

Analysis of Factors Influencing The Performance of The Ammonia Converter at Plant IIB of PT Pupuk Sriwidjaja

Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja *Ammonia Converter* Pada Pabrik IIB PT Pupuk Sriwidjaja

Enggal Nurisman^{1*)}, Yunita Effendi²⁾ dan Nadila Septiani³⁾

Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM32, Indralaya, 30862

Email: enggalnurisman@ft.unsri.ac.id

Abstract: *The Ammonia converter is the primary equipment in an ammonia plant in PT Pupuk Sriwidjaja IIB where the conversion process of hydrogen and nitrogen into ammonia takes place. During this process, various constraints often arise such as changes in temperature, pressure, and the H₂/N₂ ratio, which can result in decreased performance and impact the conversion of the produced products. Performance evaluation of the ammonia converter is conducted to determine the condition and main factors affecting the ammonia conversion on the ammonia converter by collecting conversion data, H₂/N₂ ratio, temperature, and pressure. Based on the evaluation results from the data of September-November 2023, it was found that the actual average conversion of ammonia is better than the design, amounting to 20.43%. The highest conversion of ammonia is at a temperature of 399.25°C and pressure of 152.18 kg/cm², while the lowest conversion is at a temperature of 402.17°C and pressure of 150.52 kg/cm². Furthermore, based on statistical tests using multiple linear regression method, there are two main factors influencing the conversion of ammonia, namely temperature and pressure, while the H₂/N₂ ratio does not significantly affect the conversion of ammonia due to its fluctuating nature.*

Keywords: *Ammonia converter, Conversion, Rasio H₂/N₂, Temperature, Pressure*

Abstrak: *Ammonia converter merupakan alat utama di ammonia plant Pabrik IIB PT Pupuk Sriwidjaja sebagai tempat terjadinya proses konversi hidrogen dan nitrogen menjadi ammonia. Selama berlangsungnya proses ini, berbagai kendala sering muncul seperti perubahan temperatur, tekanan dan rasio H₂/N₂ yang dapat mengakibatkan penurunan performa dan berdampak pada konversi produk yang dihasilkan. Evaluasi performa dari ammonia converter dilakukan untuk mengetahui kondisi dan faktor utama yang mempengaruhi konversi ammonia pada ammonia converter yang dilakukan dengan cara mengambil data konversi, rasio H₂/N₂, temperatur dan tekanan. Berdasarkan hasil evaluasi dari data bulan September-November 2023 didapatkan bahwa konversi rata-rata ammonia secara aktual lebih baik dibandingkan desain yaitu sebesar 20,43%. Konversi ammonia tertinggi berada pada temperature 399,25°C dan tekanan 152,18 kg/cm² sedangkan konversi terendah berada pada kondisi temperature 402,17°C dan tekanan 150,52 kg/cm². Selain itu, berdasarkan uji statistik dengan metode regresi linier berganda terdapat dua faktor utama yang memengaruhi konversi ammonia yaitu temperatur dan tekanan sedangkan rasio H₂/N₂ tidak berpengaruh signifikan terhadap konversi ammonia dikarenakan sifatnya yang fluktuatif.*

Kata Kunci: *Ammonia converter, Konversi, rasio H₂/N₂, Temperatur, Tekanan*

DOI: <https://doi.org/10.37577/sainteks.v7i01.701>

Received: 06, 2024. Accepted: 02, 2025

Published: 03, 2025

PENDAHULUAN

PT. Pupuk Sriwidjaja, sebagai anak perusahaan terkemuka dari PT. Pupuk Indonesia, merupakan salah satu produsen *ammonia* terbesar di Indonesia. Proses produksi *ammonia* menggunakan bahan baku berupa gas alam, dan gas nitrogen untuk menghasilkan *ammonia* sebagai produk utama (Kusumaningrum et al., 2023). Perusahaan ini memiliki empat unit pabrik, masing-masing terdiri dari pabrik *ammonia*, pabrik urea, dan fasilitas utilitas yang mendukung. Pabrik *ammonia* melibatkan beberapa unit, termasuk *feed treating unit*, *reforming unit*, unit purifikasi gas, *syn-loop unit*, pemurnian produk, dan *recovery unit*.

Pabrik ini memiliki fokus utama pada produksi *ammonia* sebagai komoditas utama. Di dalam *syn-loop unit*, terdapat *ammonia converter* yang memegang peran krusial dalam proses produksi *ammonia*. *Ammonia converter* menjadi perangkat utama dalam proses produksi *ammonia*, dimana konversi nitrogen dan hidrogen menjadi *ammonia* terjadi. Keberhasilan proses ini sangat tergantung pada performa optimal *ammonia converter*, yang mendukung pencapaian target produksi perusahaan. Proses reaksi pembentukan *ammonia* dalam *Ammonia converter* sangat dipengaruhi oleh sejumlah parameter. Beberapa parameter yang memengaruhi reaksi pembentukan *ammonia* adalah suhu, tekanan, dan rasio H₂/N₂. Menurut penelitian (Amhamed, Qarnain, et al., 2022) pada pabrik *ammonia* Casale, penggunaan tekanan yang tinggi pada operasi pembentukan *ammonia* akan menghasilkan *ammonia* dengan konsentrasi tinggi yang akan sangat mudah terkondensasi menggunakan H₂O. Reaksi pembentukan *ammonia* merupakan reaksi eksotermik (Susmanto, Dewantara, et al., 2023). Reaksi pembentukan *ammonia* dapat dilihat pada persamaan 1:



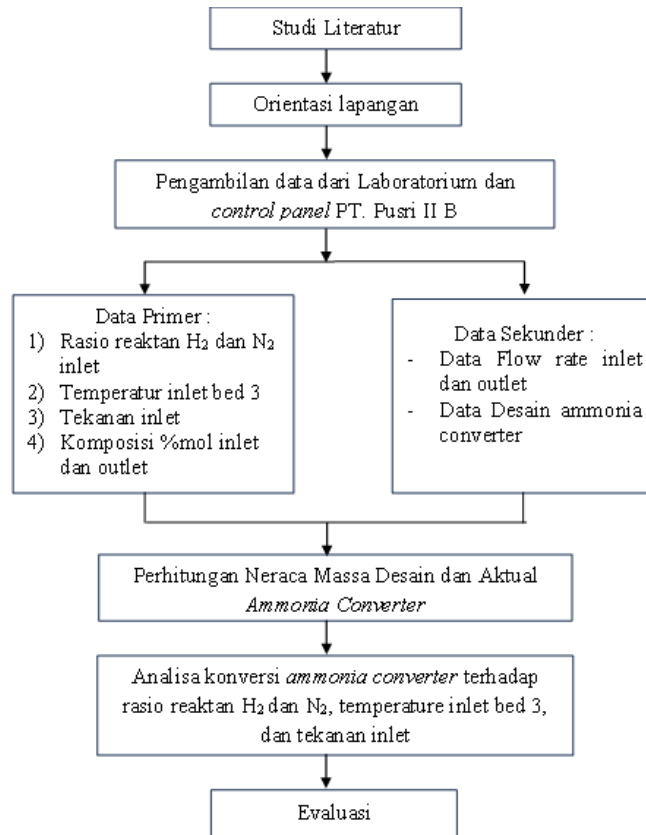
Permasalahan di *ammonia converter* dapat berdampak signifikan terhadap produktivitas perusahaan. Gangguan dalam proses konversi *ammonia* tidak hanya mengakibatkan penurunan produksi, tetapi juga dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang kurang baik. Dalam industri yang sangat kompetitif, setiap penurunan produktivitas dapat memiliki konsekuensi finansial yang serius dan mempengaruhi posisi pasar perusahaan. Konversi, bersama dengan faktor-faktor seperti suhu, tekanan, dan rasio H₂/N₂, memainkan peran kunci dalam mencapai target produksi *ammonia*. Perlu adanya evaluasi terhadap performa *ammonia converter* yang bersifat krusial untuk menjaga kelancaran operasional dan produktivitas pabrik. Perhitungan secara langsung maupun simulasi telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Penelitian oleh (Susmanto, Saharany, et al., 2023) menunjukkan hasil simulasi menggunakan *Aspen Hysys* dimana perlu ditambahkan *cooler* untuk menjaga temperatur reaksi agar tetap konstan dan mempengaruhi keluaran *ammonia*. Penggunaan aplikasi perhitungan lainnya juga telah digunakan oleh (Yancy-Caballero et al., 2015) untuk menghitung optimasi *ammonia synthesis reactor* dengan aplikasi pemodelan GAMS. Akan tetapi, pada penelitian-penelitian tersebut tidak menunjukkan parameter yang paling mempengaruhi dari keseluruhan parameter yang ada. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipaparkan hasil pengujian menggunakan uji SPSS untuk menentukan parameter mana yang paling mempengaruhi dalam performa *ammonia converter*.

METODOLOGI

Diagram Alir

Diagram alir dalam proses mengevaluasi *ammonia converter* pada unit *ammonia* PT Pupuk Sriwidjaja IIB dapat dilihat pada Gambar 1. Studi literatur dilakukan dengan mengeksplorasi referensi buku dari perpustakaan serta dari internet yang relevan dengan pembahasan. Studi literatur digunakan sebagai petunjuk dalam pengolahan data. Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode studi literatur dan metode observasi lapangan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data yang dikumpulkan, yaitu data desain dan desain aktual. Hasil perhitungan lalu dianalisa dan dievaluasi untuk mengetahui performa dari *ammonia*

converter. Untuk memperkuat hasil penelitian maka data yang didapat akan dilakukan analisa statistik menggunakan *software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*.



Gambar 1. Diagram Alir

Pengumpulan Data

Data desain merupakan data rancangan pada saat unit tersebut didesain pada PT Pupuk Sriwidjaja IIB. Adapun data desain yang digunakan yakni data *Flow rate inlet* dan *outlet ammonia*, komposisi %mol *inlet* dan *outlet ammonia converter*, tekanan *inlet*, temperatur *inlet bed 3 ammonia converter* dan rasio H_2/N_2 .

Data aktual adalah data yang diperoleh pada saat berlangsungnya operasi. Data diperoleh dari control room dan juga laboratorium unit PT Pupuk Sriwidjaja IIB dan terdata pada logsheet. Adapun data aktual yang digunakan yakni data *Flow rate inlet* dan *outlet ammonia*, komposisi % mol *inlet* dan *outlet ammonia converter*, tekanan *inlet*, temperatur *inlet bed 3 ammonia converter* dan rasio H_2/N_2 . Pengambilan data ini tidak lepas dari bantuan para operator dan analis di PT Pupuk Sriwidjaja IIB. Prosedur yang dilakukan yaitu dengan mengkonfirmasi pengambilan data kepada pembimbing lapangan, kemudian pembimbing lapangan akan menginformasikan hal ini kepada analis dan operator di laboratorium dan *control room*. Setelah itu akan didapatkan data yang diperlukan dalam bentuk file foto yang hanya dapat digunakan untuk keperluan laporan dan jurnal.

Data-data yang digunakan dalam mengevaluasi *ammonia converter* diambil sebanyak 6 data yang diambil pada tanggal 11 September 2023, 18 September 2023, 25 September 2023, 2 Oktober 2023, 9 Oktober 2023, dan 16 Oktober 2023. Data diambil pada tanggal tersebut dikarenakan jika data diambil pada tanggal yang berdekatan, maka data yang didapat cenderung sama dengan tanggal sebelum dan sesudahnya.

Metode Perhitungan

Pengolahan data dilakukan untuk mengevaluasi performa *ammonia converter*. Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan neraca massa desain dan aktual dari *ammonia converter*.

1. Perhitungan Konversi Senyawa

$$\text{Konversi Senyawa} = \frac{\text{Laju mol input} - \text{Laju mol output}}{\text{Laju mol input}} \times 100 \% \dots (2)$$

2. Perhitungan Rasio H₂/N₂

$$\text{Rasio H}_2/\text{N}_2 = \frac{\text{Fraksi Mol H}_2}{\text{Fraksi Mol N}_2} \dots (3)$$

3. Perhitungan Laju Molar *Input/Output*

$$\text{Laju Molar Input/Output} = \text{Fraksi senyawa} \frac{\text{input}}{\text{output}} \times \text{Laju molar} \frac{\text{input}}{\text{output}} \text{ aktual} \dots (4)$$

Metode Analisa Statistik

Analisa statistik yang digunakan adalah analisa menggunakan *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) dengan metode regresi linear berganda. Analisis regresi digunakan untuk mengukur seberapa besar pengaruh antara variabel bebas dan variabel terikat. Regresi linear berganda merupakan metode regresi yang melibatkan lebih dari satu variabel independen. Teknik ini diterapkan untuk menentukan arah serta tingkat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat.

Pada metode regresi linear berganda terdapat pengujian hipotesis melalui beberapa uji salah satunya adalah uji statistik T. Uji T bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh parsial yang diberikan variabel independen X terhadap variabel dependen Y. Dasar pengambilan keputusan pada metode ini berapa pada nilai signifikansi (Sig) dan membandingkan antara nilai t hitung dengan t tabel dengan tingkat kepercayaan yang sesuai dengan standar statistik adalah 95% atau $\alpha = 0,05$. Berikut adalah hipotesis yang digunakan pada metode regresi linear berganda dan dasar pengambilan keputusan uji t.

- a) Perumusan Hipotesis

1. Terdapat pengaruh temperatur (X1) terhadap konversi (Y1)
2. Terdapat pengaruh tekanan (X2) terhadap konversi (Y1)
3. Terdapat pengaruh rasio H₂/N₂ (X3) terhadap konversi (Y1)

- b) Dasar Pengambilan Keputusan dan Hasil Uji

1. Uji t

Menurut (Ghozali, 2018), uji t dilakukan untuk mengetahui apakah variabel independen dalam model regresi berpengaruh secara parsial terhadap variabel dependen dengan dasar pengambilan keputusan:

- Jika nilai sig < 0,05, atau t hitung > t tabel maka terdapat pengaruh variabel X terhadap variabel Y.
- Jika nilai sig > 0,05, atau t hitung < t tabel maka tidak terdapat pengaruh variabel X terhadap variabel Y.

Untuk mencari t tabel dengan rumus sebagai berikut:

$$t \text{ tabel} = t \left(\frac{\alpha}{2} ; n - k - 1 \right)$$

Keterangan:

α : Tingkat kepercayaan (0,05)

n : Jumlah sampel

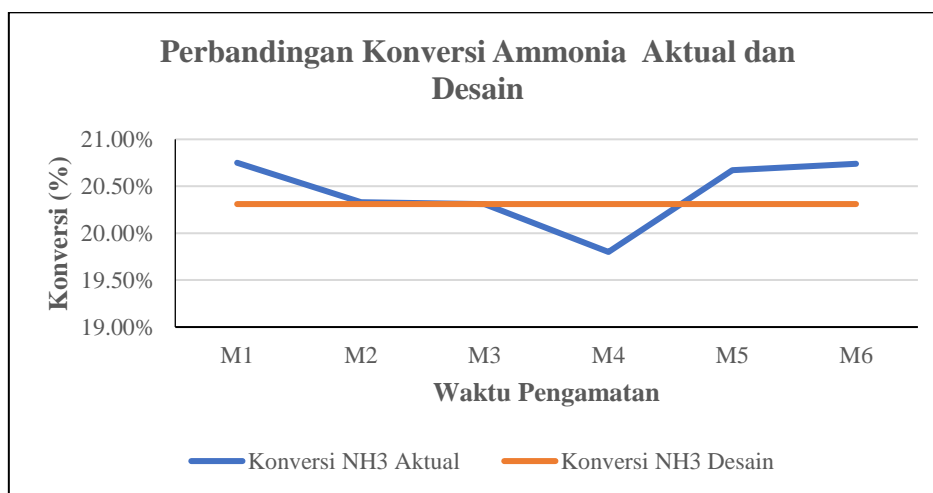
k : Jumlah variabel X

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Konversi NH₃ Desain dan Aktual

Perhitungan konversi *ammonia* pada *ammonia converter* didapatkan dari hasil perbandingan antara keluaran *ammonia* dengan jumlah mol total. Gambar 2 menunjukkan perbandingan antara konversi NH₃ berdasarkan data desain dengan data aktual sesuai

perhitungan yang dilakukan. Berdasarkan data desain, diketahui konversi NH₃ sebesar 20,31%, sedangkan berdasarkan dari data aktual konversi NH₃ dari minggu pertama sampai minggu ke enam memiliki rentang dari 19,80-20,75%. Konversi NH₃ aktual tertinggi ada pada saat minggu pertama pada tanggal 11 September 2023 sebesar 20,75%. Sedangkan konversi NH₃ aktual terendah terdapat di minggu ke empat pada tanggal 2 Oktober 2023 dengan besaran konversi, yaitu 19,80%. Dari gambar 2 didapatkan bahwa data aktual dari *ammonia converter* beragam setiap minggunya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil konversi pembentukan *ammonia* k di dalam *ammonia converter*. Faktor-faktor tersebut, diantaranya adalah perubahan temperatur, kandungan gas inert, rasio H₂ dan N₂, dan tekanan. Feed gas yang masuk ke dalam *ammonia converter* sebelum direaksikan terbagi menjadi beberapa komponen, yaitu hidrogen, argon, *ammonia*, serta metana.

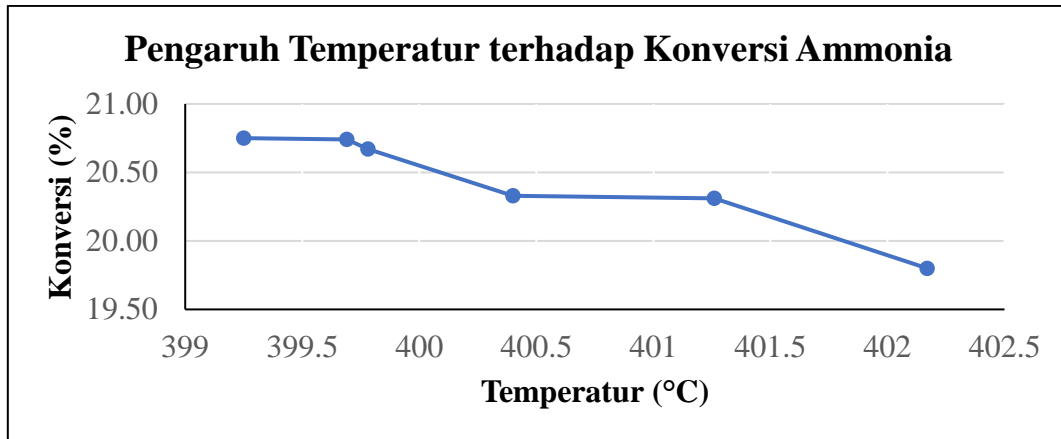


Gambar 2. Grafik Perbandingan NH₃ Desain dan Aktual

Perubahan temperatur berkaitan dengan kesetimbangan reaksi pembentukan *ammonia*. Dimana menurut penelitian (Bahrin et al., 2019), menyatakan apabila temperatur naik maka kesetimbangan reaksi akan bergeser kearah reaktan dan menyebabkan *ammonia* akan kembali terurai. Kenaikan temperatur yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan reaksi menjadi tidak sempurna walaupun reaksi berjalan lebih cepat (Elbaz et al., 2022). Temperatur juga berkaitan dengan kelajuan reaksi dimana kenaikan temperatur menyebabkan penurunan derajat kesetimbangan *ammonia*. Hal ini juga dibuktikan oleh penelitian (Siringo-ringo et al., 2019) yang menyebutkan bahwa ketika derajat kesetimbangan *ammonia* turun bersamaan dengan itu konversi reaksi pembentukan *ammonia* pun meningkat. Kenaikan temperatur disebabkan karena adanya ketidakoptimalan saat perpindahan panas dan pengonsumsi panas.

Pengaruh Temperatur *Inlet Bed3* terhadap Konversi *Ammonia*

Salah satu parameter yang dapat mempengaruhi performa dari *ammonia converter* adalah temperatur. Temperatur mempengaruhi laju reaksi sintesa maupun kesetimbangan *ammonia*, karena reaksi sistesis *ammonia* bersifat eksotermis maka kenaikan temperatur dapat menurunkan derajat kesetimbangan dari *ammonia* dan juga mempercepat laju reaksi. Ketika temperatur meningkat, maka laju reaksi akan mengalami peningkatan namun konversi *ammonia* akan mengalami penurunan. Penelitian oleh (Shamiri & Aliabadi, 2021) menunjukkan pernyataan yang sama mengenai temperatur yang menyebabkan hasil konversi *ammonia* lebih tinggi dikarenakan kesetimbangan reaksinya bergerak ke arah kanan (produk). Pengaruh temperatur *inlet bed3* terhadap konversi *ammonia* ditunjukkan pada Gambar 3.

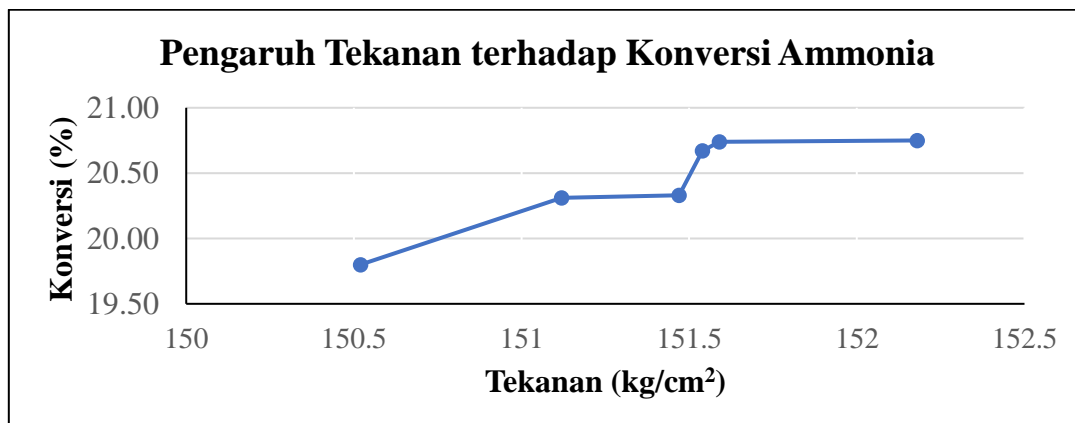


Gambar 3. Pengaruh Temperatur *Inlet Bed 3* terhadap Konversi *Ammonia*

Pada gambar 3. ditunjukkan bahwa temperature aktual pada *inlet bed* ketiga secara umum bernilai antara 399-402°C. Konversi *ammonia* tertinggi berada pada temperature 399,25°C dengan nilai 20,75%. Hal ini sesuai dengan asas Le Chatelier yang menyatakan bahwa penurunan temperatur menyebabkan sistem untuk memproduksi lebih banyak panas sehingga kesetimbangan reaksi bergeser ke arah eksotermis dan memproduksi lebih banyak *ammonia*. Sedangkan konversi terendah berada pada temperatur 402,17°C dengan nilai 19,80%. Hal ini dikarenakan temperatur yang terlalu tinggi sehingga laju reaksi meningkat yang menyebabkan kesetimbangan reaksi bergeser ke arah kiri dan produksi *ammonia* menurun. Hal ini juga sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu oleh (Rahmatullah & Sari, 2019) yang menyatakan bahwa meningkatnya temperatur dapat menurunkan konversi *ammonia* yang dihasilkan dan didukung oleh penelitian dari (Bustan, 2010), yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin rendah konversi *ammonia* yang dihasilkan. Reaksi pembentukan *ammonia*, yaitu antara hidrogen dan nitrogen juga dapat menghasilkan produk yang tidak diinginkan, seperti CO dan NO yang disebabkan oleh temperatur reaksi yang terlalu tinggi (Kusumaningrum et al., 2023).

Pengaruh Tekanan *Inlet* terhadap Konversi *Ammonia*

Selain temperatur, tekanan juga dapat mempengaruhi kesetimbangan maupun laju reaksi. Tekanan operasi syn-loop diatur dari speed dari syn-gas compressor (103-J). Naiknya speed dari 103-J maka akan menaikkan tekanan discharge-nya sehingga tekanan di syn-loop akan naik. Adanya peningkatan tekanan dapat meningkatkan konsentrasi kesetimbangan *ammonia* dan kecepatan laju reaksi sehingga konversi *ammonia* pun meningkat. Pengaruh tekanan *inlet* terhadap konversi *ammonia* dapat dilihat pada Gambar 4.

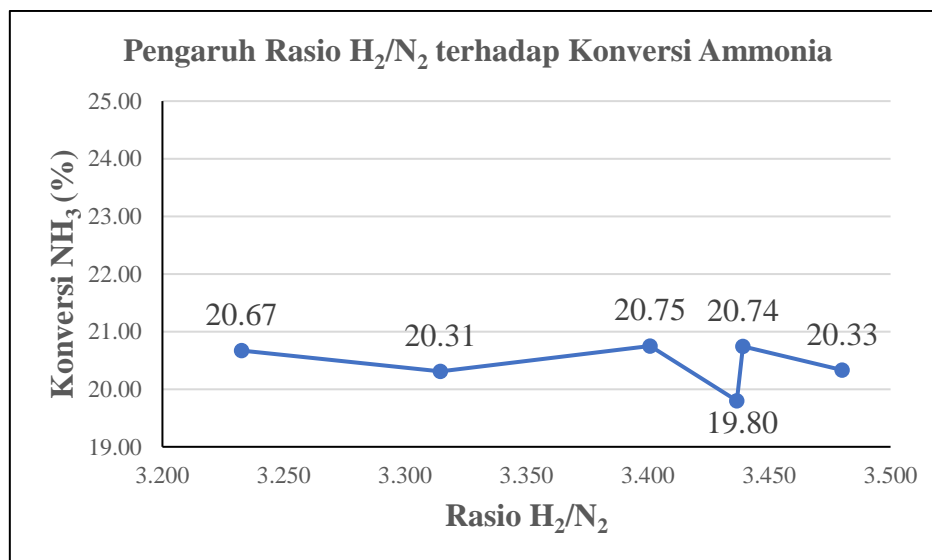


Gambar 4. Pengaruh Tekanan *Inlet* terhadap Konversi *Ammonia*

Pada gambar 4. ditunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan *inlet* maka semakin meningkat pula konversi *ammonia* yang terbentuk. Menurut asas Le Chatelier, peningkatan tekanan membuat sistem mengurangi tekanan dengan cara mengurangi molekul gas sehingga kesetimbangan reaksi bergeser ke arah kanan yang meningkatkan produksi *ammonia*. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan dari (Haryono, 2019) yang menyatakan bahwa kenaikan tekanan akan menyebabkan reaksi bergeser ke arah jumlah mol gas yang terkecil dan didukung oleh penelitian dari (Siringo-ringo et al., 2019) yang menyatakan bahwa meningkatnya konversi *ammonia* dipengaruhi oleh tekanan yang tinggi. Sedangkan jika tekanan diturunkan maka kesetimbangan akan bergeser ke arah sisi yang mempunyai jumlah molekul yang lebih besar sehingga konversi *ammonia* yang dihasilkan akan rendah. Namun, perlu diperhatikan walaupun konversi *ammonia* yang terbentuk semakin meningkat seiring dengan tingginya tekanan, tekanan operasi yang terlalu tinggi juga tidak diinginkan, karena tekanan operasi yang tinggi memerlukan vessel yang lebih tebal dan lebih mahal. Selain itu, biaya energi yang dibutuhkan tidak sebanding dengan *ammonia* yang dihasilkan, karena daya yang dibutuhkan kompresor untuk meningkatkan tekanan sebesar 1 kg/cm² adalah sekitar 190 kW.

Pengaruh Rasio H₂/N₂ terhadap Konversi Ammonia

Rasio H₂ dan N₂ memiliki pengaruh terhadap turun atau naiknya konversi di *ammonia converter*. Grafik rasio H₂/N₂ terhadap konversi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Rasio H₂/N₂ terhadap Konversi Ammonia

Gambar 5. menunjukkan hasil perbandingan antara rasio H₂/N₂ terhadap konversi NH₃ sesuai data perminggu dari tanggal 11 September 2023 - 16 Oktober 2023. Rasio H₂/N₂ berdasarkan data aktual masih sesuai atau berada pada rentang yang ada di desain pabrik, yaitu 2,5-3,8. Optimalnya pembentukan *ammonia* terjadi ketika rasio H₂/N₂ adalah 3:1. Akan tetapi, ketika di lapangan perbandingan H₂/N₂ dapat diubah sedikit untuk menemukan perbandingan H₂/N₂ yang optimum dalam campuran gas yang masuk *ammonia converter*. Komposisi feed gas merupakan variabel operasi utama yang mengontrol rasio H₂/N₂ (Agustria et al., 2019).

Perbandingan antara rasio H₂/N₂ dengan konversi NH₃ aktual menunjukkan data yang fluktuatif. Hal ini dapat disebabkan karena faktor seperti temperatur atau tekanan yang sesuai dengan kondisi operasi, sehingga pada rasio yang tidak terlalu tinggi dapat memberikan konversi *ammonia* tertinggi. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Rahmatullah & Sari, 2019), menunjukkan pengaruh rasio H₂ dan N₂ dari tahun 2015-2018 adalah data yang

fluktuatif, sehingga tidak dapat diketahui pasti rasio optimum untuk mencapai konversi *ammonia* tertinggi.

Berdasarkan hasil analisis data dengan perhitungan konversi, dapat disimpulkan bahwa baik temperatur, tekanan dan rasio H_2/N_2 memiliki pengaruh terhadap konversi *ammonia*. Hal ini sejalan dengan penelitian dari (Agustria et al., 2019) yang menyatakan bahwa kinerja *ammonia converter* dipengaruhi oleh temperatur, tekanan dan rasio umpan N_2 dan H_2 . Penggunaan aplikasi perhitungan lainnya juga telah digunakan oleh (Yancy-Caballero et al., 2015) untuk menghitung optimasi *ammonia synthesis reactor* dengan aplikasi pemodelan GAMS. Hasil Penelitian-penelitian tersebut tidak menunjukkan parameter yang paling mempengaruhi dari keseluruhan parameter yang ada. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipaparkan hasil pengujian menggunakan uji SPSS untuk menentukan parameter mana yang paling mempengaruhi dalam performa *ammonia converter*.

Faktor Utama yang Mempengaruhi Konversi *Ammonia* berdasarkan Uji Statistik

Dalam proses produksi *ammonia*, temperatur, tekanan dan rasio H_2/N_2 memiliki peranan yang sangat signifikan sehingga sulit untuk menentukan faktor utamanya. Temperatur pada *ammonia converter* mempengaruhi kecepatan reaksi, namun dalam beberapa kasus, temperatur yang tinggi dapat menghambat kestabilan reaksi sehingga temperatur yang optimal harus diatur untuk mencapai konversi yang tinggi. Tekanan *inlet* mempengaruhi keseimbangan reaksi antara nitrogen (N_2) dan hidrogen (H_2) yang membentuk *ammonia* (NH_3).

Menurut prinsip Le Chatelier, peningkatan tekanan akan mendorong reaksi ke arah yang menghasilkan lebih sedikit jumlah mol gas. Dalam konteks produksi *ammonia*, ini berarti peningkatan tekanan akan mendorong reaksi ke arah pembentukan lebih banyak *ammonia*. Rasio H_2/N_2 memainkan peran dalam stoikiometri reaksi, memastikan bahwa bahan baku digunakan secara optimal.

Dalam hal ini, faktor utama dapat ditentukan melalui metode regresi linier berganda. Metode regresi linier berganda merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh signifikan dua atau lebih variabel independen X terhadap variabel dependen Y (Mona et al., 2015). Pada metode regresi linier berganda terdapat pengujian hipotesis melalui beberapa uji salah satunya yaitu uji t.

Uji t bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh parsial yang diberikan variabel independen X terhadap variabel dependen Y (Priyatno, 2013). Model regresi berganda bertujuan untuk mengukur besarnya pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen. Variabel X dan Y dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel X dan Y yang digunakan dalam Uji t

Nama	Label
X1	Temperatur
X2	Tekanan
X3	Rasio H_2/N_2
Y1	Konversi

Dasar pengambilan keputusan pada uji ini berdasarkan (Ghozali, 2006):

Jika nilai $sig < 0,05$, atau $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$ maka terdapat pengaruh variabel X terhadap variabel Y.

Jika nilai $sig > 0,05$, atau $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ maka tidak terdapat pengaruh variabel X terhadap variabel Y.

Untuk mencari t tabel dengan rumus sebagai berikut:

$$t \text{ tabel} = t \left(\frac{\alpha}{2}; n - k - 1 \right) \dots (5)$$

Keterangan:

α : Tingkat kepercayaan (0,05)

n : Jumlah sampel

k : Jumlah Variabel X

Sehingga, nilai t tabel sebagai berikut:

$$t \text{ tabel} = t \left(\frac{0,05}{2} ; 6 - 3 - 1 \right)$$

$$t \text{ tabel} = t (0,025 ; 2)$$

$$t \text{ tabel} = 4,303$$

dan didapatkan output SPSS uji t yang disajikan pada Gambar 6.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Coefficients		
1	(Constant)	734.638	67.384		10.902	.008
	Temperatur	-.950	.097	-2.845	-9.749	.010
	Tekanan	-2.202	.193	-3.301	11.382	.008
	Rasio H ₂ /N ₂	-.134	.329	-.034	-.409	.722

a. Dependent Variable: Konversi

Gambar 6. Output SPSS Uji t

Berdasarkan tabel output SPSS uji t diketahui bahwa nilai signifikansi (Sig) variabel temperatur (X1) adalah 0,010 dan nilai t hitung sebesar -9,749 artinya nilai Sig. $0,010 < 0,05$ dan nilai t hitung $-9,749 > 4,303$. Maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis pertama diterima atau dengan kata lain terdapat pengaruh temperatur (X1) terhadap konversi (Y1). Namun pengaruh yang terjadi disini adalah pengaruh negatif. Hal ini dikarenakan nilai t hitung yang dihasilkan berlabel negatif, tanda negatif didepan angka menunjukkan arah pengaruh. Dalam hal ini artinya temperatur berpengaruh negatif atau tidak searah dengan konversi, hal ini sesuai dengan analisis sebelumnya yaitu semakin rendah temperatur maka semakin tinggi konversi *ammonia* yang dihasilkan begitu juga sebaliknya.

Nilai Sig. variabel tekanan (X2) adalah 0,008 dan nilai t hitung sebesar 11,382 artinya nilai Sig. $0,008 < 0,05$ dan nilai t hitung $11,382 > 4,303$. Maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis kedua diterima atau terdapat pengaruh tekanan (X2) terhadap konversi (Y1). Berbeda dengan temperatur, tekanan memiliki arah pengaruh yang positif atau searah, dimana hal ini sesuai dengan analisis sebelumnya yaitu semakin tinggi tekanan maka semakin tinggi juga konversi *ammonia* yang terbentuk begitu juga apabila terjadi sebaliknya.

Nilai Sig. variabel rasio H₂/N₂ (X3) adalah 0,722 dan nilai t hitung sebesar -0,409 artinya nilai Sig. $0,722 > 0,05$ dan nilai t hitung $-0,409 < 4,303$. Maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis ketiga ditolak atau tidak ada pengaruh signifikan variabel rasio H₂/N₂ terhadap konversi. Hal dikarenakan rasio H₂/N₂ sudah diatur pada seksi *purifier* agar sesuai dengan stoikiometri reaksi kimia yang diinginkan. Oleh karena itu, dalam kondisi optimal, rasio ini seharusnya sudah memenuhi kebutuhan reaksi kimia tanpa memerlukan penyesuaian lebih lanjut untuk mencapai konversi yang tinggi. Dalam beberapa kondisi, peningkatan rasio H₂/N₂ dapat meningkatkan kecepatan reaksi, tetapi dampaknya mungkin tidak sebesar pengaruh tekanan atau suhu terhadap reaksi kimia.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kinerja *ammonia converter* dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi optimal berada pada temperatur 399,25°C, tekanan 152,18 kg/cm² dan rasio H₂/N₂ sebesar 3,40. Kondisi operasi tersebut menghasilkan konversi *ammonia* tertinggi sebesar

20,75%. Hasil analisis uji t pada program SPSS juga didapatkan bahwa faktor utama yang mempengaruhi konversi *ammonia* adalah temperatur dan tekanan. Namun, faktor rasio H₂/N₂ sulit dianalisa dikarenakan data yang diperoleh bersifat fluktuatif sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh rasio H₂/N₂ terhadap konversi *ammonia*.

SARAN

Dari hasil evaluasi, untuk menghasilkan konversi *ammonia* yang optimum, maka kondisi operasi yang direkomendasikan adalah temperatur berkisaran antara 399°C-400°C. Lalu untuk tekanan, diperlukan evaluasi terhadap syn compressor (103-J) agar memberikan tekanan inlet *ammonia* converter (105-D) yang optimum yaitu 152 kg/cm². Sedangkan untuk rasio H₂/N₂ harus dijaga 3.4 agar produk *ammonia* yang terbentuk optimal dan tidak mengganggu kesetimbangan reaksi di reaktor 105-D.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustria, R. M. Y., Azhar, A., & Putri, R. W. (2019). Evaluasi efisiensi *ammonia* converter unit ammonia pada industri pupuk urea. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(3), 70–74.
- Amhamed, A. I., Qarnain, S. S., Hewlett, S., Sodiq, A., Abdellatif, Y., Isaifan, R. J., & Alrebei, O. F. (2022). Ammonia production Plants. *Fuels*, 3, 408-435.
- Bahrin, D., Sakinah, I. N., & Putri, F. U. K. (2019). Analisa performance *ammonia* converter pabrik pupuk sebelum dan sesudah turn around (TA). *Jurnal Teknik Kimia*, 25(1), 13–17.
- Bhagya, T. G. (2021). Analisis Faktor Kualitas Produk Yang Menentukan Kepuasan Konsumen. *Ekonomi: Jurnal Ekonomi, Akuntansi & Manajemen*, 3(1), 41-49.
- Bustan, M. D. (2010). Pengaruh proses pengintegrasian panas terhadap konversi amoniak pada intercooler reaktor amoniak dengan analisis eksergi dan pinch. *Reaktor*, 13(2), 117.
- Elbaz, A. M., Wang, S., Guiberti, T. F., & Roberts, W. L. (2022). Review On The Recent Advances On Ammonia Combustion From The Fundamentals To The Applications. *Fuel Communications*, 10, 100053.
- Ghozali, I. (2006). *Aplikasi analisis multivariate dengan program SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi analisis multivariate dengan program SPSS 25*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Haryono, H. E. (2019). *Kimia Dasar*. Deepublish.
- Kusumaningrum, S. R., Rosalin, N. A., Wiguno, A., & Wibawa, G. (2023). Pra-Desain Pabrik Amonia dari Gas Alam. *Jurnal Teknik ITS*, 12(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i2.121274>
- Mona, M., Kekenusa, J., & Prang, J. (2015). Penggunaan Regresi Linear Berganda untuk Menganalisis Pendapatan Petani Kelapa. Studi Kasus: Petani Kelapa Di Desa Beo, Kecamatan Beo Kabupaten Talaud. *D’CARTESIAN*, 4(2), 196. <https://doi.org/10.35799/dc.4.2.2015.9211>
- Priyatno, D. (2013). Mandiri belajar analisis data dengan SPSS. *Yogyakarta: Mediakom*.
- Rahmatullah, R., & Sari, F. P. (2019). Evaluasi performance ammonia converter Pabrik urea ditinjau dari pengaruh temperatur, tekanan, rasio H₂/N₂, dan mol inert inlet, serta perhitungan neraca massa dan neraca panas dengan simulator. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(1), 21–30.
- Shamiri, A., & Aliabadi, N. (2021). Modeling And Performance Improvement Of An Industrial Ammonia Synthesis Reactor. *Chemical Engineering Journal Advances*, 8, 100177.
- Siringo-ringo, N. O., Sari, I., & Selpiana, S. (2019). Evaluasi kinerja ammonia converter pabrik urea ditinjau dari konversi N₂ dan H₂ dengan menggunakan hysys. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(3), 80–85.
- Susmanto, P., Dewantara, D., Widodo, T., & Susanti, S. (2023). Performance Analysis of Ammonia Converter in Ammonia Unit Factory. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 6(1), 56. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v6i1.14157.56-62>

- Susmanto, P., Saharany, M. D., & Yona, R. (2023). Simulasi Dan Optimalisasi Ammonia Converter Terhadap Peningkatan Porsen Mol Amonia Produk Pada Ammonia Plant. *Journal of Chemical Process Engineering*, 8(2), 68–80.
- Yancy-Caballero, D., Biegler, L. T., & Guirardello, R. (2015). Optimization Of An Ammonia Synthesis Reactor Using Simultaneous Approach. *Chemical Engineering Transactions*.