonversi akan dipisahkan menggunakan dekanter (D-212). Pemilihan alat pemisah menggunakan dekanter dikarenakan dekanter memisahkan *liquid-liquid* dengan prinsip selisih densitas dan kelarutan yang



rendah. Pemilihan ini disesuaikan dengan densitas dodesilbenzene yaitu 0,77 gr/mL dan densitas asam dodesil benzene yaitu 0,98 gr/mL dengan selisih densitas yang rendah (Saputro et al., 2021).

4. Proses Netralisasi

Asam dodesil benzene yang telah dipisahkan akan di netralisasi. Proses netralisasi dilakukan dengan mencampurkan larutan alkali, seperti Natrium Hidroksida (NaOH), untuk membentuk garam-garam SDBS yang memiliki sifat lebih netral (Panchmia, 1970). Asam dodesilbenzen sulfonat dinetralkan dengan menggunakan larutan NaOH 48% dari tangki (F-130) dalam reaktor berpengaduk (R-220). Proses reaksi ini terjadi pada suhu 50 °C. Hasil dari reaktor berpengaduk (R-220) berupa Natrium dodesil benzene sulfonat yang masih mengandung air (Salsabila et al., 2001)

5. Proses Pemekatan produk dan pengepakan

Natrium dodesil benzene sulfonat yang masih mengandung air yang berasal dari netralisasi pada reaktor berpengaduk (R-220) kemudian dialirkan ke *spray dryer* (D-310) dengan tujuan mengeringkan produk. Pada perangkat *spray dryer* (D-310), produk dipanaskan menggunakan udara panas dengan suhu 180°C untuk menguapkan kandungan air dalam produk (Santos et al., 2018). Selanjutnya, produk yang keluar dari *spray dryer* (D-310) melewati *cooler conveyor* (E-311) terlebih dahulu untuk menurunkan suhu produk dari 180 °C menjadi 30°C. Setelah itu, produk dialirkan menggunakan elevator (J-314) untuk dimasukkan ke dalam tangki

Penyimpanan yang dilengkapi dengan silo (F-410). Natrium dodesil benzene sulfonat dari silo akan di kemas dan sisa buangan dari *spray drayer* akan menuju *cyclone* (H-312) yang bertujuan untuk menyaring udara yang masih mengandung sodium dodesil benzene sulfonat untuk di kembalikan ke *spraydrayer* (D-310). Udara hasil penyaringan dari *cyclone* (H-312) akan masuk ke *scrubber* (D-312) untuk menyaring gas buangan bebas dari polusi (Etnanta, 2015).

3. Neraca Massa dan Neraca Energi

Pabrik Natrium dodesil benzene sulfonat dari SO₃ dan Dodesilbenzene dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Berdasarkan perhitungan neraca massa, maka dibutuhkan bahan baku Dodesilbenzene sebesar 4462,95 kg/jam dan SO₃

sebesar 1451,37 kg/jam. Pabrik beroperasi 24 jam per hari dan 330 hari per tahun.

4. Utilitas

Utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat diperlukan dalam jalannya proses industri kimia. Utilitas sebagai penunjang kelancaran dalam proses produksi agar dapat beroperasi secara efektif

dan efisien. Utilitas pada pabrik Natrium dodesil benzene sulfonat dengan kapasitas 50.000 ton/tahun terdiri dari (Kusnarjo,2010):

1. Unit pengadaan dan pengolahan air
2. Unit pengadaan *steam*
3. Unit pengadaan tenaga listrik
4. Unit pengadaan bahan bakar

Kebutuhan air pada pabrik Natrium dodesil benzene sulfonat sebagai air umpan boiler, air pendingin dan air sanitasi didapatkan dari Kawasan Industri *Krakatau Steel*. Kebutuhan air umpan boiler (*boiler feed water*) sebesar 194,591 kg/jam, air pendingin (*cooling water*) sebesar 995,135 kg/jam dan air sanitasi sebesar 1862,35 kg/jam. *Steam* digunakan sebagai media penukar panas pada *heater*. Pembangkit *steam* berasal dari boiler dengan bahan bakar berupa solar. Sumber energi listrik berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Generator. Apabila terjadi gangguan dan pemadaman maka digunakan generator sebagai cadangan energi listrik dengan bahan bakar *coal*. Listrik pada pabrik Natrium dodesil benzene sulfonate digunakan untuk mengoperasikan peralatan produksi, komponen instrumentasi, utilitas, serta fasilitas lainnya, dengan kebutuhan listrik sebesar 62,355 kW/jam. Bahan bakar yang digunakan pada pabrik Natrium dodesil benzene sulfonat adalah solar yang merupakan bahan bakar boiler untuk pengadaan *steam* dan diesel fuel yang merupakan bahan bakar genset diesel sebagai kebutuhan listrik sekunder, dengan kebutuhan bahan bakar solar sebesar 92,61 liter/jam dan *coal* sebesar 465,819 kg/jam.

5. Evaluasi

Ekonomi suatu pabrik dikatakan layak berdiri dapat ditinjau dari evaluasi ekonomi. Hal ini dipakai sebagai acuan untuk menghitung seberapa besar keuntungan yang diperoleh dari kapasitas produksi tertentu, dengan hasil evaluasi sebagai mana dipaparkan pada Tabel 8.



Tabel 8. Kesimpulan Evaluasi Ekonomi

No	Parameter	Hasil Perhitungan	Syarat Kelayakan	Kesimpulan
1	Annual Cash Flow (ACF)	31%	> 6,25%	Layak
2	Pay Out Time (POT)	3,5 Tahun	< 10 Tahun	Layak
3	Rate of Return (ROR)	21,36%	> 6,25%	Layak
4	Break Even Poin (BEP)	45%	40% - 50%	Layak

6. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam bab 5 sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut;

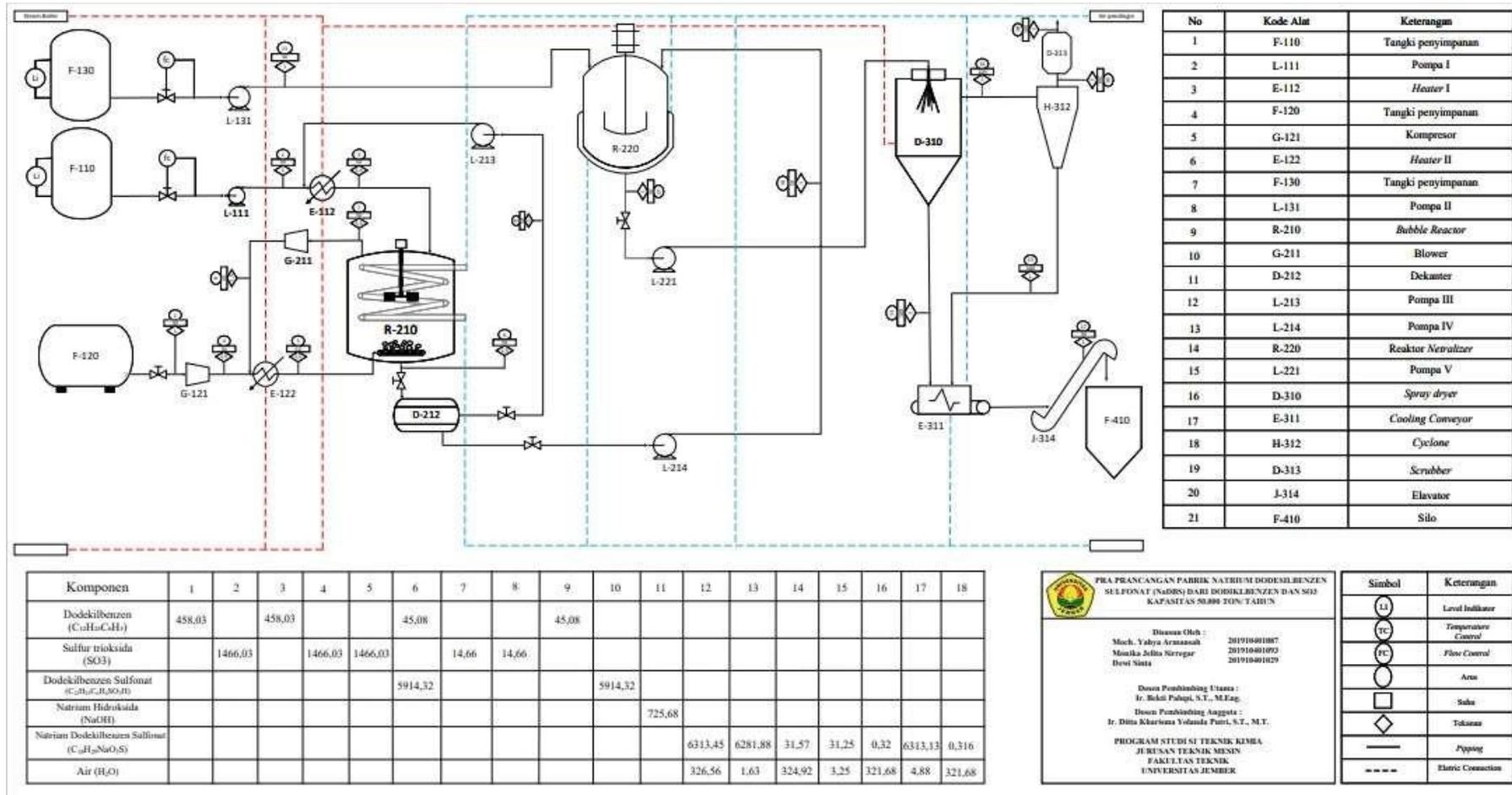
- Pabrik Natrium Dodesil Benzena Sulfonat didirikan didaerah kecamatan Citangkil, Kelurahan Citangkil, Kota Cilegon, Provinsi Banten, Indonesia.
- Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari dalam satu tahun dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun
- Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan total karyawan sebanyak 190 orang.
- Evaluasi ekonomi didapatkan sebagai berikut:
 - Pay out time (POT) = 3,4 tahun
 - Laba bersih = Rp172.527.717.965
 - Tingkat pengembalian (ROT) = 22,24%
 - Titik impas (BEP) = 44%

Menurut Evaluasi ekonomi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pabrik Natrium Dodesil Benzena Sulfonat dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun layak didirikan.

Daftar Pustaka

- Acrivios, J. (1988). Physical chemistry, third edition (Levine, Ira N.). *Journal of Chemical Education*, 65(12), A335. <https://doi.org/10.1021/ed065pa335.3>
- Alan S, F., Leonad A, W., Curtis W, C., Louis, M., & Andersen, B. L. (1960). *Principles of Unit Operations*. John Wiley & Sons.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Data Angkatan Kerja Tahun 2023 menurut Pendidikan Tertinggi yang ditamatkandi Banten 2023. Banten: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Data Produksi Natrium dodesil benzena sulfonat di Indonesia 2023. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2024). Data Angkatan Kerja Banten. Banten: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2024). Data Impor Natrium dodesil benzena sulfonate di Indonesia 2024. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bährle-Rapp, M. (2007). Sodium Dodecylbenzenesulfonate. Springer Lexikon Kosmetik Und Körperpflege, 1907, 510–510 Banten (2023).
- Surat Keputusan (SK) Gubernur Banten Nomor 561/Kep.318-Huk/2023 tentang Penetapan UMR Kota Cilegon*. Serang: Pemerintah Provinsi Banten.
- Company, C. C., Arbor, A., & Reproduction, T. T. (2014). SAFETY DATA SHEET MDV 3100 Section 1. Identification of the Substance/ Mixture and of the Company/ Undertaking Section 2. Hazards Identification SAFETY DATA SHEET. 1, 1–9.
- D Q, K. (1965). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill.
- Eugene F. Megyesy. (2001). *Pressure Vessel Handbook* (Twelfth Ed). Pressure Vessel Publishing.
- Salsabila, P., & Risnayanti, T. (2001). Prarancangan Pabrik Sodium Linear AlkylBenzena Sulfonate Dari Linear AlkylBenzena Dan Caustic Soda Dengan Proses Sulfonasi Oleum 20 % Kapasitas. 5(1), 58–64.
- Santos, D., Maurício, A. C., Sencadas, V., Santos, J. D., Fernandes, M. H., & Gomes, P. S. (2018). Spray Drying: An Overview. *Biomaterials-Physics and Chemistry - New Edition*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72247>
- Saputro, E. A., Simamora, T. A., Rizaldi, A., & Sunarti, A. Y. (2021). Analisa Teknis dan Ekonomis pada Desain Alat Decanter pada Pabrik Biodiesel. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, 5(2), 130–136. <https://doi.org/10.31289/jime.v5i2.5163>
- Sari, D., & Syaidah, N. (2020). PrarancanganPabrik Amonium Sulfat Dari Asam Sulfat Dan Amonia Dengan Proses Netralisasi Kapasitas 800.000 Ton/Tahun. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 3(2), 6–11.
- Smart-Lab. (2019). Lembar Data Keselamatan Bahan Sodium Hidroksida. Material Safety Data Sheet, 1907, 1–10.
- Smith, J. (2022). Business Trends in Indonesia: Perusahaan yang menjadi bangsa pasar

- penjualan Natrium dodesil benzena sulfonat. *Indonesian Business Trend*, 5(2), 45-58.
- Sojka, V., & Ryttnauer, E. (1973). Sulfur trioxide plant. *Tech Chem, No.51(7)*, 8–10.
- Solichin, S., Faridah, F. and Azuwandri, A. (2024) 'Analisis Rancangan Struktur Organisasi Pada peran divisi human capital Dalam Meningkatkan produktifitas Perusahaan pt.metropolitan multi Sarana Tbk, Prioritas Bengkulu', *Jurnal STIA Bengkulu: Committee to Administration for Education Quality*, 10(1), pp. 75–84. doi:10.56135/jsb.v10i1.156.
- Acrivios, J. (1988). Physical chemistry, third edition (Levine, Ira N.). *Journal of Chemical Education*, 65(12), A335.
- Stanley M, W. (1990). Chemical Process Equipment. In *Universitas Nusantara PGRI Kediri* (1990th ed., Vol. 01). Butterworth-Heinemann.
- Terry M, T. (2004). Thermal Conductivity. In *Universitas Nusantara PGRI Kediri* (Vol. 01).
- Towler, G., Sinnott, R., & Ronald E, W. (n.d.). *Chemical Engineering Design. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design* (Fifth Edit). Elsevier B.V.
- Ulrich Gael D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*.
- Vaughan. (1981). United States Patent (4308215). 19.
- Viera Valencia, L. F., & Garcia Giraldo, D. (2019). In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 2).
- Willia D, B. (1977). *Preliminary chemical engineering plant design*. [https://doi.org/10.1016/0300-9467\(77\)85021-1](https://doi.org/10.1016/0300-9467(77)85021-1)
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill



Gambar 1. PFD Natrium Dodesil Benzena Sulfonat