

PENENTUAN KAPASITAS PRODUKSI DAN SELEKSI PROSES INDUSTRI KALIUM SULFAT DARI PENGOLAHAN SENYAWA SULFAT PADA AIR SUNGAI KALIPAIT BONDOWOSO

Agus Budi Santoso, Hardjono, Eko Naryono, Khalimatus Sya'diyah, Rosita Dwi Chrisnandari,
Ade Sonya Suryandari

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
2141420074@student.polinema.ac.id ; [ade.sonya@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Kebutuhan pupuk di Indonesia masih tergolong tinggi, seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan pangan nasional, sehingga diperlukan intensifikasi di sektor pertanian. Konsumsi pupuk nasional mencapai 4,47 juta ton pada tahun 2023. Salah satu pupuk yang banyak digunakan adalah kalium sulfat (K_2SO_4), namun produksi dalam negeri masih terbatas sehingga impor tetap mendominasi. Sungai Kalipait di Bondowoso, Jawa Timur menawarkan potensi sumber senyawa sulfat yang besar namun belum dimanfaatkan secara maksimal, dengan kandungan sulfat yang dapat diolah menjadi K_2SO_4 . Kajian ini bertujuan menentukan kapasitas produksi optimal serta memilih metode produksi paling efektif untuk mendirikan pabrik K_2SO_4 berbasis bahan baku lokal. Tahapan produksi melibatkan *pre-treatment* air Sungai Kalipait dan reaksi konversi dengan kalium klorida, dengan analisis terhadap teknologi seperti *Mannheim furnace* dan *double decomposition* untuk mendapatkan efisiensi maksimal dan dampak lingkungan minimal. Penentuan kapasitas produksi pabrik dilakukan dengan metode linier dan *discounted*, menggunakan data produksi, konsumsi, ekspor, impor, dan rata-rata tahunan. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa pabrik direncanakan memiliki kapasitas produksi sebesar 1.533 ton per tahun. Diharapkan hasil dari kajian ini dapat mendukung pembangunan pabrik K_2SO_4 di Bondowoso pada 2027, memperkuat ketahanan pangan nasional, mengurangi ketergantungan impor, dan berkontribusi pada pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2045 dalam bidang pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: kalium sulfat, kapasitas produksi, pemilihan proses, pupuk, sungai kalipait

ABSTRACT

The demand for fertilizer in Indonesia remains relatively high, following the increase in population which leads to a rise in national food requirements, thus necessitating intensification in the agricultural sector. One of the widely used fertilizers is potassium sulfate (K_2SO_4), but domestic production is still limited so imports still dominate. The Kalipait River in Bondowoso, East Java offers a large but underutilized potential source of sulfate compounds, with sulfate content that can be processed into K_2SO_4 . This study aims to determine the optimal production capacity and select the most effective production method to establish a K_2SO_4 plant based on local raw materials. Production stages involve pre-treatment of Kalipait River water and conversion reaction with potassium chloride, with analysis of technologies such as Mannheim furnace and double decomposition to obtain maximum efficiency and minimal environmental impact. Determination of the plant's production capacity was carried out by linear and discounted methods, using production, consumption, export, import and annual average data. The results of this study show that the plant is planned to have a production capacity of 1,533 tons per year. It is expected that the results of this study can support the construction of a K_2SO_4 plant in Bondowoso in 2027, strengthen national food security, reduce import dependence, and contribute to the achievement of Sustainable Development Goals (SDGs) 2045 in the field of sustainable agriculture.

Corresponding author: Ade Sonya Suryandari

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: ade.sonya@polinema.ac.id



Keywords: *potassium sulfate, production capacity, process selection, fertilizer, kalipait river*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan pupuk di Indonesia masih tergolong tinggi, seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan pangan nasional, sehingga diperlukan intensifikasi di sektor pertanian. Menurut data dari Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia (APPI), penggunaan pupuk di tingkat nasional pada tahun 2023 mencapai 4,47 juta ton, mengalami kenaikan sekitar 2,3% dibandingkan dengan tahun sebelumnya [1]. Salah satu pupuk yang sering digunakan adalah kalium sulfat (K_2SO_4), yang memiliki harga relatif lebih tinggi dibandingkan pupuk lain seperti urea atau NPK di pasar domestik, hal ini disebabkan oleh jumlah produsen lokal yang masih terbatas. Jika ditelaah lebih lanjut, K_2SO_4 berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah, memperkuat daya tahan tanaman terhadap penyakit, serta sangat cocok digunakan pada tanaman yang sensitif terhadap klorida, seperti tembakau, kentang, jeruk, kopi, dan berbagai sayuran bernilai ekonomi tinggi [2]. Di Indonesia, kalium sulfat umumnya tersedia dalam bentuk butiran atau kristal putih dengan kemurnian lebih dari 90%. Pupuk ini banyak dipakai dalam sektor hortikultura, perkebunan, serta pertanian intensif yang modern. Produsen pupuk dalam negeri seperti PT Petrokimia Gresik dan PT Pupuk Kujang hanya mampu memenuhi sebagian kecil dari kebutuhan nasional, sehingga impor dari negara seperti China, Jerman, Belanda, dan lainnya masih sangat diperlukan.

Sungai Kalipait di Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur, merupakan sumber alam potensial yang belum dimanfaatkan secara optimal. Sungai ini mengalir dari rembesan Kawah Ijen yang mengandung kadar belerang dan sulfat yang sangat tinggi, dengan pH ekstrem. Menurut kajian Balai Pengembangan Proses dan Teknologi Kimia (BPPTK), setiap liter air dari Danau Kawah Ijen dapat menghasilkan sekitar 100 gram kristal gipsum, yang mengindikasikan tingginya kandungan sulfat yang dapat diolah. Penelitian terdahulu melaporkan telah dilakukan Prarancangan pabrik gipsum dari kalsium karbonat ($CaCO_3$) dan asam sulfat (H_2SO_4) dengan proses sintesis [3]. Belum ada penelitian atau jurnal resmi yang mempublikasikan potensi Sungai Kalipait sebagai sumber bahan baku kalium sulfat. Kajian pendahuluan yang telah dilakukan menunjukkan air Sungai Kalipait berhasil diolah menjadi kalium sulfat dengan tingkat kemurnian hingga 95%.

Dengan potensi bahan baku sulfat yang melimpah dan permintaan K_2SO_4 yang terus meningkat, pendirian pabrik K_2SO_4 berbasis bahan baku lokal menjadi sangat diperlukan. Dalam kajian ini, penentuan kapasitas produksi optimal pabrik K_2SO_4 berbasis bahan baku lokal dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan utama yaitu metode linier dan metode *discounted*. Metode linier dipakai untuk menghitung rata-rata pertumbuhan tahunan dengan memanfaatkan data historis terkait produksi, konsumsi, ekspor, dan impor. Sementara itu, metode *discounted* digunakan untuk memperkirakan nilai di masa mendatang dengan mempertimbangkan pola pertumbuhan eksponensial. Kedua metode ini umum digunakan dalam perancangan pabrik kimia untuk memproyeksikan kebutuhan pasar dan menentukan kapasitas produksi yang efisien secara teknis dan ekonomis. Pendekatan ini telah digunakan dalam berbagai studi perancangan pabrik kimia, termasuk dalam penelitian terdahulu yang memanfaatkan metode linier dan *discounted* untuk menentukan kapasitas produksi pabrik

alpha-terpineol dari terpentin [4]. Kajian yang lain penentuan kapasitas produksi sabun cair, hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode proses produksi yang paling optimal adalah dengan metode saponifikasi trigliserida dan dengan kapasitas produksi pabrik pada tahun 2023 sebesar 1000 ton/tahun dengan perhitungan linear [5]. Selain itu, kajian yang lain terkait seleksi proses dan penentuan kapasitas produksi industri sabun cair diperoleh hasil dengan kapasitas produksi sebesar 750 ton/tahun dengan menggunakan metode linier [6]. Maka dari itu, penentuan kapasitas produksi yang optimal menjadi penting untuk menjamin efisiensi ekonomi dan teknis pabrik. Ketika kapasitas produksi meningkat, biaya produksi per unit produk cenderung menurun, sesuai dengan prinsip *economies of scale* yang menyatakan bahwa biaya rata-rata jangka panjang akan berkurang seiring dengan bertambahnya skala produksi [7]. Konsep ini menjelaskan bahwa dengan meningkatnya jumlah produksi, biaya per unit produk akan berkurang akibat penyebaran biaya tetap, peningkatan efisiensi operasional, serta penggunaan sumber daya yang lebih efektif.

Seleksi proses produksi juga menjadi aspek vital dalam perancangan pabrik. Produksi kalium sulfat melibatkan beberapa tahapan penting, termasuk pembuatan natrium sulfat (Na_2SO_4) melalui *pre-treatment* air Sungai Kalipait, dan reaksi antara Na_2SO_4 dengan kalium klorida (KCl) untuk membentuk K_2SO_4 dan produk samping natrium klorida (NaCl). Proses produksi K_2SO_4 dari ion sulfat yang terdapat di Sungai Kalipait perlu dilakukan evaluasi menyeluruh dengan mempertimbangkan aspek konversi reaksi, efisiensi penggunaan energi, serta ketersediaan bahan baku. Evaluasi ini penting agar pabrik yang akan dibangun dapat beroperasi secara berkelanjutan dan optimal. Beberapa teknologi yang dapat digunakan, seperti proses tungku Mannheim dan metode reaksi pertukaran ganda, harus ditelaah untuk menentukan pilihan yang paling efisien. Penilaian dilakukan berdasarkan kemampuan teknologi tersebut dalam mencapai tingkat konversi reaksi yang tinggi, meminimalkan konsumsi energi, serta mengendalikan dampak lingkungan agar tetap ramah dan berkelanjutan. Dengan demikian, pemilihan teknologi yang tepat akan mendukung kelangsungan produksi K_2SO_4 dengan cara yang efektif dan bertanggung jawab terhadap lingkungan [8].

Kajian ini bertujuan untuk menetapkan kapasitas produksi serta memilih metode proses terbaik dalam pembuatan pupuk K_2SO_4 yang berbasis kandungan sulfat dari Sungai Kalipait. Selain itu, kajian ini juga menyusun rekomendasi teknis untuk pembangunan pabrik pupuk kalium sulfat di Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur, yang direncanakan pada tahun 2027. Kajian ini turut mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan, termasuk pengelolaan limbah cair, pemanfaatan produk samping seperti natrium klorida untuk sektor industri lain, serta pengurangan emisi gas berbahaya. Dengan kapasitas pabrik yang tepat dan proses produksi yang efisien, diharapkan pabrik K_2SO_4 ini dapat memberikan kontribusi penting bagi industri pupuk nasional, mempercepat pengurangan ketergantungan impor, meningkatkan ketahanan pangan, serta membuka peluang ekspor K_2SO_4 di pasar pupuk internasional.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi merupakan salah satu faktor penting dalam pendirian pabrik, yang dapat mempengaruhi perhitungan ekonomi dan teknis. Pabrik yang akan dirancang mempengaruhi perhitungan ekonomi dan teknis. Pabrik yang akan dirancang memerlukan perhitungan menyeluruh dan akurat untuk memenuhi kebutuhan pasar. Untuk menentukan kapasitas produksi, diperlukan data seperti produksi, konsumsi, ekspor, dan impor [4].

Perhitungan pertumbuhan rata-rata pertahun dilakukan untuk menghitung kenaikan setiap tahun dan dirata-ratakan untuk pertumbuhan tahunan menggunakan metode *linier* atau metode *discounted*.

Metode *linier* :

$$i = \frac{\sum \%P}{n} \quad (1)$$

Dimana :

i : Pertumbuhan rata-rata pertahun

$\sum \%P$: Persen pertumbuhan pertahun

n : jumlah data persen pertumbuhan

Metode *discounted* :

$$F = P(1 + i)^n \quad (2)$$

Nilai persen pertumbuhan pertahun dapat diperoleh melalui persamaan berikut :

$$\%P = \frac{\text{data tahun setelah} - \text{data tahun sebelum}}{\text{data pada tahun sebelum}} \quad (3)$$

Prediksi peluang kapasitas produksi : Estimasi peluang kapasitas produksi dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$m = P(1 + i)^n \quad (4)$$

Dimana :

m : jumlah produk pada tahun yang diperhitungkan

P : jumlah produk pada tahun terakhir yang diketahui

i : rata-rata pertumbuhan per tahun

n : selisih tahun

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (5)$$

Dimana :

m_1 : jumlah impor pada tahun yang diperhitungkan

m_2 : jumlah produksi pabrik lama pada tahun yang dipertahankan

m_3 : jumlah produksi pabrik baru pada tahun yang diperhitungkan

m_4 : jumlah ekspor pada tahun yang diperhitungkan

m5 : jumlah konsumsi pada tahun yang perhitungkan

2.2 Macam Proses

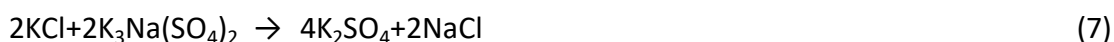
Secara umum, terdapat beberapa jenis proses yang dapat digunakan dalam produksi kalium sulfat, antara lain:

1. Dekomposisi Na_2SO_4 dengan KCl

Reaksi ini melibatkan campuran KCl dan Na_2SO_4 yang akan membentuk glaserit ($\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$) dan natrium klorida (NaCl) sebagai produk sampingan. Reaksi ini berlangsung sebagai berikut:



Pada tahap ini, larutan jenuh dari natrium sulfat dan kalium klorida bereaksi pada suhu sekitar 25 °C. Glaserit yang terbentuk pada reaksi pertama kemudian bereaksi dengan KCl untuk menghasilkan K_2SO_4 dan NaCl. Reaksi ini dapat dinyatakan sebagai:



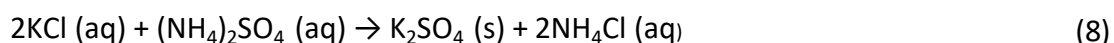
Pada tahap ini, K_2SO_4 dipisahkan melalui kristalisasi, sementara NaCl dihasilkan sebagai produk sampingan. Proses ini melibatkan kontrol suhu yang ketat, dengan kristalisasi pada suhu rendah (≤ 2 °C) untuk memisahkan $4\text{K}_2\text{SO}_4$ dari larutan induk. Pada tahap kedua, suhu dinaikkan hingga 110 °C untuk memisahkan NaCl dari larutan yang tersisa. Sisa larutan dan campuran KCl serta $2\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$ didaur ulang kembali ke tahap konversi awal. Proses ini bertujuan untuk memaksimalkan konversi natrium sulfat menjadi kalium sulfat dan meminimalkan limbah yang dihasilkan [9].

2. Dekomposisi KCl dengan MgSO_4

Proses ini diawali dengan mencampurkan magnesium sulfat (MgSO_4) dengan kalium klorida (KCl) dalam suatu larutan, di mana kedua senyawa tersebut bereaksi melalui mekanisme dekomposisi ganda. Reaksi ini menghasilkan *schoenite* ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), yaitu senyawa antara yang terbentuk dari kalium sulfat dan magnesium sulfat [10]. Selain itu, natrium klorida (NaCl) juga terbentuk sebagai produk samping dari reaksi tersebut. *Schoenite* yang dihasilkan kemudian dipisahkan melalui proses filtrasi atau sentrifugasi. Setelah itu, kristal *schoenite* dicuci untuk menghilangkan sisa natrium klorida dan senyawa lainnya guna memperoleh kemurnian yang tinggi. *Schoenite* yang telah dimurnikan tersebut selanjutnya mengalami dekomposisi pada suhu sekitar 55 °C dalam air, dengan durasi sekitar 2 jam. Reaksi ini menghasilkan endapan kalium sulfat (K_2SO_4) serta larutan yang kaya akan magnesium sulfat (MgSO_4).

3. Dekomposisi KCl dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Dekomposisi amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dengan kalium klorida (KCl) menghasilkan kalium sulfat (K_2SO_4) dan amonium klorida (NH_4Cl). Proses ini dilakukan dengan mencampurkan larutan jenuh kalium klorida dan amonium sulfat pada suhu sekitar 30 °C - 40 °C. Reaksi berlangsung antara kalium klorida dan amonium sulfat sesuai dengan persamaan berikut:



Reaksi ini menghasilkan kalium sulfat sebagai endapan padat dan amonium klorida sebagai larutan. Setelah reaksi, larutan yang mengandung K_2SO_4 dan NH_4Cl dipanaskan dalam evaporator. Proses ini meningkatkan konsentrasi kalium sulfat dengan menguapkan sebagian air sehingga kristal K_2SO_4 dapat terbentuk. Kristalisasi dilakukan dengan mendinginkan larutan hingga suhu $5^\circ - 28^\circ C$ untuk memisahkan kristal kalium sulfat dari larutan. Pendinginan ini membantu dalam proses kristalisasi K_2SO_4 karena kelarutan NH_4Cl lebih tinggi daripada K_2SO_4 , sehingga K_2SO_4 cenderung mengendap lebih dahulu. Kristal kalium sulfat kemudian dipisahkan dari larutan menggunakan sentrifugasi dan dikeringkan untuk mencapai kemurnian yang diinginkan [11]

4. Proses Pencampuran Langsung KCl dengan H_2SO_4 (Mannheim)

Dalam proses ini, digunakan *furnace* Mannheim yang berbentuk bejana silindris dengan dua ruang bakar, yaitu ruang pembakaran dan ruang reaksi. Temperatur operasi *furnace* ini berkisar antara $600^\circ C$ hingga $700^\circ C$. Reaksi kimia yang berlangsung meliputi:



Reaksi pertama (9) bersifat eksotermis dan berlangsung pada suhu yang lebih rendah, sedangkan reaksi kedua (10) bersifat endotermis dan terjadi pada suhu $550^\circ C - 600^\circ C$. Produk K_2SO_4 yang dihasilkan kemudian didinginkan menggunakan *cooling drum*. Residu H_2SO_4 dinetralkan dengan penambahan $Ca(OH)_2$ dan $CaCO_3$, sedangkan hasil sampingan HCl didinginkan menggunakan penukar panas grafit dan kemudian diolah lebih lanjut melalui absorpsi dua tahap dengan air [12].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Kapasitas

Kapasitas produksi merupakan salah satu elemen dalam proses pendirian pabrik yang berpengaruh terhadap pertimbangan ekonomi dan teknis. Pabrik yang akan dirancang harus melalui perhitungan menyeluruh dan akurat untuk dapat memenuhi permintaan pasar. Dalam menghitung kapasitas produksi suatu pabrik, diperlukan data seperti data produksi, konsumsi, ekspor, dan impor yang disajikan dalam Tabel 1.

Kondisi *supply* Kalium sulfat di Indonesia pada tahun 2027 dapat diproyeksikan dengan menggunakan metode *discounted*. Dengan menggunakan jumlah produk pada akhir tahun, jumlah produk pada tahun pertama dan data persentase pertumbuhan yang tercantum pada tabel 1, diperoleh bahwa nilai pertumbuhan rata-rata tahunan untuk produksi adalah 13,2 % dan untuk impor adalah 19,9%. Kebutuhan impor pada tahun 2027 sebesar 1.536.760,00 ton/tahun dengan produksi dalam negeri diambil dari total kapasitas produksi kalium sulfat di Indonesia sebanyak 20.000 ton/tahun.

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi peluang kapasitas produksi, total kebutuhan kalium sulfat pada tahun 2027 diperkirakan mencapai 353.533,46 ton per tahun. Meskipun kapasitas pabrik semula direncanakan sebesar 20% dari total kebutuhan, yaitu sekitar 70.000 ton per tahun, kapasitas ini tidak dapat direalisasikan karena keterbatasan

ketersediaan bahan baku atau *gross feed production*. Berdasarkan estimasi, jumlah bahan baku sulfat yang tersedia hanya mampu menunjang produksi sebesar 1.553 ton K_2SO_4 per tahun. Oleh karena itu, kapasitas pabrik disesuaikan dengan potensi bahan baku yang tersedia secara berkelanjutan.

Tabel 1. Data impor dan ekspor kalium sulfat di Indonesia [13]

Tahun	Impor		Ekspor	
	Ton/Tahun	Pertumbuhan (%)	Ton/Tahun	Pertumbuhan (%)
2018	315280,190	0,0	116690,000	0,0
2019	473640,350	50,2	131490,015	12,7
2020	525890,220	11,0	134230,252	2,1
2021	527250,700	0,3	151490,008	12,8
2022	673520,520	27,7	180840,003	19,4
2023	743580,420	10,4	215300,390	19,1
Rata-rata (%)		19,9		13,2

3.2 Seleksi Proses

Pupuk kalium menjadi salah satu jenis pupuk yang sangat dibutuhkan oleh mayoritas petani di Indonesia, mengingat kandungan unsur hara kalium di dalam tanah umumnya masih tergolong rendah. Salah satu varian pupuk kalium yang dikenal adalah kalium sulfat, yang selama ini diproduksi melalui proses yang cukup kompleks dan panjang, yakni proses dua tahap (*double stage*). Berdasarkan penelitian dilakukan pembuatan kalium sulfat dengan metode *single stage* dengan mereaksikan natrium sulfat dan kalium klorida di dalam reaktor dengan cara kristalisasi. Proses *single stage* lebih mudah dan lebih efisien dalam pembuatannya [14]. Proses pembuatan kalium sulfat dengan metode *single stage* menawarkan sejumlah kelebihan dibandingkan cara-cara tradisional. Salah satu keunggulan utamanya terletak pada penghematan biaya dan energi, sebab proses ini tidak membutuhkan suhu tinggi seperti pada metode Mannheim yang memerlukan suhu di atas 500°C. Dengan demikian, penggunaan energi dan biaya produksi dapat diminimalkan. Selain itu, metode ini mampu menghasilkan kalium sulfat dengan kemurnian tinggi, yakni lebih dari 96%, serta membentuk kristal yang ukurannya lebih besar dibandingkan hasil dari metode lain. Proses *single stage* juga dibuat oleh penelitian karena lebih sederhana, tidak melibatkan tahapan-tahapan rumit seperti pada proses *double stage*, sehingga proses produksi menjadi lebih praktis, cepat, dan efisien [15].

Dalam pemilihan suatu proses, terdapat sejumlah faktor penting yang perlu dipertimbangkan. Faktor-faktor ini meliputi jenis bahan baku yang digunakan, kondisi

operasi yang diperlukan untuk menjalankan proses, biaya bahan baku berdasarkan perhitungan ekonomi kasar, serta harga produksi kalium sulfat per kilogram. Dengan mempertimbangkan berbagai aspek ini, dapat dilakukan perbandingan antara beberapa proses pembuatan kalium sulfat.

Tabel 2. Pertimbangan pemilihan proses

No	Proses dan Parameter	Dekomposisi Na_2SO_4 dengan KCl	Dekomposisi MgSO_4 dengan KCl	Dekomposisi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dengan KCl	Proses Mannheim
1	Bahan Baku	Natrium sulfat dan Kalium klorida	Magnesium sulfat dan Kalium klorida	Ammonium sulfat dan Kalium klorida	Asam sulfat dan Kalium klorida
2	Kondisi Operasi (suhu)	T: 20 °C – 40 °C	T: 55 °C	T: 60 °C	T: 600 °C – 700 °C
3	Konversi	95%	50%	93%	95%
4	Jenis Reaksi	Endotermis	Endotermis	Endotermis	Reaksi 1: Eksotermis Reaksi 2: Endotermis
5	Hasil Samping	NaCl	MgCl ₂	NH ₄ Cl	HCl 32%
6	Utilitas	Steam, listrik, air	Steam, listrik, air	Steam, listrik, air	Steam, listrik, air solar

Setelah meninjau ketiga proses pembuatan kalium sulfat yang telah dijelaskan sebelumnya, proses yang dipilih untuk digunakan adalah pembuatan kalium sulfat dari natrium sulfat dan kalium klorida. Keputusan untuk memilih proses ini didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

1. Tingkat konversi pembentukan bahan baku yang tinggi

Dikarenakan bahan baku yang digunakan adalah asam sulfat alam yang diambil dari air pada sungai X, perlu dibuat bahan baku natrium sulfat terlebih dahulu melalui reaksi asam-basa yang memiliki konversi hampir 100%.

2. Tingkat konversi kalium sulfat yang cukup tinggi

Proses ini mampu mencapai tingkat konversi sebesar 95%, yang menunjukkan efisiensi yang tinggi dalam menghasilkan produk akhir.

3. Tidak memerlukan suhu operasi yang sangat tinggi

Dibandingkan dengan proses lain yang mungkin memerlukan suhu ekstrem, proses ini beroperasi pada suhu yang lebih rendah, sehingga lebih hemat energi dan berpotensi menurunkan biaya operasional.

Dengan demikian, proses ini dipilih tidak hanya karena efisiensi konversi yang tinggi, tetapi juga karena kemampuannya untuk beroperasi pada kondisi yang lebih ekonomis dan menghasilkan produk dengan pengolahan bahan baku yang lebih baik.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penentuan kapasitas produksi dan seleksi proses merupakan langkah krusial sebelum mendirikan pabrik. Hasil kajian pra-rancangan pabrik kalium sulfat di Gresik tahun 2027 menunjukkan bahwa kapasitas produksi optimal ditetapkan sebesar 1.553 ton/tahun, yang dibatasi oleh ketersediaan bahan baku. Proses produksi yang dipilih adalah reaksi antara natrium sulfat dan kalium klorida karena pendekatan ini memberikan efisiensi konversi yang tinggi serta penghematan energi dibandingkan alternatif lain. Dengan demikian, desain proses tersebut diharapkan mampu memaksimalkan output produksi dalam batasan sumber daya yang ada.

Saran untuk kajian selanjutnya mencakup evaluasi mendalam atas data ekspor-impor kalium sulfat untuk memetakan prospek pasar, pemilihan pelarut dan metode evaporasi yang optimal untuk meningkatkan efisiensi proses, serta pelaksanaan uji coba skala *pilot plant* guna memvalidasi kelayakan desain proses. Pengolahan awal air Sungai Kalipait perlu disiapkan agar memenuhi spesifikasi kualitas air baku yang dibutuhkan dalam proses produksi. Selain itu, pemanfaatan produk samping berupa natrium klorida dianjurkan untuk meningkatkan nilai tambah ekonomi dan mengurangi limbah.

REFERENSI

- [1] PT Pupuk Indonesia (Persero), "Laporan Tahunan Annual Report Membangun Masa Depan yang Berkelanjutan Forging A Sustainable Future," 2023.
- [2] M. Dianawati, "Konsentrasi dan Waktu Aplikasi K_2SO_4 pada Produksi Benih Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) G0," *Jurnal Kultivasi*, vol. 17, 2018.
- [3] N. Apsari, F. Naafiumamah, dan B. Setiawan, "Pabrik Gypsum dari Kalsium Karbonat ($CaCO_3$) dan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan Proses Sintesis" Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2018.
- [4] N. N. Maritsa dan Z. Irfan, "Penentuan Kapasitas Produksi dan Seleksi Proses Pra Rancangan Pabrik Kimia Pembuatan Alpha Terpinel dari Terpentin," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 11, no. 1, hal. 191–200, 2025.
- [5] E. Baharudin Ardhi Wijaya dan A. Sonya Suryandari, "Seleksi Proses dan Penentuan Kapasitas Produksi Industri Sabun Cair Berbahan Baku Crude Palm Oil (CPO)," *DISTILAT Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 2021, no. 2, hal. 127–132, 2021.
- [6] S. Dicky Ardiansyah dan A. Sonya Suryandari, "Seleksi Proses dan Penentuan Kapasitas Produksi Industri Sabun Cair Berbahan Baku Virgin Coconut Oil (VCO)," *DISTILAT Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 2021, no. 2, hal. 139–146, 2021.
- [7] P. A. Samuelson dan W. D. Nordhaus, "Economics."
- [8] S. I. Abu-Eishah, A. A. Bani-Kananeh, dan M. A. Allawzi, " K_2SO_4 Production Via The Double Decomposition Reaction of KCl and Phosphogypsum," *Chemical Engineering Journal*, vol. 76, no. 3, hal. 197–207, 2000.
- [9] E. Königsberger dan G. Eriksson, "Simulation of Industrial Processes Involving Concentrated Aqueous Solutions," *J Solution Chem*, vol. 28, no. 6, hal. 721–730, 1999.
- [10] C. Holdengraber, K. Tivon, S. Lampert, dan Maalot, "Process For Producing Potassium Sulfate From Potash and Sodium Sulfate" 2000.

- [11] Y. A. Mubarak, "Integrated Process for Potassium Sulfate and A Mixture of Ammonium Chloride/Potassium Sulfate Salts Production," *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, vol. 7, no. 1, hal. 185–197, 2018.
- [12] H. Schultz, G. Bauer, E. Schachl, F. Hagedorn, dan P. Schmittinger, "Potassium Compounds," in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley, 2000.
- [13] Badan Pusat Statistik, *Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri*, vol. 12. 2023.
- [14] I. R. Yuliyanti dan K. Nisa, "Pembuatan Pupuk Kalium Sulfat (K_2SO_4) dari Natrium Sulfat (Na_2SO_4) dan Kalium Klorida (KCl) Dengan Proses Single Stage," 2011.
- [15] R. El Putra, R. Nurdinsyah, G. Murdikaningrum, dan K. Kencanawati, "Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Yield, Kemurnian Pupuk K_2SO_4 dari Abu Kulit Buah Kapuk dan Gypsum," 2020.