

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA REAKTOR *RQUIL*, *RSTOIC*, DAN *RGIBS* DALAM PRODUKSI ASAM KLORIDA (HCl) DARI ASAM SULFAT (H₂SO₄) DAN NATRIUM KLORIDA DENGAN KAPASITAS 178.000 TON/TAHUN

Jansen Marcelino¹, Yeni Ria Wulandari^{2*}

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Lampung, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

jansenmarcelino34@gmail.com, yeniriawulandari@polinela.ac.id

*corresponding author : yeniriawulandari@polinela.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 10 Oktober 2025
Direvisi 2 November 2025
Diterbitkan 2 Desember 2025

Kata kunci:

Reactor Rquil, Rstoic, Rgibs,
Hydrochloric Acid, Asam Sulfat,
Natrium Klorida.

ABSTRAK

Produksi asam klorida (HCl) merupakan proses penting dalam industri kimia karena aplikasinya yang luas, seperti pada pengolahan logam, regenerasi katalis, dan pembuatan senyawa kimia dasar. Salah satu metode produksi HCl yang umum digunakan adalah reaksi antara asam sulfat (H₂SO₄) dan natrium klorida (NaCl) yang menghasilkan HCl sebagai produk utama dan natrium sulfat (Na₂SO₄) sebagai produk samping. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja tiga jenis reaktor dalam perangkat lunak Aspen Plus, yaitu RStoic, RGibbs, dan RQuil, pada proses produksi HCl dengan kapasitas 178.000 ton per tahun. Simulasi dilakukan untuk menganalisis pengaruh jenis reaktor terhadap parameter utama, meliputi konversi reaktan, fraksi mol, laju alir massa, densitas, serta sifat termodinamika sistem seperti entalpi dan entropi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa setiap reaktor memiliki karakteristik yang berbeda. Reaktor RStoic menghasilkan konversi berdasarkan stoikiometri dengan tingkat konversi yang belum sempurna. Reaktor RGibbs merepresentasikan kondisi kesetimbangan energi bebas Gibbs dan menunjukkan nilai entalpi paling tinggi secara absolut, menandakan reaksi bersifat eksotermik. Sementara itu, reaktor RQuil memberikan performa terbaik dengan fraksi mol HCl sebesar 0,986206, berat molekul rata-rata 36,4634, serta densitas gas yang rendah, menunjukkan kemurnian HCl yang tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, reaktor RQuil dinilai paling efisien dan potensial untuk diaplikasikan pada produksi HCl skala industri.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF *RQUIL*, *RSTOIC*, AND *RGIBS* REACTORS IN THE PRODUCTION OF HYDROCHLORIC ACID (HCL) FROM SULFURIC ACID (H₂SO₄) AND SODIUM CHLORIDE WITH A CAPACITY OF 178,000 TONS/YEAR

ARTICLE INFO

Received October 10, 2025
Revised November 2, 2025
Published January 30, 2026

Keyword:

ABSTRACT

Hydrochloric acid (HCl) production is an important process in the chemical industry due to its wide applications, such as in metal processing, catalyst regeneration, and the manufacture of basic chemical compounds. One commonly used HCl production method is the reaction between sulfuric acid (H₂SO₄) and sodium chloride (NaCl) which produces HCl as the main product and sodium sulfate (Na₂SO₄) as a by-product. This study aims to compare the performance of three types of reactors in Aspen Plus software, namely RStoic, RGibbs, and RQuil,

Reactor Rquil, Rstoic, Rgibs, Hydrochloric Acid, Asam Sulfat, Natrium Klorida.

in the HCl production process with a capacity of 178,000 tons per year. Simulations were conducted to analyze the effect of reactor type on key parameters, including reactant conversion, mole fraction, mass flow rate, density, and thermodynamic properties of the system such as enthalpy and entropy. The simulation results show that each reactor has different characteristics. The RStoic reactor produces conversion based on stoichiometry with an imperfect conversion rate. The RGibbs reactor represents the Gibbs free energy equilibrium condition and shows the highest absolute enthalpy value, indicating an exothermic reaction. Meanwhile, the RQuil reactor provides the best performance with an HCl mole fraction of 0.986206, an average molecular weight of 36.4634, and a low gas density, indicating high HCl purity. Based on these results, the RQuil reactor is considered the most efficient and has the potential to be applied to industrial-scale HCl production.

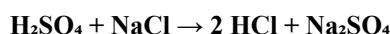
This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



1. PENDAHULUAN

Produksi *asam klorida (HCl)* merupakan salah satu proses penting dalam industri kimia karena perannya yang luas, antara lain pada pengolahan logam, regenerasi katalis, Serta sebagai bahan baku proses sintesis kimia. Salah satu jalur produksi yang umum digunakan di industri adalah reaksi antara *asam sulfat (H₂SO₄)* dan *natrium klorida (NaCl)* yang menghasilkan *HCl* sebagai produk utama dan *natrium sulfat (Na₂SO₄)* sebagai hasil samping [1]. Seiring meningkatnya kebutuhan pasar dan tuntutan terhadap efisiensi produksi, penggunaan perangkat lunak Aspen Plus untuk melakukan simulasi proses kimia menjadi semakin penting dalam tahap optimasi dan perancangan proses. Dalam simulasi ini, pemilihan dan pemodelan jenis reaktor menjadi faktor kunci karena sangat memengaruhi hasil perhitungan konversi, selektivitas reaksi, serta penentuan kondisi operasi yang paling efisien [2].

Aspen Plus menyediakan beberapa model reaktor yang dapat disesuaikan dengan karakteristik reaksi, di antaranya reaktor *stoikiometrik (RStoic)*, reaktor *yield (RYield)*, serta reaktor kesetimbangan (*REquil* dan *RGibbs*). Model *RStoic* biasanya digunakan ketika informasi stoikiometri reaksi telah diketahui, namun data kinetika tidak tersedia atau dianggap tidak signifikan terhadap hasil akhir [3]. Sementara itu, model kesetimbangan seperti *REquil* dan *RGibbs* digunakan ketika reaksi cenderung mencapai kondisi kesetimbangan termodinamika. Perbedaannya terletak pada pendekatan perhitungan: *REquil* menyelesaikan kesetimbangan reaksi dan fase secara simultan berdasarkan stoikiometri, sedangkan *RGibbs* menentukan hasil reaksi dengan cara meminimalkan energi bebas *Gibbs* sistem tanpa harus mendefinisikan reaksi secara eksplisit. Dalam konteks reaksi antara *H₂SO₄* dan *NaCl*, pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih akurat terhadap distribusi produk dan efisiensi pembentukan *HCl* di bawah berbagai kondisi operasi [4].



Pemilihan model reaktor yang tepat sangat penting karena beberapa faktor: pertama, apakah reaksi dianggap mencapai kesetimbangan kimia atau tidak; kedua, apakah kinetika reaksi memberi hambatan signifikan; dan ketiga, bagaimana fase produk (gas/larutan) mempengaruhi keseimbangan. Pemilihan model yang salah dapat menyebabkan prediksi yang melenceng dalam hal jumlah *HCl* yang terbentuk, kebutuhan energi dan hal lainnya.

Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk melakukan perbandingan kinerja antara model *RStoic*, *REquil*, dan *RGibbs* dalam simulasi pembentukan *HCl*. Penelitian ini mencakup indikator seperti prediksi konversi reaktan, mol *HCl* yang dihasilkan, serta kesesuaian model dengan kondisi industri atau literatur. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya bersifat akademik, tetapi juga memiliki relevansi praktis bagi perancangan dan optimasi proses [5]. Metodologi yang akan digunakan dalam penelitian ini mencakup pembuatan skema proses simulasi dalam Aspen Plus dengan menetapkan kondisi operasi yang sama untuk ketiga model reaktor misalnya suhu, tekanan, aliran reaktan kemudian menjalankan simulasi dan membandingkan hasilnya. Analisis akan meninjau bagaimana masing-masing model memperlakukan kesetimbangannya masing-masing, *stoikiometri* dan asumsi lainnya, serta dampaknya terhadap hasil simulasi penelitian. Dengan pendekatan yang sistematis, Perbedaan karakteristik model masing – masing reaktor

diharapkan dapat mengungkapkan kelebihan dan keterbatasan dalam mempresentasikan proses reaksi secara akurat [6].

Dalam simulasi proses, pendekatan termodinamika yang digunakan akan menentukan akurasi hasil perhitungan. Model *RGibbs*, misalnya, melakukan minimisasi energi bebas *Gibbs* untuk seluruh komponen dalam sistem, sehingga dapat menangkap multiphase secara lebih realistis. Namun, model ini memiliki keterbatasan jika data properti termodinamika yang digunakan tidak akurat atau jika sistem mengandung reaksi [7] kinetik yang dominan. Sebaliknya, model *RStoic* lebih sederhana dan efisien secara komputasi, namun, hanya sesuai apabila stokiometri dan konversi reaksi telah diketahui sebelumnya serta mampu merepresentasikan kondisi kesetimbangan secara dinamis.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perbedaan pemilihan model reaktor dapat menghasilkan variasi konversi dan energi reaksi yang signifikan. Misalnya, studi oleh [2] menunjukkan bahwa penggunaan model *RGibbs* dalam simulasi pembentukan gas sintetik menghasilkan prediksi konversi yang lebih tinggi dibandingkan model *RStoic* karena mempertimbangkan kesetimbangan termodinamika penuh. Temuan serupa diharapkan juga terjadi pada sistem $H_2SO_4 - NaCl$, di mana pengaruh suhu dan fase menjadi faktor yang dominan dalam pembentukan produk *HCl* [8]. Seiring meningkatnya kebutuhan akan proses kimia yang efisien, ramah lingkungan, dan hemat energi, pemahaman mendalam terhadap model-model reaktor menjadi semakin sangat penting. Studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi dunia akademik dan industri dalam hal pemodelan proses serta peningkatan efisiensi produksi *HCl*. Selain itu, hasil perbandingan dari beberapa *reactor* seperti *RStoic*, *REquil*, dan *RGibbs* dapat menjadi referensi dalam penelitian lanjutan yang berkaitan dengan simulasi reaksi termokimia dan pengembangan sistem reaktor berkelanjutan [9].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis reaktor *RStoic*, *RGibbs*, dan *REquil* terhadap komponen H_2SO_4 , $NaCl$, HCl , dan Na_2SO_4 pada proses pembuatan asam klorida (*HCl*) dengan kapasitas produksi sebesar 178.000 ton per tahun. Reaksi utama yang dikaji merupakan reaksi antara asam sulfat (H_2SO_4) dan natrium klorida ($NaCl$) yang menghasilkan asam klorida (*HCl*) sebagai produk utama dan natrium sulfat (Na_2SO_4) sebagai produk samping. Penelitian dilakukan secara simulatif menggunakan perangkat lunak Aspen Plus untuk membandingkan kinerja tiga tipe reaktor, yaitu *RStoic* (berbasis *stoikiometri* reaksi), *RGibbs* (berdasarkan minimisasi energi *Gibbs*), dan *REquil* (berdasarkan kesetimbangan kimia). Analisis difokuskan pada perubahan konsentrasi, konversi reaktan, serta efisiensi pembentukan produk guna menentukan jenis reaktor yang paling optimal dalam menghasilkan *HCl* secara maksimal dan efisien. Melalui pendekatan kuantitatif ini diharapkan diperoleh hasil yang dapat menjadi acuan dalam optimalisasi desain dan operasi reaktor pada industri kimia, khususnya dalam proses produksi *HCl* skala besar agar efisiensi energi dan hasil produksi dapat meningkat secara signifikan.

2.1. Desain penelitian dan bahan

Penelitian ini merupakan studi simulatif – komparatif yang bertujuan untuk membandingkan performa dari 3 jenis reaktor yang berbeda yaitu : *RStoic*, *RGibbs*, dan *REquil* terhadap komponen H_2SO_4 , $NaCl$, HCl , dan Na_2SO_4 pada proses pembuatan asam klorida (*HCl*) dengan kapasitas produksi sebesar 178.000 ton per tahun.

Berikut adalah algoritma prosedur penelitian dalam bentuk langkah-langkah sistematis:

1. Buka Aspen Plus.
2. Masukkan komponen H_2SO_4 , $NaCl$, HCl , dan Na_2SO_4 .
3. Pilih metode NRTL untuk sistem reaksi asam, garam, padatan, dan gas.
4. Buat Flowsheet umpan masuk dan umpan keluar.
5. Masukkan data umpan masuk seperti data (suhu, tekanan, dll).
6. Masukkan suhu yang digunakan yaitu dengan rentang 350 - 450°C.
7. Lengkapi data-data yang lain seperti data Reaction, Equilibrium, dan Energi Gibbs.
8. Jalankan Simulasi (Run).
9. Analisis output dan cek steam result.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Running Aspen Plus.

Parameter Terukur	Reaktor		
	<i>RStoic</i>	<i>RGibss</i>	<i>RQuil</i>
<i>Mole Flows (kmol/hr)</i>	85,5	95	94,6186
<i>Mole Fraction</i>	0,3	0,333333	0,986206
<i>Mass Flows (kg/hr)</i>	12144,7	13494,1	13438,9
<i>Mass Fraction</i>	0,594698	0,660775	0,993495
<i>Volume Flow (l/min)</i>	104998	618,687	235,818
<i>Molar Enthalpy (cal/mol)</i>	-76544,2	-97299,7	-21009,7
<i>Mass Enthalpy (cal/gm)</i>	-1654,04	-1357,89	-576,186
<i>Molar Entropy (cal/mol-K)</i>	-15,7479	-24,2385	5,23242
<i>Mass Entropy (cal/gm-K)</i>	-0,219775	-0,338267	0,1434498
<i>Molar Density (mol/cc)</i>	4,07476E-05	0,00767755	2,71936E-05
<i>Mass Density (gm/cc)</i>	0,002291976	0,550133	0,000991571
<i>Enthalpy Flow (cal/sec)</i>	-9,38285E+06	-7,70289E+06	-1,10335E+06
<i>Average MW</i>	71,6548	71,6548	36,4634

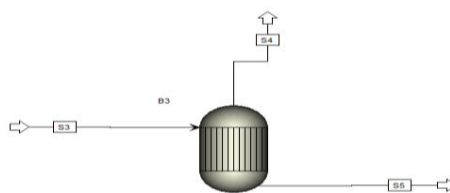
Berdasarkan data dari tabel 1 dapat diketahui bahwa reaktor *RQuil* menghasilkan produk dengan kemurnian tertinggi ditunjukkan oleh nilai *mole fraction* sebesar 0,986206 dan massa jenis 0,000991571 g/cc yang mengindikasikan fase gas dominan sesuai karakteristik HCl. Dan didapatkan nilai *average molecular weight* yaitu sebesar 36,4634 juga dapat menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan mendekati berat molekul HCl. Laju alir massa produk pada reaktor *RQuil* mencapai 13.438,9 kg/jam atau sekitar 117.725 ton per tahun, sedikit lebih rendah dari target kapasitas yang diinginkan, sehingga diperlukan peningkatan laju umpan atau jumlah reaktor paralel sekitar 1,5 kali lipat untuk dapat mencapai target produksi tahunan. Ketiga reaktor menunjukkan reaksi yang bersifat eksotermik dengan nilai entalpi negatif, di mana *RGibss* memiliki nilai *molar enthalpy* paling besar secara *absolut* yaitu sebesar (-97.299,7 cal/mol), yang dapat menandakan bahwa pelepasan panas yang tinggi selama proses reaksi sedang berlangsung. Namun dengan demikian, reaktor *RQuil* dapat memberikan kestabilan sistem yang sangat baik yang dapat dilihat dari nilai entalpi dengan keseimbangan massa dan energi yang lebih realistis karena mempertimbangkan kesetimbangan fase dan reaksi kimia secara simultan. Selain itu, nilai densitas dan nilai entropi pada reaktor *RQuil* menunjukkan kondisi dengan reaksi yang lebih terkontrol jika dibandingkan dengan dua jenis reaktor lainnya. Dengan demikian, reaktor *RQuil* dinilai paling optimal digunakan dalam proses produksi HCl dalam skala industri, meskipun masih memerlukan optimasi laju alir bahan baku serta sistem pendinginan yang harus sangat memadai untuk menangani efek eksotermik dari proses reaksi agar operasi HCl tetap efisien dan aman.

Reaktor *RStoic* menunjukkan bahwa data hasil simulasi yang menggambarkan bahwa proses reaksi berjalan sesuai perbandingan dengan stoikiometri tanpa mempertimbangkan kondisi kesetimbangan termodinamika. Nilai *mole fraction* produk sebesar 0,337 dan *average molecular weight* 71,65 yang menunjukkan bahwa hasil masih berupa campuran antara reaktan dengan produk, artinya konversi masih belum sempurna. Laju alir massa mencapai 12.144,7 kg/jam atau sekitar 106.388 ton/tahun, yang menandakan bawah target kapasitas HCL yaitu sebesar 178.000 ton/tahun. Nilai *enthalpy flow* sebesar $-9,38 \times 10^6$ cal/s menandakan reaksi yang bersifat eksotermik dengan pelepasan panas cukup besar. Volume aliran yang tinggi (104.998 L/min) mengindikasikan adanya dominasi fase gas dengan densitas yang rendah.

Berikut ini gambar *flowsheet* dari ketiga reaktor yang digunakan running melalui *Aspen Plus* yaitu reaktor *RGibbs*, *RQuil*, dan *RStoic*:

1. Reaktor *RQuil*

Pada gambar 1 unit reaktor *RQuill* dapat diketahui bahwa terjadi reaksi utama antara *natrium klorida* (NaCl) padat dengan asam *sulfat* pekat (H_2SO_4) untuk menghasilkan asam *klorida* gas (HCl) dan *natrium sulfat* (Na_2SO_4) sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi pada reaktor *RQuill* bersifat eksotermik dan membutuhkan pengendalian suhu agar konversi berjalan secara optimal serta tidak menyebabkan dekomposisi dalam produk. Dalam reaktor *RQuill*, campuran umpan cair dan padat dikontakkan langsung pada kondisi suhu sekitar 400–450°C sehingga menghasilkan produk HCl gas dengan konsentrasi yang cukup tinggi.

Gambar 1. *Flowsheet RQuil*

Penjelasan Aliran Proses :

1. Aliran (S3)

Aliran S3 merupakan aliran umpan campuran antara larutan H_2SO_4 pekat dan $NaCl$ padat yang telah ditakar sesuai dengan rasio *stoikiometri*. Sebelum masuk ke dalam reaktor *RQuill*, bahan baku biasanya dipanaskan terlebih dahulu untuk dapat mempercepat pembentukan laju reaksi. Umpan dimasukkan secara kontinu ke dalam reaktor melalui bagian sisi samping reaktor agar kontak antara zat cair dan padat dapat tercampur dengan merata.

2. Aliran (B3)

Di dalam aliran ini, terjadi reaksi kontak antara H_2SO_4 cair dan $NaCl$ padat pada suhu yang tinggi. *RQuill* merupakan tipe reaktor vertikal dengan pelapis yang tahan korosi, berdasarkan hasil simulasi aspen plus karena asam *klorida* dan asam sulfat bersifat sangat mudah korosif. Reaktor ini juga dilengkapi dengan sistem pemanas eksternal atau jaket pemanas untuk menjaga suhu reaksi tetap stabil. Gas HCl yang terbentuk akan naik ke atas, sementara Na_2SO_4 padat akan tertinggal dan dikeluarkan lewat bagian bawah reaktor.

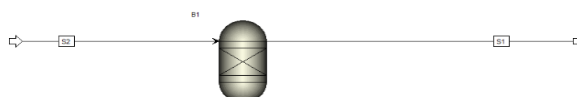
3. Aliran (S4)

Aliran S4 berisi gas HCl hasil dari reaksi yang keluar dari bagian atas reaktor. Gas ini masih mengandung sedikit uap air dan sedikit uap asam sulfat, yang akan dialirkan ke unit *absorber* atau menara pendingin (*condenser*) untuk proses pemurnian dan penyerapan menjadi HCl cair. Gas residu kemudian akan dialirkan ke unit pengendalian emisi gas.

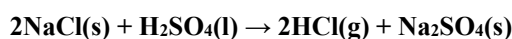
4. Aliran (S5)

Aliran S5 merupakan aliran hasil dari sisa reaksi berupa *natrium sulfat* (Na_2SO_4) padat yang dikeluarkan melalui bagian bawah reaktor. Produk ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri detergen, kaca, atau pupuk. Sebelum dimanfaatkan, residu ini biasanya dikeringkan dan dikristalisasi terlebih dahulu hingga memperoleh kemurnian dengan nilai yang tinggi.

2. Reaktor *RGibbs*

Gambar 2. *Flowheet RGibbs*

Pada gambar 2 yaitu Reaktor *RGibbs* yang merupakan unit utama yang digunakan untuk mensimulasikan reaksi kesetimbangan termodinamika antara *asam sulfat* (H_2SO_4) dan *natrium klorida* ($NaCl$) pada proses pembuatan *asam klorida* (HCl). Reaktor ini bekerja dengan prinsip minimisasi energi bebas *Gibbs* total sistem (ΔG), sehingga dapat menggambarkan kondisi kesetimbangan reaksi secara akurat tanpa memerlukan data kinetika reaksi. Reaksi yang terjadi dalam reaktor ini adalah sebagai berikut:



Reaksi diatas tersebut termasuk kedalam reaksi eksotermik, artinya membutuhkan suplay panas agar reaksi dapat berlangsung berkerja berdasarkan kesetimbangan energi *gibbs* secara sempurna. Oleh karena itu, reaktor ini sering dioperasikan dengan suhu tinggi agar proses pembentukan gas *HCl* terbentuk secara optimal.

Deskripsi Aliran Proses :

1. Aliran (S2)

Aliran S2 merupakan campuran reaktan utama, yaitu antara *natrium klorida* (*NaCl*) padat dengan *asam sulfat* pekat (*H₂SO₄*). Campuran ini dimasukkan ke dalam reaktor *RGibbs* dengan rasio perbandingan *stoikiometris* 1:1. Sebelum memasuki reaktor, *asam sulfat* dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu mencapai sekitar 150 - 200°C untuk dapat mempercepat proses reaksi, sedangkan *NaCl* dimasukkan dalam bentuk serbuk atau butiran halus agar kontak permukaan dengan asam sulfat lebih luas.

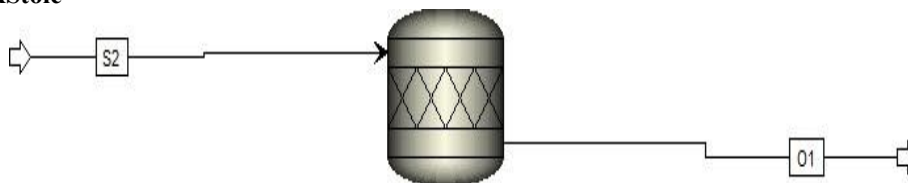
2. Aliran (B1)

Di dalam reaktor *RGibbs*, campuran reaktan mengalami reaksi kesetimbangan termodinamika pada suhu operasi sekitar 400°C dan tekanan mendekati 1 atm. Pada kondisi ini, *NaCl* akan bereaksi dengan *H₂SO₄* membentuk *HCl* gas dan *Na₂SO₄* padat. *RGibbs* digunakan dalam simulasi proses menggunakan perangkat lunak seperti *Aspen Plus*, reaksi ini sulit direpresentasikan karena sifatnya *kompleksitas* fasa padat-cair-gas. Dengan pendekatan *Gibbs*, program otomatis menghitung spesies akhir berdasarkan kondisi minimum energi bebas *Gibbs*. Hasil simulasi ini menunjukkan fraksi terbesar produk berupa gas *HCl*, dengan sisa padatan berupa *Na₂SO₄* yang tertinggal di dasar tangki reaktor. Reaksi berlangsung secara eksotermik, sehingga diperlukan sistem pemanas eksternal atau jaket pemanas untuk mempertahankan suhu reaksi tetap stabil dan tidak mempengaruhi hasil produk.

3. Aliran (S1)

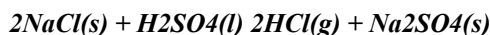
Aliran S1 merupakan campuran produk yang keluar dari reaktor. Produk utama yang dihasilkan adalah gas *HCl*, yang kemudian dialirkan ke unit reaktor lanjutan (*RQuill*) atau *absorber* digunakan untuk proses penyerapan menjadi *HCl* cair. Sementara itu, natrium sulfat (*Na₂SO₄*) sebagai hasil produk samping padat akan dikeluarkan dari dasar reaktor dan dikumpulkan untuk pengolahan lebih lanjut.

3. Reaktor RStoic



Gambar 3. Flowsheet RStoic

Pada gambar 3 yaitu Reaktor *RStoic* yang merupakan salah satu unit reaksi yang digunakan untuk mensimulasikan reaksi kimia dengan jumlah stoikiometri yang telah diketahui. Dalam simulasi proses pembuatan asam klorida, reaktor *RStoic* digunakan untuk menggambarkan reaksi utama antara *H₂SO₄* dan *NaCl*, di mana jumlah reaktan dan produk sudah dapat ditentukan berdasarkan persamaan reaksi kimia yang pasti. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor ini adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut termasuk ke dalam reaksi eksotermik, sehingga dibutuhkan pemanasan untuk mencapai kondisi operasi yang memungkinkan terjadinya reaksi dalam pembentukan gas *HCl* secara maksimal mengikuti rasio stokiometri yang telah ditentukan.

Deskripsi Aliran Proses :

1. Aliran (S2)

Aliran S2 merupakan campuran dari reaktan utama antara *asam sulfat* pekat (*H₂SO₄*) dengan konsentrasi kemurnian sekitar 98%, yang berfungsi sebagai agen pengasaman kuat. Berdasarkan hasil simulasi *Aspen Plus* *Natrium klorida* (*NaCl*) padat, berfungsi sebagai sumber ion klorida (*Cl⁻*) untuk proses pembentukan produk *HCl*. Kedua bahan ini dicampurkan dengan rasio stoikiometris 1:1 secara

molar dan dipanaskan menggunakan suhu sekitar 350 - 400°C sebelum masuk ke reaktor untuk dapat mempercepat laju reaksi kimia.

2. Aliran (B2)

Di dalam aliran ini terjadi reaksi antara NaCl dan H_2SO_4 yang berlangsung sesuai dengan perbandingan stoikiometrinya. Reaktor ini dirancang agar konversi reaksi tinggi tetapi tetap menjaga kondisi operasi agar tetap konstan. Hasil dari reaksi ini menghasilkan dua fasa produk yaitu Fasa gas *Asam klorida (HCl)* yang terbentuk akan menghasilkan HCL gas lalu dikondensasi dan menghasilkan produkakhir menjadi larutan HCL. Pada suhu tinggi dan Fasa padat *Natrium sulfat (Na_2SO_4)* yang mengendap di bawah reaktor dikeluarkan dari bagian bawah reaktor.

3. Aliran (O1)

Aliran O1 merupakan hasil keluaran yang terdiri dari campuran gas HCl , uap air (H_2O), dan residu padatan Na_2SO_4 . Gas HCl selanjutnya dialirkan ke unit pemurnian (*absorber*) untuk diserap dalam air dan membentuk *asam klorida cair* (larutan HCl). Sedangkan Na_2SO_4 dikeluarkan sebagai produk samping padat yang masih bernilai ekonomi tinggi dan dapat dimanfaatkan di industri lain, seperti industri kaca atau deterjen.

3 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *Aspen Plus* pada proses pembentukan *asam klorida (HCl)* dari reaksi antara *asam sulfat (H_2SO_4)* dan *natrium klorida (NaCl)* dengan kapasitas 178.000 ton/tahun, dapat diketahui bahwa ketiga jenis reaktor yang digunakan yaitu: *RStoic*, *RGibbs*, dan *RQuill* memiliki karakteristik dan performa masing-masing yang berbeda dalam menghasilkan produk akhir yaitu HCl . Reaktor *RStoic* menggambarkan bahwa reaksi berdasarkan *stoikiometri* tanpa mempertimbangkan kesetimbangan termodinamika, dengan hasil konversi yang masih kurang sempurna. Reaktor *RGibbs* mampu merepresentasikan kondisi kesetimbangan energi bebas *Gibbs* dan menunjukkan pelepasan suhu panas yang tinggi akibat reaksi eksotermik yang intens. Sementara itu, reaktor *RQuill* memberikan hasil paling optimal dengan kemurnian HCl tertinggi (*mole fraction* 0,986206), massa jenis gas yang sesuai karakteristik HCl (0,000991571 g/cc), dan berat molekul mendekati HCl (36,4634). Hal ini dapat menunjukkan bahwa reaktor *RQuill* lebih efisien digunakan dalam memisahkan fasa gas dan fasa padat serta menghasilkan produk HCl berkualitas tinggi secara berkelanjutan yang sesuai dengan kebutuhan konsumen. Dengan demikian, secara keseluruhan reaktor *RQuill* paling layak digunakan dalam skala industri karena memberikan hasil yang mendekati kondisi nyata proses produksi, memiliki kestabilan massa dan energi yang baik, serta memungkinkan efisiensi konversi dan pengendalian laju reaksi yang optimal untuk mencapai target kapasitas produksi HCl .

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Yeni Veriyana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar, tulus, dan penuh perhatian membimbing penulis selama pelaksanaan penelitian ini, mulai dari tahap perencanaan hingga penyusunan laporan akhir. Bimbingan, masukan, dan ilmu yang diberikan sangat berharga dan berperan penting dalam kelancaran serta kedalaman pemahaman dalam menyusun penelitian ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan staf di Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Lampung, atas segala bimbingan, dukungan, dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Penulis sangat menghargai segala bentuk arahan, motivasi, serta ilmu yang telah dibagikan oleh para dosen, yang tidak hanya memperkaya pengetahuan teknis penulis, tetapi juga menumbuhkan semangat dan kedisiplinan dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga segala bentuk bantuan, perhatian, dan kontribusi yang telah diberikan oleh seluruh pihak mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa serta menjadi amal kebaikan yang membawa keberkahan bagi kita semua.

DAFTAR PUSTAKA.

- [1] M. Aldiansyah, A. Rizqi, K. Cahyari, dan M. A. Adnan, "Comparative Study of Biomass Gasification for Electricity and Methanol Production," vol. 9, no. 2, hal. 27–41, 2025.
- [2] "CFNP Hydrogen Chloride TAP August 2003," vol. 2119, no. August, hal. 1–18, 2003.
- [3] M. G. Nugraha, "Municipal Solid Waste Potential for Indonesian Electrical Energy Sharing : Process Simulation Study," vol. 25, no. 1, hal. 97–114, 2025, doi: 10.22146/ajche.16716.
- [4] "DEVELOPMENT OF AN EXTRACTIVE REACTOR BLOCK IN THE ASPEN PLUS SIMULATOR BACHELOR OF CHEMICAL ENGINEERING".

- [5] E. Vanegas, M. Luna-delrisco, L. Rocha-meneses, C. E. Arrieta, dan J. Sierra, "Indonesian Journal of Science & Technology Chemical Looping Systems for Hydrogen Production and Their Implementation in Aspen Plus Software : A Review and Bibliometric Analysis," vol. 10, hal. 249–284, 2025.
- [6] A. Plus dan U. Guide, "Aspen Plus ®".
- [7] T. Zeng, "Challenges and Opportunities of Modeling Biomass Gasification in Aspen Plus : A Review," no. 9, hal. 1674–1689, 2020, doi: 10.1002/ceat.202000068.
- [8] A. Potensi, E. Dan, dan D. Lingkungan, "ANALYSIS OF POTENTIAL ENERGY AND ENVIRONMENTAL IMPACT FROM COAL GASIFICATION THROUGH SIMULATION OF PLASMA GASIFICATION PROCESS OF INDONESIAN LOW-RANK COAL," vol. 24, no. 1, hal. 57–70, 2021, doi: 10.30556/imj.Vol24.No1.2021.1192.
- [9] B. Taouk, "Simulations Using Aspen Plus," 2024.