

EVALUASI KINERJA AMMONIA CONVERTER INDUSTRI PUPUK UREA DITINJAU DARI PRODUK MENGGUNAKAN ASPEN HYSYS V10

Bazlina Dawami Afrah^(1*), Putri Midelin⁽¹⁾, Sarah Khoirunnisa⁽¹⁾,
Muhammad Ihsan Riady⁽²⁾, Dyos Santoso⁽²⁾ dan Tiara Maharani Ramona
Putri⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

⁽²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

^(*)E-mail *Corresponding Author* : bazlina.afrah@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Ammonia converter merupakan tempat berlangsungnya reaksi pembentukan ammonia yang sangat dipengaruhi beberapa faktor seperti suhu. Semakin tinggi suhu maka konversi akan semakin besar namun reaksi ini bersifat eksotermis. Kenaikan temperatur lebih lanjut akan mengakibatkan reaksi bergeser ke reaktan. Untuk itu dilakukan proses pendinginan pada temperatur inlet setiap bed. Penelitian bertujuan untuk mengetahui besarnya konversi yang dihasilkan dan pengaruh temperatur ammonia converter dengan menggunakan Aspen Hysys V10. Berdasarkan penelitian didapatkan data desain pabrik, N₂ terkonversi menjadi NH₃ sebesar 28,29%. Sementara data aktual pada 10 desember 2021 merupakan hasil konversi tertinggi dengan konversi N₂ sebesar 24,46 %. Dilihat dari data tersebut maka produksi NH₃ pada data aktual mengalami penurunan dibandingkan dengan data desain. %Mol NH₃ outlet pada data desain yaitu sebesar 16,46% Mol sedangkan pada data aktual pada tanggal 10 dan 15 Desember 2021 sebesar 11,28 % Mol. Produk ammonia tertinggi dihasilkan dengan temperatur inlet 384oC dan produk yang dihasilkan sebesar 3917,7 kg/hr.

Kata Kunci: Amoniak, Ammonia Converter, Bed, Konversi, Pendinginan, Eksotermis.

Abstract

An ammonia converter is a place where an ammonia formation reaction takes place which is strongly influenced by several factors such as temperature. The higher the temperature, the greater the conversion, but this reaction is exothermic. A further increase in temperature will cause the reaction to shift to the reactants. For this reason, a cooling process is carried out at the inlet temperature of each bed. This study aims to determine the magnitude of the resulting conversion and the effect of the ammonia converter temperature using Aspen Hysys V10. Based on the research, the factory design data showed that N₂ was converted to NH₃ by 28.29%. While the actual data on December 10, 2021, is the highest conversion result with an N₂ conversion of 24.46%. Judging from these data, the production of NH₃ in the actual data has decreased compared to the design data. %Mole of NH₃ outlet in the design data is 16.46%, Mol, while the actual data on 10 and 15 December 2021 is 11.28%, Mol. The highest ammonia product was produced at an inlet temperature of 384oC and the resulting product was 3917.7 kg/day.

Keywords: Ammonia, Ammonia Converter, Bed, Conversion, Cooling, Eksoterm.

1 PENDAHULUAN

Sektor industri terutama industri pupuk urea merupakan salah satu faktor penting dalam upaya menggerakkan perekonomian dan menunjang kegiatan pertanian dan perkebunan di Indonesia. Urea diproduksi dari sintesa antara NH₃ (NH₃) dan karbon dioksida (CO₂) [5]. Umumnya industri pupuk urea memproduksi sendiri bahan baku untuk pembuatan urea yaitu NH₃. Amoniak diproduksi dengan proses mereaksikan hidrogen dari gas alam dan nitrogen dari udara sekitar. Beberapa Rangkaian proses dalam pembuatan ammonia terjadi dalam unit proses yakni

pengolahan gas alam (*feed treating*), pembuatan gas sintesa (*reforming syn-gas*), permurnian gas sintesa (*purification*) dan sintesa produk NH₃ serta unit pendinginan NH₃ (*ammonia refrigeration*). Reaksi pembentukan NH₃ terjadi di sebuah reaktor berkatalis yang disebut dengan ammonia converter pada unit sintesa. Ammonia converter merupakan salah satu unit terpenting dalam memproduksi NH₃, sehingga performanya akan mempengaruhi produktifitas dan efisiensi dari proses pembentukan NH₃ [12]. Ammonia Converter pada industri produksi urea yang dijadikan objek penelitian memiliki desain vertikal terdiri dari tiga bed dan

setiap bed nya terdiri dari katalis promoted iron. Reaksi pada Ammonia Converter merupakan reaksi eksotermis yang dibatasi oleh kesetimbangan [12], sehingga Ammonia converter memiliki kondisi efisien untuk menghasilkan produk ammonia yang optimal. Kondisi setiap bed pada ammonia converter diatur agar sesuai dengan set point yang diinginkan. Pengaturan temperatur inlet dari setiap bed diharapkan dapat menghindari laju reaksi berlebih temperatur mencapai titik konversi kesetimbangan yang berakibat pada berkurangnya produk.

Selain itu, reaktor tiga bed juga merupakan upaya yang dilakukan untuk mengontrol temperatur converter untuk memungkinkan terbentuknya nilai panas reaksi yang sesuai. Bed pertama diperoleh produk NH₃ sangat tinggi dengan temperatur yang terus meningkat hingga mencapai kesetimbangan, sehingga pada input bed 2 dilakukan pendinginan dengan aliran *Quench* yang merupakan aliran *fresh feed* di output bed [6]. Maka, temperatur masuk bed 2 akan turun dan reaksi akan menghasilkan panas kembali untuk mengimbangi kalor yang berkurang tadi dan reaksi akan bergeser ke produk.

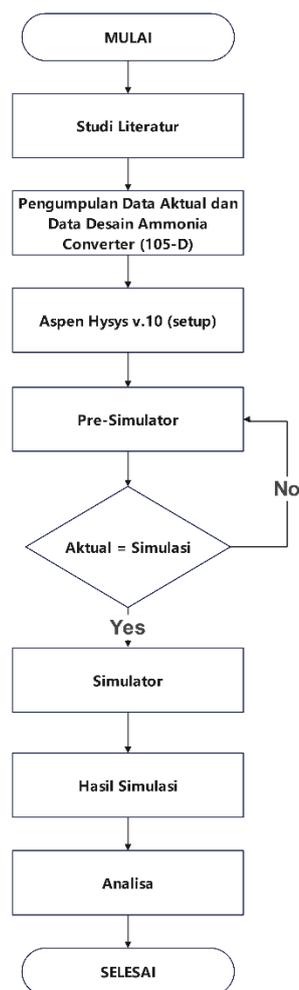
Reaktor ammonia converter berpengaruh terhadap efisiensi dan produktifitas di pabrik NH₃ yang dapat dilihat pada peningkatan produksi NH₃ dari hasil keluarannya. Evaluasi dan kontrol ammonia converter sangat diperlukan untuk mendapatkan proses yang optimal [1]. Temperatur tiap bed harus dijaga sehingga perlu dilakukan evaluasi kinerja untuk mengetahui performa dari ammonia converter agar menghasilkan produk yang maksimal. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan Aspen Hysys V10.

2 METODOLOGI

Evaluasi Ammonia Converter pada industri produksi urea dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pengumpulan data, pengolahan data, perhitungan neraca massa dengan simulasi HYSYS V.10. dan menghitung konversi. Data yang diperlukan dalam evaluasi ini terdiri dari data desain awal peralatan dan data aktual selama 20 hari. Simulasi dilakukan dengan membandingkan data desain dan data aktual produksi. Data yang akan digunakan diperoleh dari Departemen rendal dan produksi. Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang dilakukan.

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dimulai dengan data desain dan pengumpulan data operasi.



Gambar 1. Alur Penelitian

1. Data Desain

Data desain merupakan data rancangan pada saat unit tersebut di desain di mana *Ammonia converter* ini telah dioperasikan hingga sekarang. Data desain pada *Ammonia Converter* terdiri dari data temperatur inlet dan outlet, data tekanan inlet dan outlet dan *Flow rate* dan % komposisi mol input dan output.

2. Data Operasi/Data Aktual

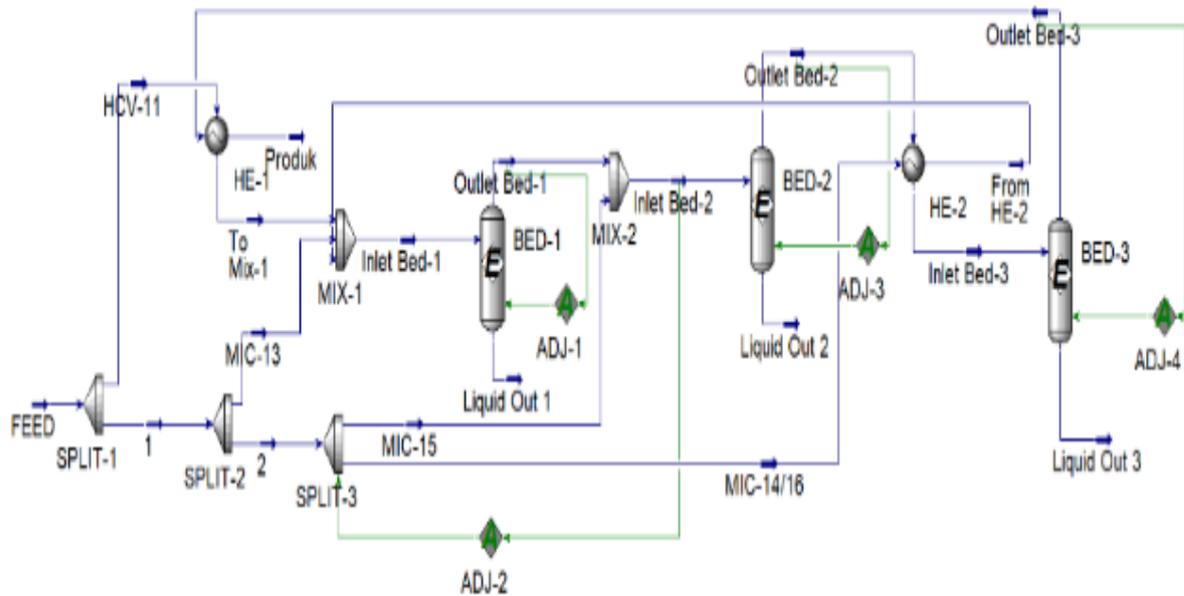
Data operasi merupakan data yang diperoleh pada saat berlangsungnya operasi setiap harinya dan didapatkan dari *control room* unit dan *logsheet*. Data komposisi *inlet* dan *outlet* diperoleh dari hasil Analisa sampel oleh bagian *Quality Control* di Laboratorium. Data operasi yang dibutuhkan yaitu komposisi input dan output ammonia converter setiap bed, Data temperatur *inlet* dan *outlet*, Data tekanan *inlet* dan *outlet* dan *Flow rate* dan % komposisi mol input dan output.

Simulasi

Proses simulasi dilakukan dengan menggunakan Aspen Hysys v.10. Dalam proses ini dilakukan dengan beberapa tahapan proses. Proses yang

pertama yaitu pemilihan komponen kimia yang terlibat dalam simulasi, reaksi dan properti termodinamikanya. Pada simulasi ini digunakan Peng-Robinson sebagai *Fluid Package* nya karena komponen yang terlibat dalam simulasi semuanya

dalam fase gas. Kemudian simulasi aliran proses dengan reaktor yang digunakan yaitu rektor *Equilibrium*. Gambar 2 menunjukkan Simulasi aliran yang terjadi di *ammonia converter* dengan menggunakan Aspen Hysys V10.

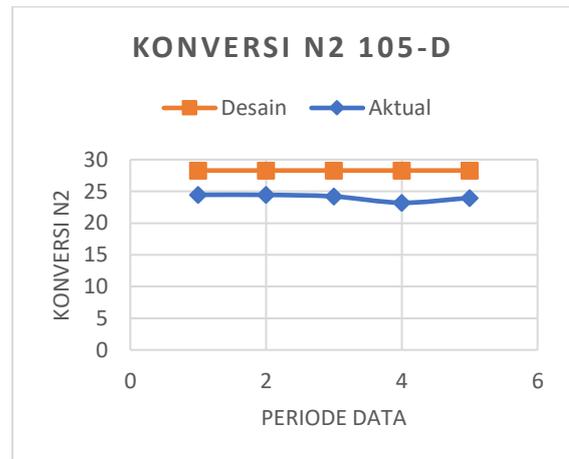


Gambar 2. Simulasi Aliran Proses Dengan Aspen Hysys V. 10

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Ammonia converter merupakan reaktor tempat berlangsungnya reaksi pembentukan ammonia dari gas syntesa (N₂ dan H₂) dari unit purifikasi dengan bantuan katalis Promoted Iron. Reaksi yang terjadi pada ammonia converter merupakan reaksi yang bersifat eksotermis [3]. Perhitungan neraca massa pada ammonia converter dilakukan dengan menggunakan simulasi hysys dilihat dengan membandingkan perhitungan data desain dan data aktual yang telah di input pada aplikasi tersebut. Dalam Ammonia Converter terjadi reaksi pembentukan ammonia dari gas Nitrogen dan Hidrogen. Konversi N₂ dan H₂ membentuk produk.

Simulasi dilakukan dengan menggunakan data aktual yang diambil selama ± 20 hari dengan rentang interval antar data selama 5 hari. Dari perhitungan neraca massa yang dilakukan dengan hysys dapat ditentukan besar konversi N₂ reaktan yang terjadi pada ammonia converter membentuk produk ammonia yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Konversi N₂ di *Ammonia Converter*

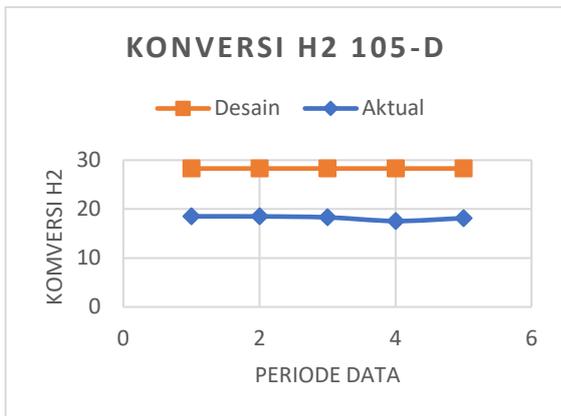
Hasil konversi untuk data desain dan data aktual tersebut menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan.

Perhitungan Konversi yang digunakan

$$\text{Konversi} = \frac{\text{Flow input} - \text{Flow output}}{\text{Flow input}} \times 100\%$$

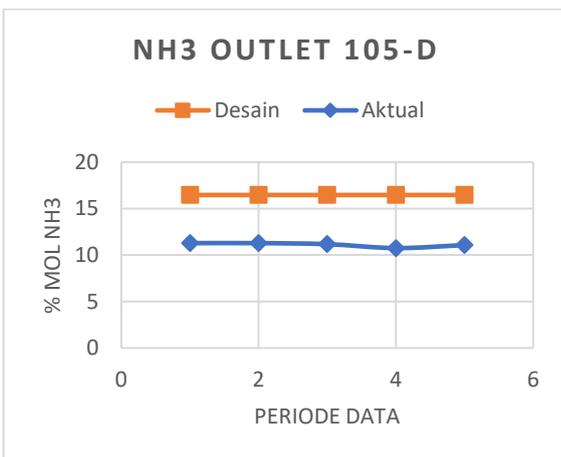
Untuk data desain pabrik, N₂ terkonversi menjadi NH₃ sebesar 28,29 % sedangkan pada gambar 4 untuk H₂ yang terkonversi menjadi NH₃ adalah sebesar 28,13 %. Sementara data aktual pada periode data ke 1 konversi N₂ didapatkan sebesar 24,46 % dan H₂ yang terkonversi sebesar 18,52 %. Data tersebut merupakan data yang diambil dengan hasil konversi

tertinggi dalam proses produksi ammonia. Sementara konversi terendah yaitu pada periode data ke 4, di mana konversi N_2 sebesar 23,21% dan H_2 sebesar 17,57%.



Gambar 4. Konversi H2 di ammonia converter

Hasil konversi yang dihasilkan oleh data aktual di setiap periode data menunjukkan perbedaan yang tidak begitu besar. Namun dilihat dari data tersebut maka akan berdampak pada produksi NH_3 . Pada beberapa data aktual yang diambil, setelah dilakukan perhitungan secara *hysys* produk NH_3 yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan dengan data desain sesuai dengan konversi, dapat dilihat pada gambar 5. Berdasarkan grafik tersebut perbedaan produk NH_3 pada data desain dan data aktual yang dihasilkan di mana produk pada data aktual memiliki nilai lebih rendah jika dibandingkan dengan produk pada data desain. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti *inlet* temperatur, tekanan, katalis, perubahan jumlah rasio H_2/N_2 dan lain sebagainya.



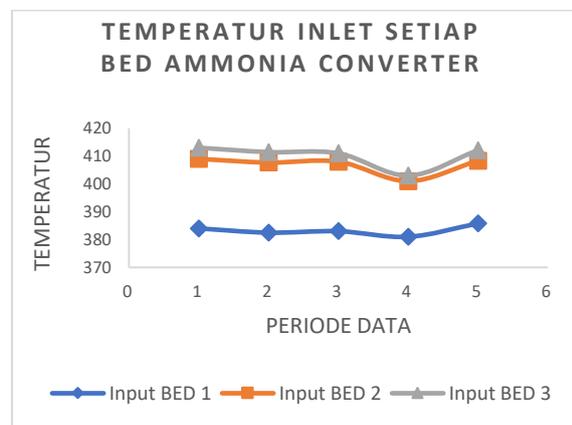
Gambar 5. Produk NH_3 Ammonia Converter

Temperatur

Konversi suatu reaksi dipengaruhi oleh aspek termodinamika, kinetika, maupun mekanika fluida. Dari aspek termodinamika, temperatur *inlet* reaktor atau temperatur reaksi akan mempengaruhi konversi kesetimbangan reaksi tersebut di mana reaksi bersifat eksotermis [2]. Sehingga temperatur merupakan salah

satu faktor yang penting dalam pembentukan NH_3 . Temperatur *inlet bed 1, bed 2, dan bed 3* pada data desain secara berurutan yakni 377,1°C, 413,4°C dan 369°C.

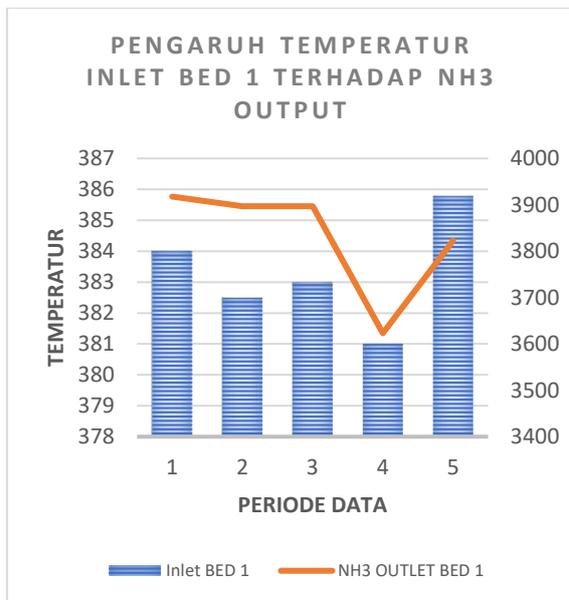
Data tersebut cukup berbeda dengan data aktual yang ditunjukkan pada gambar 6. Temperatur masuk *bed 1* data aktual rata-rata mengalami kenaikan yang tidak jauh jika dibandingkan dengan data desain, temperatur masuk *bed 2* mengalami sedikit penurunan. Sementara pada *bed 3* temperatur masuk mengalami kenaikan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan data desain, hal tersebut dapat berdampak pada menurunnya pembentukan produk. Tingginya temperatur masuk *bed 3* dapat disebabkan oleh kurang maksimalnya pendinginan pada aliran 3 dengan proses *interchanger*. Temperatur yang terlalu rendah akan menyebabkan konversi reaktan menjadi produk kurang berjalan dengan sempurna [11]. Namun temperatur yang terlalu tinggi akan menyebabkan reaksi berbalik ke arah kiri karena merupakan reaksi bolak-balik.



Gambar 6. Produk Perbandingan temperatur inlet setiap bed pada data aktual

Temperatur Inlet Bed 1

Dasar tempat pembentukan konversi awal dari bahan baku menjadi produk terhadap produk ammonia yang diinginkan terjadi pada *bed 1* yaitu berkisar antara 2803,91 Kg/hr hingga 3086,41 Kg/hr. Oleh karena itu, temperatur *inlet bed 1* dan temperatur pada Ammonia Converter sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan. Meskipun perbedaan temperatur tidak terlalu jauh. Berikut grafik yang menunjukkan produk NH_3 pada *bed 1* dengan melihat temperatur *bed 1* pada data aktual. Pengaruh temperatur *inlet Bed 1* dapat dilihat pada gambar berikut. Dapat dilihat pada gambar 7, yang menunjukkan pengaruh temperatur *inlet* di *bed 1* ammonia converter.



Gambar 7. Pengaruh temperatur inlet bed 1 terhadap produk yang dihasilkan

Temperatur *inlet bed* 1 dari yang terendah ke tertinggi beserta produk NH_3 yang dihasilkan secara berurutan yaitu pada periode data ke 4 sebesar 381°C dengan produk sejumlah $3687,23 \text{ kg/hr}$. Pada periode data ke 2 yaitu $382,49^\circ\text{C}$ dengan produk sejumlah $3896,7 \text{ kg/hr}$, periode data ke 3 sebesar 383°C dengan produk sejumlah $3897,1 \text{ kg/hr}$. Periode data ke 1 sebesar 384°C dengan produk $3917,7 \text{ kg/hr}$ dan periode data ke 5 yaitu $385,77^\circ\text{C}$ menghasilkan produk sebesar $3822,8 \text{ kg/hr}$. Dari data tersebut didapatkan bahwa semakin tinggi temperatur maka produk *Ammonia* yang dihasilkan akan semakin besar. Namun pada temperatur $385,77^\circ\text{C}$ pada periode data terakhir produk *ammonia* yang dihasilkan menurun. Hal tersebut dikarenakan pada temperatur yang sangat tinggi, produk sudah mulai berbalik arah kembali menjadi reaktan, sehingga produk yang diinginkan berkurang.

Tidak hanya di *bed* 1 temperatur *inlet* di setiap *bed* sangat memberikan pengaruh terhadap produk yang dihasilkan pada setiap *bed* karena temperatur inlet dari setiap *bed* akan menentukan konversi yang dihasilkan, sehingga harus dijaga dengan melakukan pendinginan melalui aliran *Quench* dan *Intrercooler* pada temperatur inlet setiap *bed* pada ammonia converter. Pengaturan aliran pendingin dapat dilakukan dengan memvariasikan bukaan valve, sehingga proses pendinginan akan berjalan baik.

4 KESIMPULAN

Semakin tinggi temperatur maka produk *Ammonia* yang dihasilkan akan semakin besar. Pada temperatur $385,77^\circ\text{C}$ (data pada periode data ke 5) produk ammonia yang dihasilkan menurun, dikarenakan pada temperatur yang sangat tinggi, produk sudah mulai berbalik arah kembali menjadi reaktan sehingga produk yang diinginkan berkurang.

Produk NH_3 yang dihasilkan pada data aktual memiliki nilai lebih rendah jika dibandingkan dengan data desain, dengan hasil % Mol NH_3 outlet pada data desain yaitu sebesar $16,46\%$ Mol sedangkan pada data aktual dengan hasil tertinggi yaitu pada periode data ke 1 periode data ke 2 sebesar $11,28\%$ Mol. Produk *Ammonia* tertinggi dihasilkan pada data periode data ke 1 dengan temperatur inlet 384°C , dan menghasilkan produk sebesar $3917,7 \text{ kg/hr}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Jauhari yang telah banyak memberikan arahan dan masukan selama proses pengambilan data di lapangan serta pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Bahrin, I. N. Sakinah, dan F. U. K. Putri, "Analisa *Performance Ammonia Converter* Pabrik Pupuk Sebelum dan Sesudah *Turn Around (TA)*", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 01 no. 25, pp. 13-17, 2019.
- [2] Luthfi, M. (2022, Februari 13). Simulasi dan Evaluasi Reaktor Amoniak [Online]. Available: <https://id.scribd.com/document/364960288/Simulasi-Dan-Evaluasi-Reaktor-Amoniak>.
- [3] M. D. Bustan, "Pengaruh Proses Pengintegrasian Panas terhadap Konversi Amoniak pada *Intercooler* Reaktor Amoniak dengan Analisis Eksergi dan *Pinch*", *Reaktor*, vol. 13, no. 02, pp. 117-123, 2010.
- [4] M. E. Hanyak Jr., *Chemical Process Simulation and the Aspen HYSYS V10.0 Software*. Lewisburg: Bucknell University, 2021.
- [5] M. I. Dwuputri, A. Nawasanjani, R. Renanto, dan R. P. Anugraha, "Pra Desain Pabrik Urea dari Amonia dan CO_2 Berbasis Proses *Stamicarbon CO2 Stripping*", *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 01, pp. 2301-9271, 2021.
- [6] M. J. Azarhoosh, F. Farivar dan H. A. Ebrahim, "Simulation and Optimization of a Horizontal Ammonia Synthesis Reactor Using Genetic Algorithm", *Rsc Advances*, vol. 04, no 26, pp. 13419-13429, 2014.
- [7] O. Levenspiel., *Chemical Reaction Engineering 3rd edition*. John Wiley and Sons: New York, 1999.
- [8] PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. *Filosofi Urea*. Palembang. Departemen Operasi PUSRI-IV.
- [9] PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. *Materi Ammoni PUSRI-IV* Palembang. Palembang. Departemen Operasi PUSRI-IV.
- [10] PT Pusri Palembang. *Profil Perusahaan PT Pupuk Sriwidjaja Palembang*. (Online). 2023.
- [11] Rahmatullah., F. Primesa, dan F. P. Sari, "Evaluasi *Performance Ammonia Converter* Pabrik Urea ditinjau dari Pengaruh Temperatur, Tekanan, Rasio H_2/N_2 dan Mol Inert, serta

Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Panas dengan Simulator”, *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 01, no. 25, pp. 21-30, 2019.

- [12] R. M. Y. Agustria, A. Azhar, dan R. W. Putri, “Evaluasi Efisiensi Ammonia Converter Unit Ammonia pada Industri Pupuk Urea”, *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 03, no 25, pp. 70-74, 2019.
- [13] N. O. Siringo-ringo, I. Sari, dan Selpiana, “Evaluasi Kinerja Ammonia Converter Pabrik Urea ditinjau dari Konversi N_2 dan H_2 dengan menggunakan HYSYS”, *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 03, no. 25, pp. 80-85, 2019.