JOICHE

Journal of Industrial Process and Chemical Engineering

Jurnal homepage : ejurnal.itats.ac.id/JOICHE

PABRIK SODIUM SULFAT DEKAHIDRAT DARI SODIUM CHLORIDE DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES MANNHEIM

Jaya Hadi Mulya[1], Fitria Dwi Boediarti[2], dan Dian Yanuarita Purwaningsih[3]

[1,2,3]Magister Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arif Rahman Hakim No. 100 Surabaya, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:
6 – 11

Tanggal penyerahan:
5 Mei 2025

Tanggal diterima:
1 Desember 2025

Tanggal terbit:
3 Desember 2025

EMAIL

[1*]jayamulyahadi@gmail.com

[2]fitriadwib22347@gmail.com

1* **corresponding author**

ABSTRACT

At the end of 2019, the COVID-19 pandemic hit the world, which had several effects on various sectors, one of which made several industrial sectors suffer heavy losses and even bankruptcy. The industrial sector needs household goods, such as soap and detergent, among the most needed items during the Covid-19 pandemic. To produce these hygiene items, the industrial sector requires various raw materials, one of which is Sodium sulfate (Na2SO4). Sodium sulfate is processed using the Mannheim process through reaction, crystallization, and drying stages. The designer plans to build a plant with a capacity of 20,000 tons/year in the industrial area of Lamongan, East Java. The raw materials used consist of sulfuric acid and sodium chloride. The utility unit consists of a water supply unit, steam supply unit, power generation unit, fuel supply unit, and cooling supply unit. The company's business entity is a Limited Liability Company (PT) using a line and staff organizational structure with 150 employees. The employee work system is based on the division of working hours consisting of shift and non-shift employees. The researchers produced several results of economicanalysis: Fixed Capital Investment (FCI) value of Rp. 195,180,724,917, Working Capital Investment (WCI) value of Rp. 34,443,657,338, Total Cost Investment (TCI) value of Rp. 229,624,382. 255, then the Total Product Cost (TPC) value is Rp. 441,103,560,855, and the Total Sale (TS) value is Rp. 522,048,972,696, Internal Rate of Return (IRR) of 35.98%, Pay Out Time (POT) for 3.15 years, and Break-Even Point (BEP) value of 36.40%. Based on the above evaluation results, the Sodium sulfate decahydrate plant from Sulfuric acid and Sodium chloride by Mannheim process is feasible..

Keywords: *Sodium sulfat, Sulfuric acid, Sodium chloride, Mannheim process.*

ABSTRAK

Pada akhir tahun 2019, dunia dilanda pandemi Covid 19 yang salah satu efeknya membuat beberapa sektor industri mengalami kerugian besar bahkan sampai mengalami kebangkrutan. Sektor industri di bagian konsumsi barang-barang kebutuhan rumah tangga seperti sabun dan detergen menjadi salah satu barang yang paling dibutuhkan selama pandemi Covid 19. Untuk memproduksi barang-barang kebersihan tersebut, dibutuhkan bahan baku yang salah satunya yaitu Sodium sulfat (Na_2SO_4). Sodium sulfat diproses dengan menggunakan proses Mannheim melalui tahap reaksi, kristalisasi, dan pengeringan. Pabrik berkapasitas 20.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di kawasan industri Lamongan, Jawa Timur. Bahan baku yang digunakan terdiri dari Asam sulfat dan Sodium klorida. Unit utilitas terdiri dari unit suplai air, unit suplai uap, unit pembangkit listrik, unit suplai bahan bakar, dan unit suplai pendingin. Bentuk badan usaha adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan menggunakan struktur organisasi garis dan staf dengan jumlah pekerja sebanyak 150 orang. Sistem kerja pegawai didasarkan pada pembagian jam kerja yang terdiri dari pegawai shift dan non shift. Hasil analisis ekonomi diperoleh nilai Fixed Capital Investment (FCI) sebesar Rp. 195.180.724.917, nilai Working Capital Investment (WCI) sebesar Rp. 34.443.657.338, nilai Total Cost Investment (TCI) sebesar Rp. 229.624.382.255, maka nilai Total Product Cost (TPC) adalah sebesar Rp. 441.103.560.855, dan nilai

Total Sale (TS) Rp. 522.048.972.696, Internal Rate of Return (IRR) 35,98%, Pay Out Time (POT) selama 3,15 tahun, dan nilai Break Even Point (BEP) sebesar 36,40%. Berdasarkan hasil evaluasi di atas, pabrik Sodium sulfat dekahidrat dari Asam sulfat dan Sodium klorida dengan proses Mannheim layak didirikan.

Kata kunci: *Sodium sulfat, Asam sulfat, Sodium klorida, Proses mannheim.*

PENDAHULUAN

Pembangunan sektor industri yang dilakukan pemerintah indonesia dapat menjadi dongkrak untuk meningkatkan perekonomian negara. Hal ini perlu untuk dilakukan agar Indonesia dapat mencapai kemandirian perekonomian nasional. Pertumbuhan sektor industry pengolahan di triwulan IV 2023 mencapai 4,64 % dengan pertumbuhan ekonomi nasional mencapai 5,04%[1]. Penentuan kapasitas produksi tentunya harus lebih besar dari kapasitas minimum atau paling tidak sama dengan kapasitas minimum suatu pabrik yang sudah berjalan saat ini. Pabrik sodium sulfat ini direncanakan akan didirikan pada tahun 2029 dengan produksi secara kontinyu. Pada pabrik ini menggunakan bahan baku natrium klorida (NaCl) dan asam sulfat (H_2SO_4). Bahan baku natrium klorida (NaCl) diproduksi oleh PT. Garam (Persero) sekitar 350.000 ton/tahun, sedangkan bahan baku asam sulfat (H_2SO_4) diproduksi oleh PT Petrokimia Gresik, Jawa Timur sekitar 1.170.000 ton/tahun. Sodium sulfat memiliki berbagai aplikasi dalam industri, terutama dalam sektor kertas, deterjen, kaca, tekstil, dan kimia. Dalam industri kertas (pulp kraft), sodium sulfat mengalami reduksi menjadi natrium sulfida (Na_2S), yang berperan dalam melarutkan lignin selama proses pemisahan serat selulosa. Dalam industri deterjen, sodium sulfat digunakan sebagai pengisi (filler) untuk mencegah terbentuknya gel selama proses *spray drying*, sehingga meningkatkan kualitas bubuk deterjen.

Di industri kaca, sodium sulfat berfungsi sebagai agen penyaring gelembung udara dalam lelehan kaca, sehingga meningkatkan kejernihan dan menghasilkan porositas yang diinginkan. Dalam industri tekstil, senyawa ini membantu meningkatkan daya serap zat warna pada serat kain, sehingga proses pewarnaan lebih merata dan efisien. Selain itu, sodium sulfat juga digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan soda alum, natrium silikat, dan keramik, yang memiliki berbagai kegunaan dalam industri kimia dan manufaktur

TINJAUAN PUSTAKA

Pabrik sodium sulfat dekahidrat ini akan direncanakan didirikan pada tahun 2029 dengan kapasitas produksi 20000 ton/tahun dengan produksi secara kontinyu selama 1 tahun dengan 300 hari kerja. Dalam menentukan kapasitas produksi suatu pabrik dibutuhkan data berupa impor, ekspor, produksi, dan konsumsi di Indonesia.

Tabel 1 Data Pertumbuhan Impor Sodium Sulfat Dekahidrat di Indonesia[2]

Tahun	Total Import (ton/tahun)	Laju Pertumbuhan (%)
2016	86.891,49	0
2017	104.695,18	20
2018	124.819,24	19
2019	126.446,57	1
2020	128.659,12	2
2021	132.397,69	3
2022	138.495,773	5
Rata-Rata Pertumbuhan		8,4

Berdasarkan data statistik, impor bahan sodium sulfat dapat dilihat pada **Tabel 1** dengan laju pertumbuhan impor rata-rata (i) yang diperoleh yaitu 8,4%. Perkiraan kebutuhan impor sodium sulfat pada tahun 2029, dapat dihitung dengan cara *discounted*:

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

Keterangan:
F = jumlah pada tahun 2029 (ton/tahun)
P = jumlah pada tahun 2022 (ton/tahun)
i = rata-rata laju pertumbuhan per tahun (%)
n = selisih tahun (2029-2022)

Berdasarkan perhitungan metode *discounted* tersebut diperoleh jumlah impor sodium sulfat pada tahun 2029 sebesar 512068,521 ton/tahun. Sehingga dari data tersebut dapat diketahui kapasitas produksi pabrik Sodium Sulfat dengan persamaan berikut:

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

Dimana :
M_1 = Jumlah impor (Ton)
M_2 = Jumlah produksi dalam negeri (Ton)
M_3 = Kapasitas Produksi (Ton)
M_4 = Jumlah ekspor (Ton)
M_5 = jumlah konsumsi dalam negeri (Ton)
Untuk pembuatan sodium sulfat dekahidrat terdapat beberapa macam proses yang umumnya saat ini digunakan, yaitu proses Hargreaves - Robinson dan Proses Mannheim. Seleksi proses yang digunakan dalam memilih proses pembuatan natrium sulfat meliputi aspek ekonomis dan teknis.

A. Proses Mannheim

Proses Mannheim digunakan untuk memperoleh natrium sulfat diperoleh melalui reaksi antara garam natrium klorida (NaCl) dengan asam sulfat (H_2SO_4). Garam dan asam sulfat direaksikan pada temperatur mendekati suhu peleburannya (800°C). Reaksi ini berlangsung di dalam reaktor *furnace* yang terbuat dari batu *brick* yang tahan pada suhu tinggi dan korosi. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:

$$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4\,(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4\,(s)} + 2HCl_{(aq)}$$ [6]

Gas asam klorida yang yang dihasilkan lalu didinginkan dan dikondensasikan, kemudian masuk ke dalam kolom absorber. *Salt cake* (*crude* natrium sulfat) dikeluarkan secara kontinyu dari *furnace*. Apabila didinginkan garam glubber, maka *salt cake* dilarutkan dalam air panas untuk membentuk larutan 35%. Abu soda atau kapur ditambahkan untuk pengendapan besi dan alumina. Endapan dibiarkan mengendap dan larutan yang bersih dari endapan (bagian atas) dipompakan ke dalam *crystallizer.* Setelah kristalisasi, garam glubber disimpan dalam tangki tertutup untuk mencegah penguapan. *Mother liquor* dikembalikan pada tangki[4].

B. Proses Hargreaves-Robinson

Proses ini hanya dilakukan di Amerika serikat. Pada proses ini sulfur oksida, udara dan *steam* dilewatkan pada butiran garam. Yield dari proses ini berkisar antara 93% – 98 % [4]. Persamaan reaksi yang terjadi adalah:

$$2NaCl_{(s)} + SO_{2\,(g)} + 1/2\ O_{2\,(g)} \rightarrow Na_2SO_{4\,(s)} + 2HCl_{(aq)}$$

METODE

Proses Pembuatan Sodium Sulfat Dekahidrat

Metode yang digunakan pada pembuatan sodium sulfat dekahidrat yaitu proses mannheim karena memiliki kontrol proses yang lebih mudah dan bahan baku yang relatif lebih murah. Berikut uraian proses mannheim:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku
   Bahan baku NaCl dengan yang berbentuk kristal dengan komposisi campuran (NaCl, $CaCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, H_2O dan *impurities*) diangkut dari tangki penyimpanan NaCl menggunakan *belt conveyor* menuju ke Bin NaCl untuk mengecilkan ukuran kristal NaCl agar mempermudah terjadinya reaksi dalam furnace, kemudian NaCl diumpankan kedalam furnace.
2. Tahap Reaksi
   Didalam furnace kemudian dua bahan baku utama yaitu NaCl dan H_2SO_4 dipanaskan secara bertahap hingga mencapai suhu 800 ºC dengan tekanan 1 atm. Reaksi terjadi dalam fase *solid-liquid* dengan konversi total 98% dengan H_2SO_4 sebagai *limiting reactant* karena H_2SO_4 akan memiliki titik didih 340 ºC sehingga H_2SO_4 akan terdekomposisi, berikut adalah reaksi pembentukan sodium sulfat dan dekomposisi H_2SO_4:

$$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4\,(aq)} \rightarrow Na_2SO_4\,(s) + 2HCl_{(aq)} \quad (1)$$

$$H_2SO_{4(aq)} \rightarrow SO_3\,(s) + H_2O_{(g)} \quad (2)$$

3. Tahap Pengendapan *Impurities* dan *Slurry*
   Hasil *furnace* yaitu *slurry* Na_2SO_4 dan campuran garam ($CaSO_4$, $MgSO_4$, $CaCl_2$, dan *impurities*) yang keluar dari *furnace* kemudian dialirkan menuju reaktor dengan menggunakan *screw cooler* Di dalam *screw cooler slurry* Na_2SO_4 dan campuran garam dikontakkan dengan udara secara langsung untuk menurunkan temperaturnya. Selanjutnya dialirkan menuju reaktor. Setelah itu, *Slurry* Na_2SO_4 dan campuran garam direaksikan dengan Na_2CO_3 dan $Ca(OH)_2$ untuk mengikat campuran garam dengan penambahan H_2O sebagai pelarut di dalam Reaktor pencampur dengan reaksi sebagai berikut.

$$CaSO_{4\,(s)} + Na_2CO_{3\,(aq)} \rightarrow CaCO_{3(s)}\downarrow + Na_2SO_{4\,(aq)} \quad (3)$$

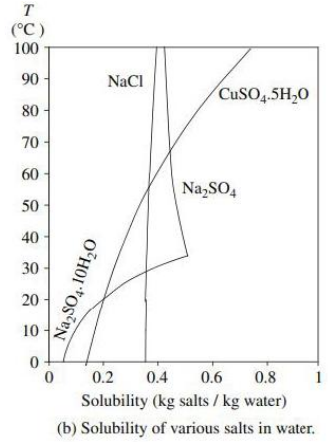
$$MgSO_{4\,(s)} + Ca(OH)_{2\,(aq)} + Na_2CO_{3\,(aq)} \rightarrow Mg(OH)_{2\,(s)}\downarrow + CaCO_{3\,(s)}\downarrow + Na_2SO_{4\,(aq)} \quad (4)$$

$$CaCl_{2\,(aq)} + Na_2CO_{3\,(aq)} \rightarrow CaCO_{3\,(s)}\downarrow + NaCl_{\,(aq)} \quad (5)$$

4. Tahap Kristalisasi
   Slurry yang diendapkan didalam reactor kemudian dipisahkan antara slurry dan filtratnya menggunakan filter press kemudian filtrat akan dialirkan menuju ke *crystallizer* untuk kemudian dikristalisasi dengan reaksi sebagai berikut :

$$Na_2SO_{4\,(l)} + 10H_2O_{(l)} \rightarrow Na_2SO_4.10\,H_2O_{(s)} \quad (6)$$

   Kristal $Na_2SO_4.10\,H_2O$ dapat dibentuk dengan jalan kristalisasi larutan dengan menurunkan suhunya sampai suhu kristalisasinya (20ºC) dengan kelarutan 19 gram /100ml H_2O dalam *crystallizer* dengan media pendingin yaitu *cooling water*, sedangkan *mother liquor* di*recycle* kembali ke tangki pencampur. Kurva pembentukan inti kristal $Na_2SO_4.10\,H_2O$ dapat dilihat di **gambar 1**[5].



(b) Solubility of various salts in water.

Gambar 1. Kurva Pembentukan Inti Kristal[5]

5. Tahap Pengeringan Produk

Kristal $Na_2SO_4.10\ H_2O$ keluaran crystallizer selanjutnya dipindahkan ke *rotary dryer.* Suhu operasi *rotary dryer* adalah 65 ºC dengan udara sebagai media pemanasnya. Udara yang telah digunakan untuk proses pengeringan kristal kemudian dialirkan menuju *cyclone* untuk memisahlan padatan yang terikut sebelum akhirnya dibuang ke atmosfer. Kristal $Na_2SO_4.10\ H_2O$ yang tertangkap oleh *cyclone* kemudian dialirkan menuju *screen* dan akan bertemu dengan produk keluaran dari *rotary dryer. Screen* ini memiliki spesifikasi ayakan berukuran 200 *mesh* dimana, kristal yang tidak sesuai ukurannya akan diseragamkan dengan menggunakan ball mill. Kristal akan disaring kembali dengan menggunakan *screen* dan diteruskan ke bin *storage* untuk penyimpanan produk $Na_2SO_4.10\ H_2O$.

Analisa Ekonomi

Pada sebuah pabrik yang akan didirikan penting untuk dilakukan analisa ekonomi sebagai evaluasi apakah pabrik yang akan didirikan layak atau tidak. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam analisa ekonomi antara lain:

1. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return*, IRR)
   Internal rate of return berdasarkan *discounted cash flow* adalah suatu tingkat bunga tertentu dimana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah modal yang dikeluarkan. Cara yang dilakukan adalah dengan trial i (laju bunga) *actual cash flow.*

2. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*, POT)
   Pay Out Time adalah waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal.

3. Titik Impas (*Break Even Point*, BEP)
   Titik impas adalah titik dimana nilai *total production cost* (TPC) sama dengan *total sale* (S).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Neraca Massa

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa pada pabrik sodium sulfat dekahidrat ini dibutuhkan bahan baku antara lain sodium chloride 2534,17 kg/jam dan asam sulfat 2027,33 kg/jam sehingga menghasilkan produk jadi berupa sodium sulfat dekahidrat sebesar 2777,78 kg/jam dan produk samping HCl sebesar 4470,32 kg/jam.

Perhitungan Utilitas

Utilitas merupakan unit operasi yang ada pada suatu pabrik yang menunjang proses produksi pabrik bagi unit-unit yang lainnya untuk menjalankan suatu proses pabrik dari tahap awal sampai produk akhir produksi sodium sulfat dekahidrat. Agar kelangsungan produksi sodium sulfat dekahidrat tetap stabil, diperlukan penyediaan sarana utilitas yang baik dan sesuai dengan keperluan proses baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Berikut merupakan sarana utilitas pokok yang dimaksud yaitu meliputi:

1. Unit Penyediaan Air
2. Unit Penyediaan *steam*
3. Unit Penyediaan listrik
4. Unit Penyediaan bahan bakar

Untuk kebutuhan air utilitas pada pabrik ini terdiri dari 4 macam yaitu:

Tabel 2 Kebutuhan air yang harus disuplai

No	Keperluan	m^3/hari
1.	Air Sanitasi	40,608
2.	Air Proses	224,871
3.	Air Pendingin	74,796
4.	Air Umpan Boiler	143,481
Total Kebutuhan Air		483,756

Kebutuhan utilitas lain pabrik ini yaitu steam sebesar 5978,39 kg/jam, kebutuhan listrik 198 kWh, serta kebutuhan bahan bakar sebanyak 23,91 L/hari.

Analisa Ekonomi

Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi, didapatkan laju pengembalian modal (IRR) pabrik ini sebesar 35,98%, pada tingkat suku bunga 6% per tahun, dengan laju inflasi 1,55% per tahun[3]. Sedangkan untuk waktu pengembalian modal (POT) adalah 3,15 tahun. Untuk memproduksi sodium sulfat dekahidrat 20.000 ton/tahun dibutuhkan biaya investasi total (TCI) sebesar Rp. 229.624.382.255, biaya produksi (TPC) sebesar Rp. 441.103..560.855, dan total penjualan (S) sebesar Rp. 552.048.972.696 dan didapatkan titik impas sebesar 36,40%.

KESIMPULAN

Keberhasilan suatu pabrik dapat dinilai dari berbagai aspek, seperti metode pengolahan, efisiensi proses, penerapan teknik industri, sistem manajemen, serta kelancaran distribusi produk. Dalam pabrik sodium sulfat dekahidrat yang menggunakan natrium klorida dan asam sulfat dengan proses Mannheim ini, lokasi yang dipilih adalah Lamongan, Jawa Timur, dengan sistem operasi kontinu selama 24 jam per hari. Pabrik ini dinilai layak untuk dikembangkan ke tahap perencanaan karena mampu memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri dan menunjukkan kelayakan ekonomi. Hal ini dibuktikan dengan nilai internal rate of return (IRR) sebesar 35,98% pada tingkat suku bunga 6% per tahun serta laju inflasi 1,55% per tahun. Selain itu, analisis titik impas (BEP) sebesar 36,40% menunjukkan bahwa pada level produksi tersebut, pabrik berada dalam kondisi tidak mengalami keuntungan maupun kerugian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik. 2024. *Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan IV-2023*. http://bps.go.id
[2] Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor-Impor*. http://bps.go.id
[3] Bank Indonesia. 2024. www.bi.go.id.
[4] Faith, Keyes. 1975. *Industrial Chemical, 4th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
[5] Smith, Robin. 2001. *Chemical Process Design and Integration*. Manchester: John Wiley & Sons, Ltd.
[6] Ullman. 2012. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry: Sodium Sulfate*. 10.1002/14356007.a24_355