

Studi Pendirian Pabrik Natrium Sulfat dengan Proses Mannheim

Nita Rahayu Dewi R.S.¹, Yanuar Ananda Putri R.¹, Hikmatun Ni'mah^{1*}, dan Achmad Roesyadi¹

Abstrak—Natrium sulfat (Na_2SO_4) merupakan garam berwujud padatan atau kristal berwarna putih atau tidak berwarna. Natrium sulfat terdapat dalam bentuk hidrat (berikatan dengan H_2O), yaitu garam dekahidrat dan di alam berbentuk natrium sulfat anhidrat berupa mineral thenardite dan mirabilite. Sumber utama pembuatan natrium sulfat ada dua macam, yaitu secara alami (dari *natural source*) dan secara sintetik dari industri kimia. Penggunaan natrium sulfat di lingkungan industri cukup banyak, yaitu pada industri pulp kraft, detergent, tekstil, farmasi, gelas, dll. Dalam pembuatan natrium sulfat secara sintetik, terdapat dua proses yang sering digunakan, yaitu melalui proses dengan bahan baku SO_2 dan H_2O (proses Hargreaves-Robinson), serta proses dengan bahan baku H_2SO_4 dan NaCl (proses Mannheim). Dalam melakukan pemilihan proses, dipilih proses Mannheim, karena secara aspek teknis dan ekonomis, proses Mannheim lebih mudah dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Dalam proses Mannheim, asam sulfat pekat direaksikan dalam *furnace* bersuhu 800°C . Na_2SO_4 yang dihasilkan dari reaksi tersebut dipisahkan dari kotorannya dengan menambahkan *soda lime* dan soda abu. Kemudian dikristalisasi dan dikeringkan dalam *rotary dryer*. Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinu 24 jam selama 330 hari per tahun operasi. Pabrik natrium sulfat ini direncanakan mulai dibangun pada tahun 2020 di Sampang, Madura yang dekat dengan kebutuhan bahan baku dan kelancaran pemasaran. Modal diperoleh dengan perbandingan 60% modal sendiri dan 40% modal pinjaman. Berdasarkan analisa teknis dan ekonomi yang telah dilakukan, maka pabrik natrium sulfat ini layak didirikan.

Kata Kunci—Desain Pabrik, Mannheim, Natrium Sulfat

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang yang memiliki kewajiban untuk melaksanakan pembangunan di segala bidang. Salah satunya adalah di bidang ekonomi, dimana pemerintah sedang menggiatkan bidang ekonomi untuk mencapai kemandirian perekonomian nasional. Untuk mencapai tujuan tersebut, pemerintah menitikberatkan pada pembangunan di sektor industri. Pembangunan di sektor industri bertujuan untuk memperkokoh struktur ekonomi nasional, meningkatkan daya tahan perekonomian nasional, memperluas lapangan kerja dan kesempatan usaha, sekaligus mendorong berkembangnya kegiatan di berbagai sektor pembangunan yang lainnya.

Salah satu produk yang dibutuhkan saat ini adalah natrium sulfat. Natrium sulfat adalah garam natrium dari asam sulfat. Natrium sulfat merupakan garam berwujud padatan atau kristal berwarna putih dan tidak berwarna. Nama lain dari senyawa ini adalah binatrium sulfat atau mineral tenardit dengan rumus molekul Na_2SO_4 . Natrium sulfat banyak diproduksi secara komersil dari *natural brine* dan proses industri (sintesis) dalam bentuk Na_2SO_4 atau salt cake dan dalam bentuk anhidrat dengan rumus molekul $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, yang lebih dikenal dengan nama garam Glauber atau sal mirabilis. Garam *Glauber's* sudah merupakan hasil purifikasi dari salt cake dengan cara mengkristalisasi kembali *salt cake*.

Natrium sulfat banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri, antara lain untuk industri *pulp and paper*, deterjen, pembuatan *flat glass*, tekstil, keramik, farmasi, zat pewarna, dan lain-lain. Seperti yang kita ketahui, kebutuhan akan produk-produk tersebut akan selalu meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Oleh karena itu, cukup tepat untuk mendirikan pabrik natrium sulfat di Indonesia. Kebutuhan impor

natrium sulfat jauh lebih tinggi daripada kebutuhan ekspor [1]. Meskipun kebutuhan industri akan natrium sulfat sangat banyak dan kegunaannya beragam, namun hingga saat ini Indonesia masih belum dapat memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri karena produksi secara komersial masih sangat rendah dan merupakan *byproduct*.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pendirian pabrik natrium sulfat dengan bahan baku *common salt* dan asam sulfat akan dapat memberikan solusi bagi dunia perindustrian kimia di Indonesia. Dengan adanya pabrik natrium sulfat maka kebutuhan untuk industri yang menggunakan bahan baku natrium sulfat dapat terpenuhi. Melihat prospek yang cukup bagus, maka rencana pendirian pabrik natrium sulfat di Indonesia merupakan komoditi yang perlu dipertimbangkan, terutama makin ketatnya persaingan dalam dunia industri.

Pabrik ini direncanakan berbahan baku *common salt* dan asam sulfat. Bahan baku berupa *common salt* diproduksi oleh PT. Garam (Persero), yang diambil dari Sampang sebanyak 398.983,61 ton/musim. Sedangkan, bahan baku berupa asam sulfat diproduksi oleh PT. Petrokimia Gresik sebanyak 1.170.000 ton/tahun [3].



Gambar 1. Kegunaan Natrium Sulfat pada Berbagai Industri

¹ Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya, 60111, Indonesia.
*Email: hikmatun_n@chem-eng.its.ac.id

Natrium sulfat di Indonesia memiliki pasar yang cukup banyak mengingat banyaknya pabrik di Indonesia yang berbahan baku natrium sulfat. Terdapat 21 pabrik di Jawa Timur yang membutuhkan natrium sulfat, sehingga untuk distribusi pasar yang lebih luas lagi, masih banyak pabrik-pabrik yang berbahan baku natrium sulfat lainnya di Indonesia. Selain itu, konsumen natrium sulfat tidak hanya berada di Indonesia, namun bisa dari berbagai negara juga.

Adanya kebutuhan natrium sulfat dalam negeri yang belum terpenuhi, ditambah dengan ketersediaan bahan baku garam rakyat yang melimpah merupakan suatu peluang untuk memproduksi natrium sulfat. Oleh karena itu, peluang untuk memasuki pasar natrium sulfat masih terbuka lebar.

Letak geografis suatu pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan proses produksi atau keberhasilan pabrik tersebut. Oleh karena itu, penentuan lokasi pabrik yang akan didirikan sangat penting dalam perencanaannya. Pada idealnya, lokasi yang ditentukan dapat memberikan keuntungan dalam jangka waktu yang panjang dan memberikan kemungkinan untuk memperluas area pabrik tersebut. Lokasi pabrik natrium sulfat akan ditetapkan di Kecamatan Sampang, Madura, Jawa Timur karena dekat dengan muara sungai Kamuning yang dapat digunakan sebagai sumber penyediaan air. Selain itu, lokasi Sampang terletak sekitar 100 km dari Surabaya dan dihubungkan oleh Jembatan Suramadu akan mempermudah transportasi bahan baku dan produk.

Pertimbangan utama yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik adalah ketersediaan bahan baku. Bahan baku merupakan hal penting dalam penentuan lokasi pabrik. Pabrik diusahakan sedemikian mungkin dekat dengan jumlah bahan baku yang melimpah. Kabupaten Sampang merupakan penghasil garam rakyat terbanyak di pulau Madura, dan beberapa wilayah di Jawa Timur yaitu sebesar 398.983,61 ton/musim. Semakin dekat jarak antara lokasi bahan baku dan lokasi pabrik, maka semakin mempermudah tahap penyiapan bahan baku.

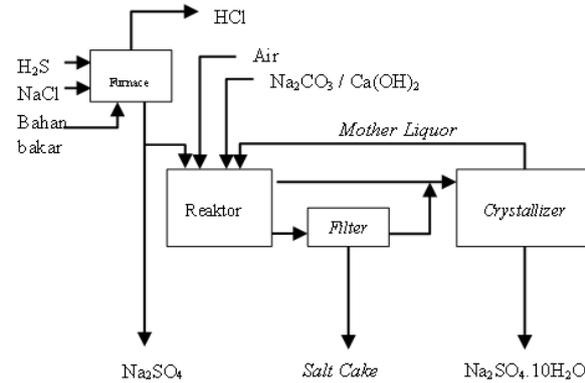
II. METODOLOGI

A. Pemilihan Proses

Pada proses Mannheim, natrium sulfat diperoleh dari reaksi antara NaCl (*common salt*) dan larutan H₂SO₄. NaCl (*common salt*) dan larutan H₂SO₄ 98% yang berlebih diumpungkan ke dalam Mannheim furnace yang terbuat dari cor besi yang dilengkapi dengan *rake agitator* pada temperatur di bawah titik leburnya yaitu 843 °C. Produk yang dihasilkan berupa natrium sulfat (Na₂SO₄) mentah (*salt cake*) dan gas asam klorida (HCl). Gas HCl didinginkan dan dikondensasikan, kemudian dimasukkan ke dalam kolom absorber [2].

Apabila ingin menghasilkan garam glauber (Na₂SO₄·10H₂O), maka *salt cake* dilarutkan dalam air panas untuk membentuk larutan 35 % dengan *specific gravity* 1,29. *Soda ash* atau kapur, juga ditambahkan dalam larutan untuk menetralkan kandungan asam sulfat yang tersisa yang ada dalam sistem dan untuk mengendapkan besi dan alumina yang berupa *impurities*. Endapan dibiarkan mengendap dan *supernatant liquor* (larutan yang bersih dari endapan) dipompakan ke dalam *crystallizer*. Setelah kristalisasi, garam *glauber* disimpan dalam tempat tertutup untuk mencegah penyerapan air dari udara.

Mother liquor dikembalikan ke dalam reaktor untuk digunakan kembali.



Gambar 2. Pembuatan Natrium Sulfat dengan Proses Mannheim

Proses Hargreaves-Robinson berjalan dengan melarutkan NaCl dalam air dalam reaktor sambil dipanaskan hingga temperatur mencapai 85 °C dengan pengalihan *steam* sebagai H₂O. Garam NaCl yang digunakan berukuran 100 mesh. Kemudian, larutan dikontakkan dengan gas sulfur dioksida (SO₂) melalui *sprayer* sampai tekanan operasi mencapai 100 psi dan gas O₂ sampai tekanan 350 psi. Reaksi dianggap selesai jika terjadi penurunan pH di bawah 0,5. Hasil reaksi dimatangkan dalam tangki pengaduk pada temperatur <70 °C, kemudian dipisahkan melalui proses filtrasi. Untuk mengurangi beban *dryer*, filtrat dievaporasikan untuk membuat larutan lebih pekat, kemudian dikeringkan untuk mendapatkan natrium sulfat [2].

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan proses pembuatan produk adalah meliputi bahan baku, konversi reaksi, kuantitas produk, sedangkan dari kondisi operasi adalah mengenai temperatur dan tekanan operasi.

Dari proses Mannheim dan Hargreaves-Robinson, dilakukan seleksi proses untuk memilih proses pembuatan natrium sulfat berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1.
PERBANDINGAN PROSES

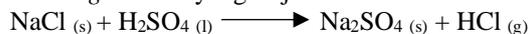
Aspek	Proses Mannheim	Proses Hargreaves-Robinson
Ekonomis	1. Bahan baku H ₂ SO ₄ lebih murah dan mudah diperoleh.	1. Bahan baku gas SO ₂ lebih mahal, dan <i>treatment</i> bahan baku membutuhkan alat dan biaya yang lebih mahal.
	2. Tidak membutuhkan desain khusus untuk menyimpan bahan baku.	2. Membutuhkan desain khusus untuk menyimpan bahan baku.
Teknis	1. Kontrol proses lebih mudah.	1. Reaksi SO ₂ dan O ₂ dalam fasa gas lebih rumit dalam perencanaan dan kontrol prosesnya.

	2. Proses yang berlangsung secara kontinyu.	2. Proses yang berlangsung secara batch.
Yield	98%	93 - 98%
Suhu	800 °C	426,67 °C
Tekanan	1 atm	1 atm
Fase	Solid-Liquid	Liquid-Gas
Jenis Reaksi	Endotermis	Eksotermis

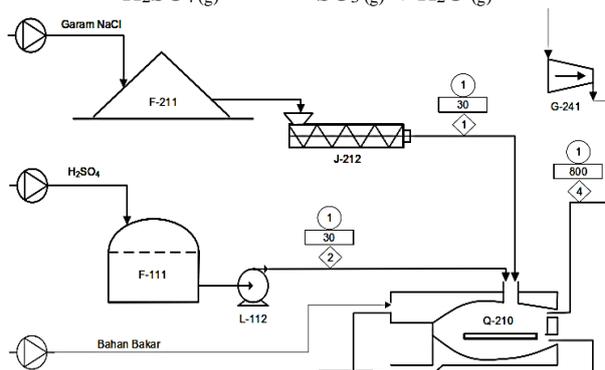
Dari Tabel 1, terlihat bahwa pada aspek teknik proses Mannheim lebih mudah dikontrol dan proses yang terjadi adalah kontinyu. Pada aspek ekonomi, terlihat bahwa pada proses pembuatan natrium sulfat menggunakan proses Mannheim lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses Hargreaves-Robinson, karena biaya bahan baku relatif lebih murah dan penyimpanannya tidak memerlukan desain khusus. Dalam aplikasi di industri sendiri, lebih banyak menggunakan proses Mannheim dibandingkan dengan proses Hargreaves-Robinson. Sehingga dalam hal ini dipilih proses Mannheim dalam pembuatan natrium sulfat.

B. Tahap Reaksi Kimia

Garam NaCl dari *storage* (F-211) dimasukkan ke dalam *furnace* (Q-210) dengan menggunakan *screw conveyor* (J-212) pada temperatur operasi 800 °C. Larutan H₂SO₄ 98% dipompakan dengan pompa (L-112) dari *storage* (F-111) ke dalam *furnace* (Q-210). Kedua bahan baku dipanaskan dimana reaksi terjadi dalam fase solid-liquid. Waktu reaksi diasumsikan selama 3 jam tidak termasuk dalam *loading* dan *unloading*. Reaksi yang terjadi adalah :



Produk utama dari reaksi tersebut adalah natrium sulfat (Na₂SO₄). Konversi total yang diinginkan untuk menghasilkan produk utama dari reaksi di atas adalah 98% dengan limiting reaktan berupa NaCl. Karena H₂SO₄ dengan suhu lebih dari 340°C akan terdekomposisi menurut reaksi berikut:

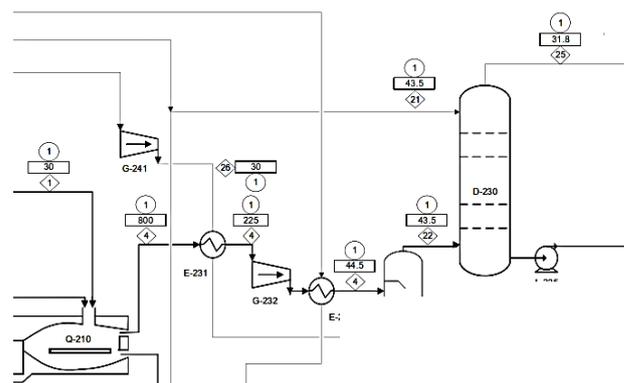


Gambar 3. Tahap Reaksi Kimia

C. Tahap Pemisahan HCl

Produk yang keluar dari *furnace* (Q-210) berupa uap HCl, SO₃, dan H₂O didinginkan pada *cooler* (E-231) sampai temperatur 225 °C. Kemudian campuran gas tersebut dialirkan dengan *blower* (G-232) ke alat selanjutnya yaitu *subcooler* (E-233) untuk mengkondensasikan sebagian besar uap SO₃. Fraksi uap dan liquid dipisahkan dalam *flash drum* (F-234). Liquid SO₃ kemudian dibuang sebagai *waste water*. HCl yang

terdapat dalam uap diambil menggunakan *absorber* (D-230).



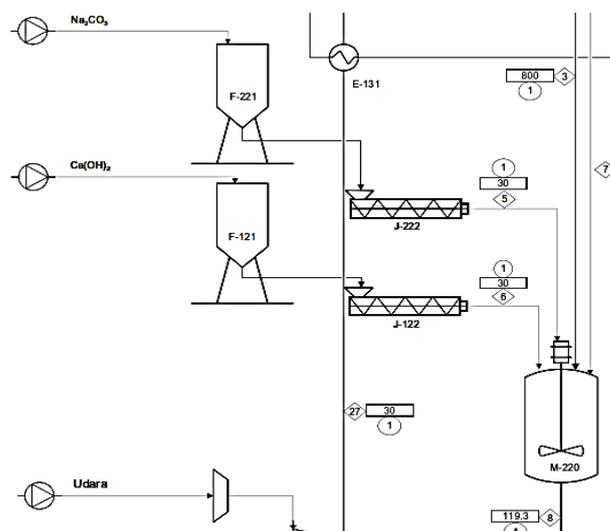
Gambar 4. Tahap Pemisahan HCl

D. Tahap Pengendapan Impurities Slurry

Slurry Na₂SO₄ dan campuran garam yang lain (CaSO₄, MgSO₄, MgCl₂, dan *impurities*) yang keluar dari *furnace* (Q-210), kemudian direaksikan dengan soda *ash* (Na₂CO₃) dan Ca(OH)₂ dengan penambahan H₂O (*water process*) sebagai pelarut dalam tangki pencampur I (M-220) untuk menetralkan kandungan H₂SO₄ yang masih terkandung dalam Na₂SO₄ dan mengendapkan kandungan garam dalam *slurry*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



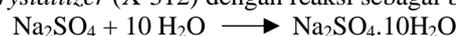
Endapan (*filtrat*) yang terbentuk dipompakan dengan pompa (L-223) dan kemudian dipisahkan dengan *filter press* (H-224) dan ditampung sementara dalam tangki penampungan (F-225). Sedangkan *cake*, dibuang ke unit pengolahan limbah cair.



Gambar 5. Tahap Pengendapan Impurities Slurry

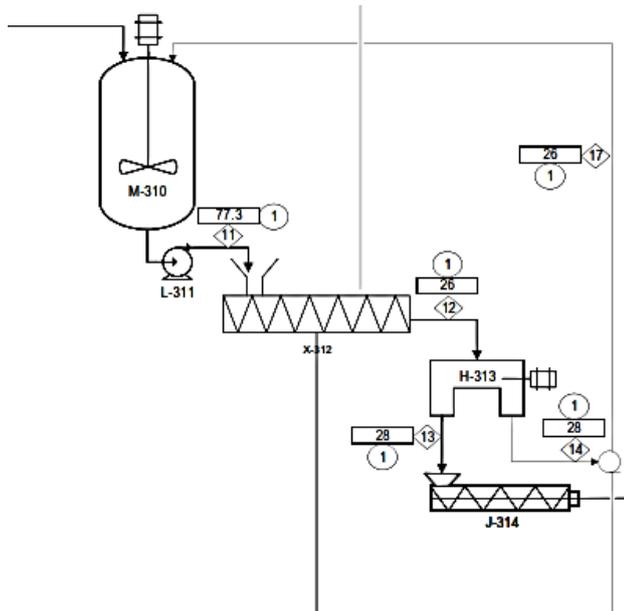
E. Tahap Kristalisasi

Filtrat dari Larutan tangki penampungan (F-225) dipompakan dengan pompa (L-226) ke tangki pencampur II (M-310) dengan tujuan untuk mencampurkan aliran dari tangki penampung (F-225) dengan aliran *recycle* dari *splitter* (S-318). Selanjutnya, Na₂SO₄ dikristalisasikan dalam *crystallizer* (X-312) dengan reaksi sebagai berikut :



Kristal Na₂SO₄·10H₂O dapat dibentuk melalui kristalisasi larutan dengan menurunkan temperaturnya

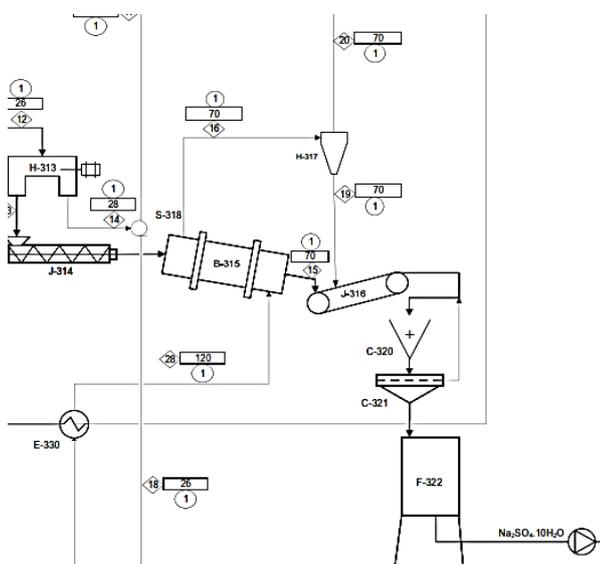
sampai dengan temperatur kristalisasinya yaitu 26°C dengan media pendingin berupa *brine*, sedangkan *mother liquor* direcycle ke tangki pencampur II (M-310). Filtrat berupa larutan *impurities* dibuang ke unit pengolahan limbah cair.



Gambar 6. Tahap Kristalisasi

F. Tahap Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan dengan bantuan udara pemanas dengan temperatur 120°C . Kristal $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ yang keluar dari *crystallizer* (X-312) dialirkan menuju *centrifuge* (H-313), kemudian ke *rotary dryer* (B-315) dengan *screw conveyor* (J-314), setelah itu dikontakkan dengan udara kering untuk menghasilkan kristal $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ yang kering. Kristal yang sudah kering, kemudian diangkut ke *crusher* (C-320) menggunakan *belt conveyor* (J-316) untuk menyeragamkan ukuran. Selanjutnya, kristal disaring dengan menggunakan *screener* (C-321) yang berukuran kurang dari 200 mesh dan diteruskan ke *storage* (F-322). Sedangkan untuk kristal yang berukuran lebih dari 200 mesh, dibawah kembali ke *crusher* (C-320).



Gambar 7. Tahap Pengeringan

III. NERACA MASSA

Dari perhitungan neraca massa pabrik natrium sulfat, dengan basis operasi 1 jam (waktu operasi 330 hari/tahun dan 24 jam/hari), didapatkan kapasitas bahan baku *common salt* sebesar $6.404,17 \text{ kg/jam}$ dan asam sulfat sebesar $4.299,99 \text{ kg/jam}$. Sedangkan produk yang dihasilkan sebesar $5681,82 \text{ kg/jam}$ atau 45.000 ton/tahun .

IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan *total cost investment* pabrik ini sebesar Rp217.253.068.002,00 dengan bunga 9,95% per tahun. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 31,29% dan BEP sebesar 33,55% dimana pengembalian modalnya selama 3,44 tahun.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 31,29% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 9,95% per tahun. Dengan pengembalian modalnya selama 3,44 tahun maka pabrik natrium sulfat ini layak didirikan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistika Kabupaten Sampang, "Kabupaten Sampang dalam Angka 2017," Katalog: 1102001.3527, 2017.
- [2] W. L. Faith, "Industrial Chemistry," London: John Wiley and Sons Co., 1975.
- [3] www.petrokimia-gresik.com, diakses pada 29 September 2018.