

Analisa Kinerja *Stripper* Dalam Penurunan Kandungan *Ammonia* Dalam Limbah Cair Pada Pengolahan Air Limbah Industri Petrokimia Dengan Simulasi ASPEN HYSYS

Muhammad Ihsan Riady¹, Bazlina Dawami Afrah^{*2}, Andyka Raihan Rahmanda², Intan Puspita Akhlaqul Qorimah², Muhammad Risky Anugrah², Rizqi Akbar Shean²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

*Email: bazlina.afrah@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Air limbah yang dihasilkan dari industri petrokimia berupa pupuk masih mengandung kadar amonia yang tinggi sehingga perlu dihilangkan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan dengan menggunakan *Ammonia Stripper* pada IPAL. Performa proses *stripping* di *ammonia* *stripper* disimulasikan dengan variasi temperatur, tekanan, dan *flowrate* menggunakan *software ASPEN HYSYS* untuk mengamati kandungan NH_3 Outlet dan mengetahui efisiensi dari *ammonia* *stripper* tersebut. Hasil evaluasi melalui simulasi menunjukkan bahwa kadar amonia yang berhasil dikurangi dari air limbah sedikit lebih tinggi untuk data desain sekitar 296 ppm dibandingkan dengan data desain, yaitu 2,7 ppm. Bila ditinjau dari kadar pH air limbah yang telah diproses oleh *ammonia* *stripper*, masih di atas baku mutu (7–8,5), yaitu 8,9–9,0. Efisiensi alat *ammonia* *stripper* berbanding lurus dengan *flowrate steam per flowrate* air limbah, Perbandingan antara *flowrate steam* dengan air limbah agar tetap berada di standar baku mutu adalah 0,385 m³/ton. Data aktual yang lebih tinggi dibandingkan data desain menunjukkan bahwa *Ammonia Stripper* mampu mengelola air limbah yang melebihi desain dan dikatakan layak untuk digunakan karena masih berada di dalam baku mutu, yaitu 296 ppm. Kondisi ini sebenarnya mendekati batas atas baku mutu, sehingga *Ammonia Stripper* perlu dilakukan perawatan dan perbaikan kinerja lebih mendalam agar data lebih mendekati data desain.

Kata kunci: Air Limbah, *Ammonia*, *Ammonia Stripper*, simulasi Aspen HYSYS, pH.

Abstrak

Wastewater generated from the petrochemical fertilizer industry still contains high ammonia concentrations and therefore requires treatment before being discharged into the environment. In this study, the ammonia removal process in an ammonia stripper at the wastewater treatment plant was simulated using ASPEN HYSYS by varying temperature, pressure, and flow rate to evaluate the outlet NH₃ concentration and stripping efficiency. The simulation results showed that the actual outlet ammonia concentration was approximately 296 ppm, which was higher than the design value of 2.7 ppm but still within the applicable discharge limit. However, the pH of the treated wastewater remained above the quality standard of 7–8.5, ranging from 8.9 to 9.0. The efficiency of the ammonia stripper was found to be directly proportional to the ratio of steam flow rate to wastewater flow rate. The optimum ratio required to maintain compliance with the discharge standard was 0.385 m³/ton. Although the ammonia stripper remains feasible for treating wastewater loads exceeding the design condition, further maintenance and performance improvement are required to achieve results closer to the design specification.

Kata kunci: Wastewater, *Ammonia*, *Ammonia Stripper*, Aspen HYSYS Simulation, pH

1. PENDAHULUAN

Industri di bidang petrokimia yang berfokus pada proses pembuatan pupuk urea memiliki peranan yang penting dalam menunjang angka produksi pada sektor pertanian di Indonesia. Petrokimia memiliki nilai yang baik di dalam bidang produksi pupuk urea dan juga merupakan salah satu industri petrokimia penghasil pupuk terbesar di Indonesia. Proses pembuatan pupuk urea di pabrik ataupun industri banyak menggunakan metode *Advanced Constant Energy Saving* (ACES). Bahan baku yang digunakan dalam proses ini berupa gas

karbon dioksida dan *ammonia* cair yang didapatkan dari pabrik *ammonia*. Urea yang nantinya akan diproduksi akan berbentuk butiran padat (*prill*).

Industri petrokimia memiliki beberapa bagian departemen, yaitu unit utilitas, reaktor, ataupun instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Selama proses produksi, nantinya akan dihasilkan limbah yang kemudian akan diolah IPAL agar dapat dibuang ke lingkungan dengan aman. Industri petrokimia dapat menghasilkan limbah yang berwujud limbah cair, di mana limbah cair yang dihasilkan harus sesuai dengan

kriteria atau baku mutu yang telah ditetapkan agar tidak mencemari lingkungan, sehingga dapat dibuang ke lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan berupa larutan bahan kimia seperti larutan urea, *ammonia*, karbamat, asam sulfat, soda kaustik, dan bahan kimia lainnya dari unit *ammonia* dan unit area. Pabrik memiliki sistem pengolahan air limbah yang disebut *Waste Water Treatment System* yang membantu bidang IPAL. Sistem pengolahan air limbah di pabrik memiliki tujuan, salah satunya untuk mengurangi kadar *ammonia* yang terkandung di dalam limbah cair, sehingga sesuai dengan kriteria air limbah yang akan dikirim ke IPAL.

Industri kimia sering menghadapi masalah dalam mengelola limbah cair, terutama yang mengandung senyawa berbahaya seperti *ammonia*. *Ammonia* adalah senyawa yang banyak digunakan dalam berbagai proses industri, seperti produksi pupuk, penyejuk udara, dan bahan kimia lainnya. Namun, *ammonia* dalam limbah industri dapat menyebabkan dampak lingkungan yang signifikan, seperti eutrofikasi perairan dan keracunan organisme akuatik. Akibatnya, sebelum limbah dibuang ke lingkungan, sementara itu baku mutu kadar amonia dalam air limbah yang diperbolehkan sebesar 300 ppm. Oleh karena itu, cara yang efektif untuk mengurangi konsentrasi *ammonia* yang dibuang ke lingkungan perlu diperhatikan oleh industri petrokimia.

Pengurangan kadar *ammonia* dilakukan dengan proses *stripping* di dalam alat *ammonia stripper*. *Ammonia stripper* yang ada pada pabrik ini berfungsi memisahkan kelebihan amonia dan mendekomposisikan amonium karbonat yang tidak terkonversi menjadi urea yang berasal dari reaktor. Proses pemisahan senyawa *ammonia* berdasarkan prinsip perpindahan massa. Perpindahan massa melibatkan limbah cair dengan media *steam* yang bertekanan rendah untuk menghilangkan gas *ammonia* yang terkandung di dalam limbah cair. Salah satu kelebihan dari alat *ammonia stripping* ini yaitu mudah dioperasikan serta tidak mudah terpengaruh oleh keberadaan zat-zat beracun (Farghali dkk., 2024). Sistem pada peralatan ini dirancang untuk bisa bekerja secara stabil meskipun terdapat kontaminan atau senyawa toksik dalam prosesnya, sehingga lebih andal untuk digunakan dalam berbagai kondisi operasional pabrik.

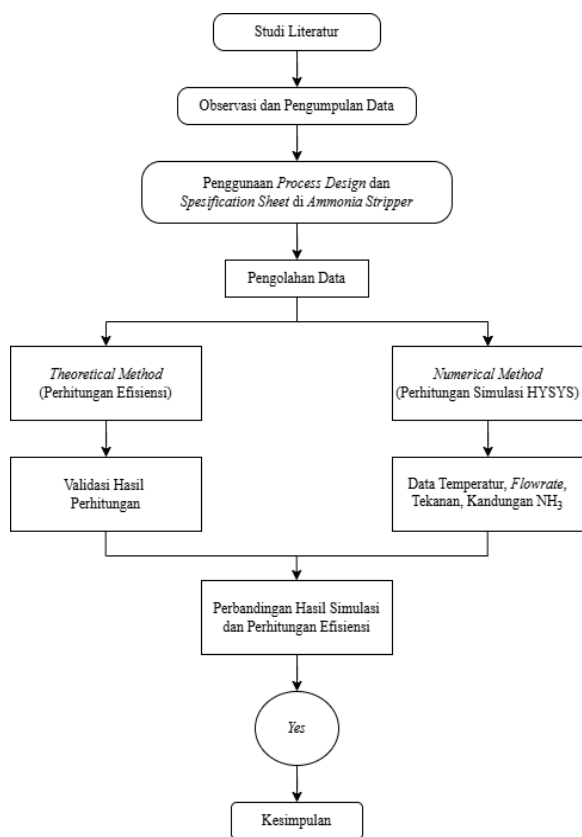
Proses *stripping ammonia* yang dilakukan secara terus-menerus atau kontinu dapat berpotensi menyebabkan pengurangan kinerja

pada alat *ammonia stripper*. Menurut Kinidi dkk. (2018) *ammonia stripper* seringkali menghadapi masalah operasional seperti perubahan aliran gas-cair, terbentuknya *fouling*, dan penumpukan padatan (*sludge*) yang dapat menyebabkan penurunan efisiensi alat *ammonia stripper*. Penurunan efisiensi pada *ammonia stripper* dapat menyebabkan limbah cair yang dibuang ke lingkungan tidak sesuai dengan parameter/baku mutu yang ada. Performa proses *stripping* di *ammonia stripper* dapat disimulasikan dengan bermacam variabel bebas, antara lain temperatur, tekanan, dan *flowrate*, dengan bantuan *software* ASPEN HYSYS untuk mengamati kandungan NH_3 *outlet* dan mengetahui efisiensi dari *ammonia stripper* tersebut. Setelah mengetahui efisiensi alat menurun *engineer* dapat menentukan tindakan yang mesti dilakukan kepada alat *ammonia stripper* sehingga *outlet ammonia stripper* tetap memenuhi baku mutu yang ada.

Artikel ini dibuat untuk mengetahui bagaimana efisiensi dari kinerja ammonia stripper, memahami bagaimana parameter tersebut memengaruhi efisiensi proses stripping, dan untuk menemukan parameter operasi terbaik yang dapat memaksimalkan pengurangan kandungan amonia. Selanjutnya, dapat menganalisis pengaruh dari *flowrate* terhadap efisiensi kinerja *ammonia stripper*. Simulasi ASPEN HYSYS akan membantu memprediksi kinerja *ammonia stripper* dalam berbagai kondisi, sehingga akan memberikan panduan yang lebih baik untuk desain dan pengoperasian unit *ammonia stripper* di lapangan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, antara lain studi literatur, observasi, pengumpulan *process design* dan *specification sheet* di *ammonia stripper*, pengolahan, perhitungan efisiensi, serta simulasi dengan Aspen HYSYS, kemudian membandingkan hasil simulasi dan perhitungan efisiensi, seperti pada diagram alir berikut ini (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Pengambilan Data

Data Desain yang diperoleh dari perusahaan petrokimia yang merupakan data rancangan pada saat unit tersebut di desain yang terdiri dari:

1. *Steam Influent Ammonia Stripper* berupa temperatur, tekanan, dan *mass flow*.
2. *Waste Water Influent Ammonia Stripper* berupa temperatur, tekanan, *volumetric flow*, dan konsentrasi *ammonia*.

Data Aktual diperoleh dari dalam bentuk laporan bulanan dan *logsheet* yang diperoleh pada saat berlangsungnya operasi dan langsung dilihat dari alat instrumentasi di lapangan yang terdiri dari:

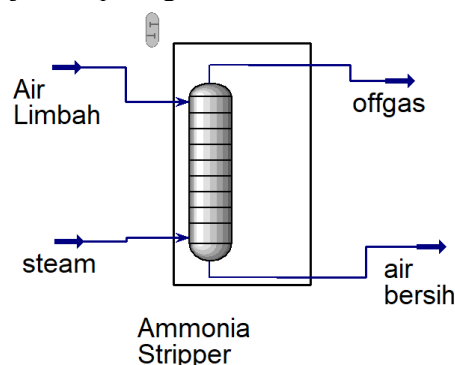
1. *Steam Influent Ammonia Stripper* berupa temperatur dan tekanan.
2. *Waste Water Influent Ammonia Stripper* berupa temperatur, tekanan, *volumetric flow*, konsentrasi *ammonia*, dan pH air limbah.
3. *Waste Water Effluent Ammonia Stripper* berupa tekanan, konsentrasi *ammonia*, dan pH air limbah.

2.2 Simulasi Dengan Aspen HYSYS

Tahap pertama yang dilakukan adalah membuka *new case* pada software ASPEN HYSYS V10. Komponen yang akan disimulasikan dimasukkan dengan klik *Component List*, dilanjutkan dengan klik *Add*, lalu pilih *Aspen Properties*. Senyawa yang dimasukkan adalah senyawa yang terkandung di dalam air limbah yang akan masuk ke *ammonia stripper* yaitu *ammonia* (NH₃) dan air (H₂O).

Fluid package yang digunakan dalam proses simulasi ini adalah Sour-PR. Umumnya, Sour Peng-Robinson (PR) package digunakan oleh pengguna HYSYS maupun UNISIM untuk menangani sistem proses di mana amonia (NH₃) berkontak atau bereaksi dengan fase aqueous (Yang dkk., 2011). Pemilihan model Sour-PR didasarkan pada kemampuannya dalam merepresentasikan kesetimbangan uap-cair (*vapor-liquid equilibrium*) pada sistem yang melibatkan *ammonia* dan air. Model ini mengombinasikan persamaan keadaan Peng-Robinson yang sesuai untuk fase gas dengan pendekatan Wilson API Sour Model yang lebih akurat dalam menangani sistem aqueous yang mengandung gas terlarut. Dengan demikian, model Sour-PR dinilai mampu memberikan hasil simulasi yang lebih representatif untuk sistem pengolahan limbah cair yang mengandung amonia.

Selanjutnya, untuk tahap ke dalam lingkungan simulasi (*simulation*), tentukan *stream* dan alat yang digunakan. Penentuan *fluid package* menggunakan *Sour Peng-Robinson* (Sour-PR). Penyusunan aliran proses sesuai dengan kondisi aktual, meliputi parameter temperatur, tekanan, dan laju alir. Tahapan simulasi dan keseluruhan alat serta aliran dapat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Ammonia Stripper dengan Aspen HYSYS

2.3. Pengolahan Data dan Perhitungan Efisiensi Alat Ammonia Stripper

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung rata-rata parameter operasi (flowrate, pH, konsentrasi NH_3). Membandingkan nilai influent dan effluent untuk menentukan efisiensi. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan *ammonia inlet* dikurangi dengan *outlet*, kemudian dibagi dengan inletnya, lalu dikalikan dengan 100%.

$$\eta = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

η : Efisiensi penyisihan *ammonia*

C_{in} : *Ammonia Inlet Ammonia Stripper*

C_{out} : *Ammonia Outlet Ammonia Stripper*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, nilai dari parameter yang dapat ditinjau dari analisis kinerja *stripper* IPAL adalah nilai *potential hydrogen* (pH), kandungan *ammonia* yang keluar dari *stripper* dan kinerja *stripper*. Keberadaan *ammonia* dalam air sungai yang melebihi ambang batas dapat mengganggu ekosistem perairan dan makhluk hidup lainnya. *Ammonia* sangat beracun bagi hampir semua organisme. *Ammonia* apabila terlarut di perairan akan meningkatkan konsentrasi *ammonia* yang menyebabkan keracunan bagi hampir semua organisme perairan (Azizah dan Humairoh, 2015). Oleh karena itu, pada sistem unit utilitas dilakukan proses *stripping* untuk menurunkan kadar *ammonia* dengan parameter yang ditinjau, yaitu nilai pH dan kadar *ammonia* dalam air limbah yang akan dialirkan ke Kolam Air Limbah (KAL).

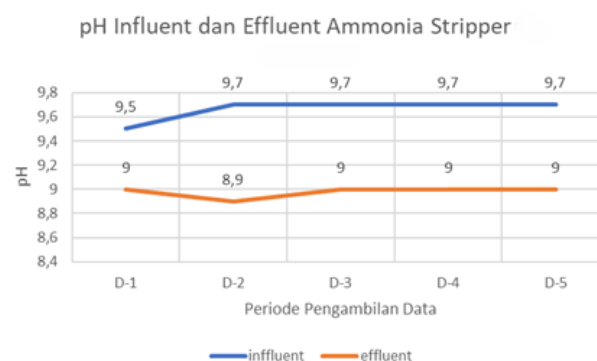
Menurut Syailani (2019), senyawa amonia bersifat basa lemah karena amonia sebagian terionisasi di dalam pelarutannya. Hal inilah yang memengaruhi nilai pH basa pada larutan KAL. Nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaaan suatu perairan. Perairan dengan pH = 7 adalah netral, pH > 7 bersifat basa, sedangkan pH < 7 bersifat asam. Nilai pH menyatakan nilai konsentrasi *ion hydrogen* dalam suatu larutan. Air yang bersih memiliki *Dissolved Oxygen* (DO) berada dalam keseimbangan sehingga air yang bersih bereaksi netral.

3.1. Kinerja Stripper ditinjau dari kadar pH Air Limbah

Organisme akuatik dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH yang

netral dengan kisaran toleransi antara asam lemah dan basa lemah. pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik umumnya berkisar antara 7 – 8,5 (Darmawan, Sulardino, dan Haeruddin 2018). Batas pH ideal air ini harus benar-benar dijaga karena kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme. Molekul *ammonia* merupakan senyawa yang terdiri dari unsur nitrogen yang bermuatan negatif dan hidrogen yang bermuatan positif. Saat mengukur nilai pH suatu larutan, yang dihitung adalah jumlah ion hidrogen (H^+) dan ion hidroksil (OH^-) yang terdapat dalam sampel (Weiner dan Matthews 2003).

Peningkatan ion hidrogen (H^+) di dalam suatu sampel mengindikasikan bahwa nilai pH sampel tersebut akan semakin asam, sedangkan pada pengurangan ion hidroksil (OH^-) nilai pH-nya semakin basa. *Ammonia* memiliki kemampuan menetralsir asam dan saat dilarutkan dalam air akan membentuk amonium bermuatan positif (NH_4^+) dan ion hidroksida bermuatan negatif (OH^-) yang akan membuat air limbah bersifat basa (Cahyaninggalih, Setiawan, dan Mayangsari 2018).



Gambar 3. pH Influent dan Effluent Ammonia Stripper

Gambar 3 menunjukkan beberapa data yang diambil dari pH *Influent* dan *Effluent* pada *Ammonia Stripper*. Hasil analisis pH dari air limbah yang telah diolah dari *ammonia stripper* menunjukkan bahwa pH *effluent* akan selalu lebih kecil dari pH *influent*. Perubahan pH larutan amonia menyebabkan terjadinya perubahan fraksi amonia, artinya semakin tinggi pH, semakin banyak amonia yang dapat dihilangkan (Kim, Kim, dan Lee 2021). Hal ini terjadi karena di dalam *stripper*, gas-gas pencemar (solut) yang terkandung pada limbah cair telah dilucuti dengan cara mengontakkan air

limbah tersebut dengan *stripping agent* yang berupa *low steam*. *Low steam* ini didapat dari sistem pembangkit uap yang digunakan untuk menyediakan kebutuhan uap untuk unit amoniak, unit urea, maupun unit utilitas itu sendiri (Riady dkk., 2024). Gas-gas pencemar (*ammonia*) yang telah terlucuti di dalam *stripper* akan mempengaruhi nilai pH *effluent* yang akan semakin menurun. Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai pH belum memenuhi baku mutu atau di atas pH yang ditetapkan, yaitu 7-8,5. Hal ini terlihat pada Gambar 3 di atas bahwa penurunan pH paling besar berada pada sampel D-2 dengan selisih 0,8, di mana hal ini dipengaruhi oleh perbandingan flowrate steam dengan flowrate air limbah pada kondisi D-2, yaitu 0,395 ton/m³.

3.2. Kinerja *Stripper* ditinjau dari Kandungan *Ammonia* pada Air Limbah

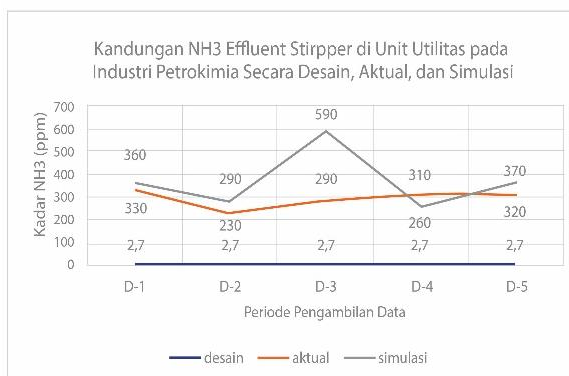
Parameter untuk meninjau kinerja *stripper* pada sistem IPAL di unit utilitas pabrik petrokimia dan pupuk adalah kandungan *ammonia*. *Ammonia* sendiri merupakan senyawa yang dibentuk dari proses oksidasi bahan organik yang memiliki kandungan nitrogen dalam air limbah dengan bantuan mikroorganisme. *Ammonia* yang terdapat di dalam *effluent* air limbah memiliki indikasi menjadi pencemaran senyawa organik yang mengandung nitrogen dalam buangan limbah cair yang berarti terjadi gangguan proses dalam pengolahan air limbah. Pencemaran senyawa organik dapat memiliki efek samping yang membahayakan dan tentunya tidak baik terhadap kehidupan biota perairan darat seperti tumbuh-tumbuhan perairan darat dan ikan air tawar.

Ammonia di dalam air limbah memiliki bentuk baru karena adanya proses kimia secara alami, sedangkan nitrit ialah bentuk nitrogen yang sebagian teroksidasi. Konsentrasi nitrit di perairan tergolong sedikit dan dapat berubah menjadi *ammonia*. Sumber *ammonia* di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air berasal dari penguraian bahan organik oleh mikroba maupun oleh jamur (Hamuna dkk. 2018). Sumber lain ialah reduksi gas nitrogen berasal dari proses difusi di atmosfer, limbah industri, dan limbah kosmetik. Kandungan *ammonia* yang banyak dari limbah cair di pabrik petrokimia dapat membahayakan lingkungan sekitar bila dibuang secara langsung tanpa melihat baku mutu produksinya. Menurut Peraturan (Kementrian Lingkungan Hidup 2014) mutu produksi yang diizinkan dibuang ke

lingkungan yang paling berat yaitu kurang 0.3 kg/ton atau kurang lebih 300 ppm.

Ammonia yang terdapat di dalam air limbah berasal dari unit area produksi. Unit Sistem Utilitas pada pabrik pupuk dan petrokimia, *ammonia stripper* menjadi alat yang vital dalam penurunan kadar *ammonia* di dalam limbah cair. *Ammonia stripper* memiliki cara kerja dengan menurunkan kandungan amonia dengan media pelucut berupa uap.

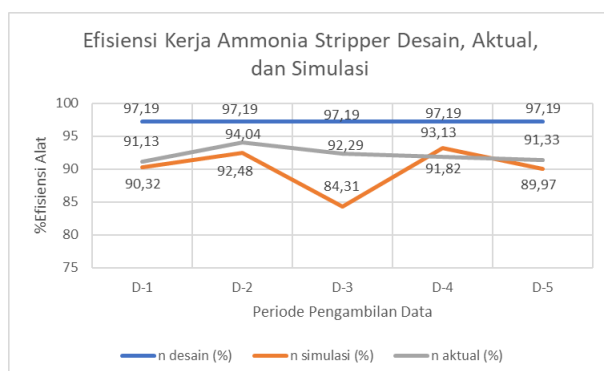
Gambar 4 menunjukkan kadar NH₃ pada beberapa hasil data pengamatan baik desain, aktual dan simulasi. Perhitungan kadar NH₃ *effluent ammonia stripper* berdasarkan data desain menggunakan HYSYS dapat dijadikan perbandingan dengan kadar NH₃ *effluent ammonia stripper* yang berasal dari data aktual. Terdapat selisih NH₃ yang berhasil didapatkan antara data desain dengan data aktual yang tidak jauh berbeda, dimana pada data desain kadar NH₃ sebesar 2,7 ppm, sedangkan pada data aktual berkisar 296 ppm. Kadar NH₃ *effluent* yang tertinggi didapat pada D-5 dikarenakan kadar NH₃ *influent* pada tanggal tersebut juga lebih tinggi dari 4 hari sebelumnya.



Gambar 4. Kandungan NH₃ Effluent Stripper Di Unit Utilitas Pada Industri Petrokimia Secara Desain, Aktual, dan Simulasi

Evaluasi yang dilakukan adalah perhitungan efisiensi desain dan aktual untuk membandingkan kondisi alat *ammonia stripper* ditinjau dari pengurangan kadar NH₃ di dalam air limbah. Perhitungan yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa nilai efisiensi secara desain sebesar 97,19%, sedangkan untuk efisiensi secara aktual didapatkan dari pengamatan langsung dilapangan dalam 5 hari secara beruntun, yaitu didapatkan 91,13%, 94,04%, 92,29%, 91,82%, dan 91,33%. Efisiensi data aktual lebih besar dibandingkan data desain, dikarenakan data desain bukanlah data yang

menunjukkan kemampuan maksimal dari performansi alat, melainkan kemampuan minimum performansi alat dalam proses *stripping* air limbah.



Gambar 5. Grafik Efisiensi Kerja Ammonia Stripper Desain dan Aktual

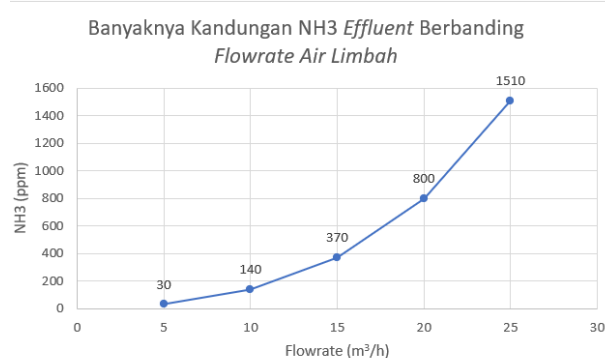
Gambar 5 di atas menunjukkan beberapa hasil dari perhitungan efisiensi kerja alat Ammonia Stripper. Hasil perhitungan efisiensi menunjukkan bahwa sampel D-2 menunjukkan efisiensi tertinggi. Hal ini berbanding lurus dengan selisih penurunan pH, di mana semakin besar penurunan pH, maka semakin besar juga kandungan amonia yang terlucuti. Tingginya efisiensi pada periode D-2 disebabkan oleh pengaruh dari perbandingan *flowrate steam* dengan *flowrate* air limbah. Rasio udara terhadap cairan yang lebih tinggi memastikan aliran gas lebih cepat, yang mengurangi resistensi perpindahan massa dan mendorong pelucutan amonia, tetapi hanya sampai titik tertentu (Guštin dan Marinšek-Logar 2011).

Ammonia stripper mempunyai batas maksimal dalam melakukan *stripping* di dalam ammonia air limbah. Data desain yang dikondisikan pada kadar amonia dalam air limbah yang masuk amonia stripper hanya 96,2 ppm, sedangkan secara aktual dapat dilakukan *stripping* amonia dalam air limbah yang memiliki kadar sampai 3700 ppm hingga menjadi 300 ppm. Oleh sebab itu, efisiensi performansi ammonia stripper di unit utilitas secara aktual lebih besar dibandingkan dengan desain, karena mampu mengolah air limbah yang melebihi desain, namun mampu menurunkan kadar amonia hingga mendekati desain, yaitu 2,7 ppm, dan di bawah baku mutu untuk dibuang ke lingkungan, yaitu 300 ppm. Kandungan *influent ammonia* tertinggi pada periode Hari 1 – 5 (D-1 sampai D-5) didapatkan pada hari ke 2 (D-2)

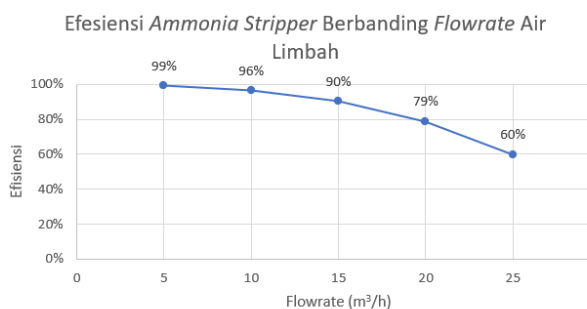
dengan total *influent ammonia* sebesar 3860 ppm. Sedangkan *influent ammonia* terkecil berada pada kisaran 3690 ppm pada hari ke-5 (D-5). *Effluent* rata-rata kandungan ammonia sebesar 296 ppm, telah memenuhi standar baku mutu ammonia yang dapat dibuang tanpa mencemari lingkungan.

3.3. Analisis Pengaruh Flowrate Terhadap Ammonia Stripper Menggunakan ASPEN HYSYS

Berdasarkan data dan simulasi yang telah dijalankan, telah dilakukan simulasi lainnya untuk menganalisis pengaruh *flowrate* terhadap efisiensi ammonia stripper di pabrik petrokimia dengan menggunakan ASPEN HYSYS. Simulasi yang dijalankan agar tetap terkontrol dan mudah diamati. Diasumsikan bahwa *flowrate* dari steam stabil pada 5,36 ton/h, angka ini didapatkan dari rata-rata *flowrate steam* pada hari pertama sampai ke 5. Kandungan *influent NH₃* juga diasumsikan pada 3760 ppm. Angka ini didapatkan dari rata-rata kandungan *influent NH₃* pada hari pertama sampai ke-5. Variabel bebas pada analisis ini adalah *flowrate* air limbahnya yang divariasikan pada 5, 10, 15, 20, 25 m³/h. Berdasarkan simulasi yang telah dijalankan, dapat dilihat bahwa semakin besar *flowrate* pada air limbah, akan semakin besar juga kandungan amonia pada effluennya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Banyaknya Kandungan NH₃ Effluent Berbanding Flowrate Air Limbah



Gambar 7. Grafik Efisiensi Ammonia Stripper Berbanding Flowrate Air Limbah

Pada Gambar 7 terlihat bahwa efisiensi dari *ammonia stripper* akan mengalami penurunan yang eksponensial terhadap kenaikan *flowrate* air limbah. Kesimpulan yang dapat diambil dari percobaan ini adalah bahwa efisiensi alat *ammonia stripper* berbanding lurus dengan *flowrate steam* per *flowrate* air limbah (Kim dkk.,2021). Peristiwa ini juga dapat disederhanakan dengan konsep *ammonia stripper* ini sendiri, di mana amonia yang ada di air limbah akan diserap oleh uap. Makin banyaknya steam yang ada dibandingkan dengan air limbahnya, maka penyerapannya makin baik. *Flowrate steam* yang tinggi memungkinkan konsentrasi amonia rendah secara konstan di udara, sehingga meningkatkan transisi amonia ke fase udara (Guštin dan Marinšek-Logar 2011).

Perbandingan antara *flowrate steam* dengan air limbah agar tetap berada di standar baku mutu (<300 ppm) adalah 0,385 ton/m³. Kondisi ini akan berada di titik di mana kandungan amonia pada efluenn tidak jauh dari standar baku mutu dan tetap dapat mengolah air limbah di *amonia stripper* secara maksimal. Dengan ini, dapat dijalankan pengolahan air limbah secara maksimal dan tetap aman untuk lingkungan.

Dalam penerapan di kondisi aktual, terdapat beberapa kendala operasional yang dapat memengaruhi kinerja *ammonia stripper*, antara lain terjadinya *fouling* dan *scaling* yang menghambat perpindahan massa. Selain itu, fluktuasi beban limbah juga akan menyebabkan ketidakstabilan pada operasi. Implikasi terhadap operasi industri menunjukkan bahwa *ammonia stripper* masih memiliki kinerja yang memadai dalam menurunkan kadar amonia hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Namun demikian, diperlukan upaya optimasi parameter

operasi, khususnya rasio *steam* terhadap air limbah, untuk meningkatkan efisiensi proses.

4. KESIMPULAN

Ammonia Stripper pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) unit utilitas pada Industri Petrokimia yang ditinjau masih layak beroperasi karena mampu menurunkan kadar amonia hingga berada di bawah baku mutu yang ditetapkan (≤ 300 ppm). Pada kondisi aktual, kadar amonia effluent berada di sekitar batas baku mutu (296 ppm), sehingga secara regulasi masih aman untuk dibuang ke lingkungan.

Efisiensi alat *ammonia stripper* dipengaruhi secara signifikan oleh *steam flowrate ratio* terhadap *flowrate* air limbah. Rasio optimum yang direkomendasikan untuk menjaga kadar *ammonia effluent* tetap di bawah 300 ppm adalah 0,385 ton steam/m³ air limbah, sehingga tetap dapat mengolah air limbah di *ammonia stripper* secara maksimal. Semakin tinggi konsentrasi *ammonia* pada influent, maka semakin besar kebutuhan *steam* yang diperlukan untuk untuk *menstripping ammonia*, sehingga mencapai target penurunan kadar *ammonia* (mendekati data desain).

Pada kondisi aktual, beberapa kendala operasional yang terjadi mempengaruhi kinerja *ammonia stripper*, antara lain terjadinya *fouling* dan *scaling* yang menghambat perpindahan massa. Selain itu, fluktuasi beban limbah juga akan menyebabkan ketidakstabilan pada operasi. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dengan ASPEN HYSYS, parameter yang memengaruhi kandungan NH₃ di *ammonia stripper* adalah *flowrate*, temperatur, dan tekanan. Pengkajian terhadap tekanan dan temperatur dari *ammonia stripper* akan memperkaya studi ini yang sebelumnya terbatas pada simulasi dengan data aktual *flowrate* dari industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, M., dan M. Humairoh. 2015. "Analisis Kadar Amonia (NH₃) Dalam Air Sungai Cileungsi. ." *Jurnal Nusa Sylva*. 15(1):47–54.
- Cahyaninggalih, A. K., A. Setiawan, dan N. E. Mayangsari. 2018. "Recovery Amonium Hidroksida (NH₄OH) dari Limbah Regenerasi Mengandung (NH₄)₂SO₄

- dengan Menggunakan Distilasi Vakum.” Hlm. 177–82 dalam *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Darmawan, A., B. Sulardino, dan Haeruddin. 2018. “Analisis Kesuburan Perairan Berdasarkan Kelimpahan Fitoplankton, Nitrat dan Fosfat di Perairan Sungai Bengawan Solo Kota Surakarta.” *Journal of MAQUARES*. 7(1):1–8.
- Farghali, Mohamed, Zhonghao Chen, Ahmed I. Osman, Israa M. Ali, Dalia Hassan, Ikko Ihara, David W. Rooney, dan Pow-Seng Yap. 2024. “Strategies for Ammonia Recovery from Wastewater: a Review.” *Environmental Chemistry Letters* 22(6):2699–2751. doi:10.1007/s10311-024-01768-6.
- Guštin, Simon, dan Romana Marinšek-Logar. 2011. “Effect of pH, Temperature and Air Flow Rate on The Continuous Ammonia Stripping of The Anaerobic Digestion Effluent.” *Process Safety and Environmental Protection* 89(1):61–66. doi:10.1016/j.psep.2010.11.001.
- Hamuna, B., R. H. R. Tanjung, Suwito, dan H. K. Maury. 2018. “Konsentrasi Amoniak, Nitrat dan Fosfat di Perairan Distrik Kabupaten Depapre, Jayapura.” *EnviroScientiae* 14(1):8–15.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia (Nomor 5 TAHUN 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah)*. Indonesia: <https://toolsfortransformation.net/wp-content/uploads/2017/05/Permen-LH-5-2014-tentang-Baku-Mutu-Air-Limbah.pdf>.
- Kim, Eun Ju, Ho Kim, dan Eunsil Lee. 2021. “Influence of Ammonia Stripping Parameters on the Efficiency and Mass Transfer Rate of Ammonia Removal.” *Applied Sciences* 11(1):441. doi:10.3390/app11010441.
- Kinidi, Lennevey, Ivy Ai Wei Tan, Noraziah Binti Abdul Wahab, Khairul Fikri Bin Tamrin, Cirilo Nolasco Hipolito, dan Shanti Faridah Salleh. 2018. “Recent Development in Ammonia Stripping Process for Industrial Wastewater Treatment.” *International Journal of Chemical Engineering* 2018:1–14. doi:10.1155/2018/3181087.
- Riady, Ihsan M., Dawami B. Afrah, Tania N. Rahma, dan Anastasia E. Oktawina. 2024. “Effect Analysis of Boiler Feed Water and Exhaust Gas Turbine Generator against Steam Products.” *Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy* 8(1):59–66.
- Syailani. 2019. *Kimia Sahabatku Dan Kimia Kompetensiku*. 1 ed. disunting oleh W. A. Pangestuti. Surakarta: CV OASE GROUP.
- Weiner, R., dan R. Matthews. 2003. *Environmental Engineering*. 4th Edition. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Yang, Jianyong, Ensheng Zhao, Laurie Wang, dan Sanjoy Saha. 2011. “Evaluation and Improvement of Sour Property Packages in Unisim Design.” Hlm. 55–63 dalam *Carbon Dioxide Sequestration and Related Technologies*. Wiley.