

Pengurangan Kadar *Ammonia* dalam Limbah Cair Pupuk pada *Jet Bubble Column* Menggunakan NaOH

Adis Aisyah Amini*, Indah Purnamasari, Erwana Dewi

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

*Koresponden email: adisaisyah11@gmail.com

Diterima: 28 Januari 2025

Disetujui: 1 Februari 2025

Abstract

As a developing country, Indonesia is experiencing continuous industrial growth, including the urea fertiliser industry. The presence of the urea fertilizer industry produces wastewater containing ammonia pollutants, a primary component in the manufacture of fertilizers. Wastewater containing ammonia is discharged into rivers, polluting the environment and affecting living organisms both directly and indirectly. The aim of this study is to reduce the ammonia levels in the fertiliser effluent and to monitor the effect of the added NaOH solvent using a Jet Bubble Column. The reduction of ammonia levels in the wastewater was carried out by adding 0.3 M NaOH solvent to 1 litre of wastewater at a liquid flow rate of 0.9 litre/minute with varying air flow rates of 8 litre/minute and 12 litre/minute and temperatures of 35°C, 40°C, 45°C, 50°C and 55°C over an operating time of 60 minutes. The samples were analysed using Nessler UV/Vis spectrophotometry at a wavelength of 460 nm, and the mass transfer coefficient (kLa) and efficiency of ammonia reduction by the Jet Bubble Column were calculated. The highest efficiency obtained was 68.75%, reducing 434.214 ppm in 60 minutes at an air flow rate of 12 litres/minute and a temperature of 55°C. Higher flow rates and temperatures resulted in greater reductions, with the highest kLa being 1,074.

Keywords: *ammonia, jet bubble column, kla, fertilizer wastewater, naoh solvent*

Abstrak

Indonesia sebagai negara berkembang mengalami pertumbuhan industri yang terus meningkat, salah satunya industri pupuk urea. Keberadaan industri pupuk urea menghasilkan limbah cair dengan pencemar *ammonia* sebagai bahan utama dari pembuatan pupuk. Limbah cair yang mengandung *ammonia* akan masuk ke sungai sehingga mencemari lingkungan dan berdampak untuk makhluk hidup. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar *ammonia* dari limbah cair pupuk dan melihat pengaruh penambahan NaOH pada *Jet Bubble Column*. Pengurangan kadar *ammonia* dilakukan dengan menambahkan *solvent* NaOH 0,3 M dalam 1 Liter menggunakan laju alir cairan 0,9 Liter/menit dengan variasi laju alir udara 8 Liter/menit dan 12 Liter/menit beserta temperatur 35°C, 40°C, 45°C, 50°C dan 55°C pada waktu operasi 60 menit. Sampel di analisis menggunakan Nessler-Spektrofotometri UV/Vis dengan panjang gelombang 460 nm dan dihitung koefisien perpindahan massa (kLa) maupun efisiensi dari pengurangan kadar *ammonia* oleh *Jet Bubble Column*. Pengurangan tertinggi yang diperoleh adalah sebesar 434,214 ppm kadar *ammonia* dalam waktu 60 menit pada laju alir udara 12 Liter/menit dan temperatur 55°C. Laju alir dan temperatur yang semakin tinggi berpengaruh dalam proses penurunan yang lebih besar hingga didapatkan koefisien kLa tertinggi adalah 1,074.

Kata Kunci: *ammonia, jet bubble column, kla, limbah cair pupuk, solvent naoh*

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang mengalami pertumbuhan industri yang terus meningkat. Industri merupakan usaha atau kegiatan mengolah barang sehingga dapat menghasilkan suatu produk yang memiliki nilai tambah untuk dipasarkan ke masyarakat maupun industri lain [1]. Salah satu industri yang ada di Indonesia adalah PT Pupuk Sriwidjaja, perusahaan yang didirikan pada tanggal 24 Desember 1959 sebagai pelopor produsen pupuk urea di Indonesia tepatnya di Palembang, Sumatera Selatan [2].

Keberadaan industri pupuk urea dapat memberikan dampak negatif berupa limbah pencemar yang berbahaya dan salah satunya adalah *ammonia* sebagai bahan utama dari pembuatan pupuk tersebut karena sifatnya yang korosif [3]. Limbah cair industri pupuk adalah buangan air proses yang berasal dari tangki netralisasi pada unit *demineralizer*, tangka *slurry* pada unit pengolahan air, unit *ammonia* dan unit urea [4].

Limbah cair yang mengandung *ammonia* akan masuk ke sungai mencemari lingkungan dan berdampak untuk makhluk hidup baik secara langsung maupun tidak langsung [5].

Teknologi pengolahan limbah adalah salah satu kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Penyisihan bahan polutan berupa *ammonia*, nitrat dan senyawa organik lainnya telah banyak dikembangkan sebagai teknik pengolahan air limbah. Pengolahan limbah cair adalah hal penting dalam pengendalian pencemaran lingkungan di PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. Limbah cair yang mengandung senyawa nitrogen dalam bentuk *ammonia* tersebut berasal dari kanal-kanal kecil yang mengalir dari unit *ammonia*, urea dan utilitas, sebelum diolah untuk dibuang ke Sungai Musi [6].

Berbagai upaya dilakukan dalam pengurangan maupun penyisihan *ammonia* secara konvensional biasanya dilakukan dengan absorpsi *ammonia* dan yang sering digunakan oleh beberapa pabrik di Indonesia adalah *stripping tower aeration*, yaitu proses pemisahan *ammonia* dengan cara penguapan atau diterbangkan ke udara bebas dengan perlakuan mengalirkan udara ke dalam aliran cairan dan menaikkan suhu menjadi 60°C. Proses aerasi merupakan proses umum yang digunakan sebagai salah satu cara mengolah air limbah untuk menghilangkan kandungan *ammonia* yang memiliki pH tinggi dengan menggunakan operasi *stripping tower* dan memiliki kelemahan berupa penumpukan oksida besi dan magnesium pada bahan-bahan yang diisikan dalam *stripping tower* untuk memperluas permukaan kontakannya. Hal tersebut dapat menyebabkan penumpukan penurunan transfer massa. Selain itu, suhu yang rendah juga menyebabkan efisiensi yang rendah [7]. Maka dari itu, mengatakan parameter sentral yang dapat mempengaruhi efisiensi penghilangan *ammonia* adalah suhu, pH, laju alir udara, konfigurasi reaktor dan laju alir volumetrik cairan, dimana dengan meningkatkan suhu dan laju alir udara dapat meningkatkan efisiensi penurunan kadar *ammonia*. Selain *stripper tower*, proses penghilangan kadar *ammonia* juga dapat dilakukan menggunakan *jet loop reactor* [8].

Pada pengurangan kadar amonia dari air buangan kondensat pabrik PT Pupuk Iskandar Muda, dengan alat *air stripping jet bubble column* dengan penambahan proses *Advanced Oxidation Process (AOP)* dan *Ion Exchange Resin* dengan memvariasikan kondisi operasi tekanan dihasilkan penurunan yang nilainya masih di atas nilai yang diperkenankan yaitu < 10 ppm karena dalam proses pada alat tersebut sebagian dari amonia akan berpisah lagi dalam air dan membentuk ion ammonium sehingga untuk memenuhi baku mutu diproses lebih lanjut dengan menggunakan *Ion Exchange Resin Cation* dan didapatkan efisiensi penurunan amonium mencapai 98,57% [9]. Proses penghilangan *ammonia* menggunakan kolom *jet bubble* juga efisien berdasarkan koefisien perpindahan massanya. Kolom *jet bubble* memiliki keunggulan desain yang sederhana, praktis, kebutuhan kolom yang kecil, ruang fase yang besar dibandingkan jenis *bubble* konvensional lainnya [10][11][12]. Oleh karena itu, penelitian ini akan memberikan kombinasi desain *jet loop* dan kolom gelembung dengan konsep baru yang disebut *Jet Bubble Column (Kolom Gelembung Pancaran)* dengan menggunakan *solvent NaOH* sebagai teknologi pengolahan limbah untuk penurunan kadar *ammonia* dalam limbah cair industri pupuk.

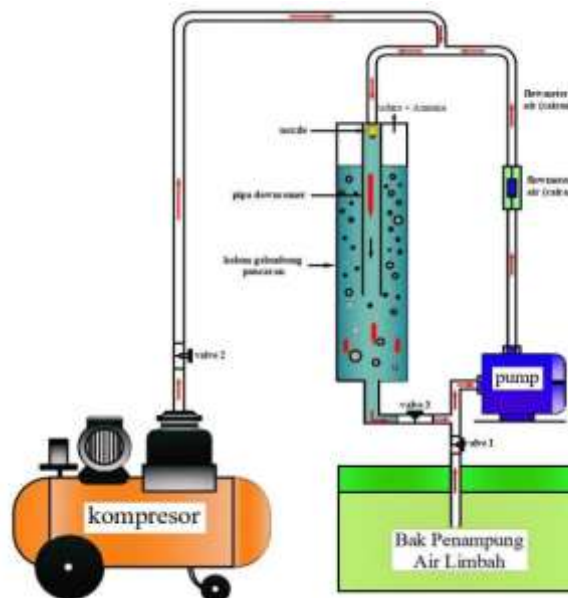
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan yaitu pada Mei s/d Juli 2024 di Departemen Lingkungan Hidup PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. Alat dan bahan yang digunakan adalah seperangkat *Jet Bubble Column*, limbah cair pupuk dari PT Pupuk Sriwidjaja, thermometer, Natrium Hidroksida (NaOH) dan Aquadest.

Parameter tetap yang digunakan adalah pH 9-12, *solvent NaOH* 0,3 M dalam 1 Liter dan waktu kontak 60 menit dengan menggunakan variasi laju alir udara 8 Liter/menit dan 12 Liter/menit serta temperatur 35°C, 40°C, 45°C, 50°C dan 55°C. Penambahan larutan NaOH ke dalam air limbah untuk meningkatkan pH menjadi 10-12. Setelah dilakukan pengurangan kadar *ammonia* pada alat *Jet Bubble Column* dilakukan analisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan dihitung koefisien transfer massa serta efisiensi.



Gambar 1. Rangkaian Alat *Jet Bubble Column*



Gambar 2. Flowsheet Proses Alat *Jet Bubble Column*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Penelitian

Sampel yang telah diambil dari alat *Jet Bubble Column* dilakukan analisa menggunakan spektrofotometri Uv-Vis dengan hasil nilai absorbansi dan perhitungan konsentrasi (ppm) seperti pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Nilai Absorbansi dan Konsentrasi Sampel Air Limbah dengan NaOH

Sampel	Keadaan Air Limbah	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
A1	a	0,062	815,796
	b	0,051	671,058
B1	a	0,049	644,742
	b	0,038	500,004
C1	a	0,057	750,006
	b	0,047	618,426

Sampel	Keadaan Air Limbah	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
D1	a	0,056	736,848
	b	0,051	671,058
E1	a	0,054	710,532
	b	0,048	631,584
A2	a	0,101	1328,958
	b	0,096	1263,168
B2	a	0,068	894,744
	b	0,059	776,322
C2	a	0,053	697,374
	b	0,047	618,426
D2	a	0,056	736,848
	b	0,051	671,058
E2	a	0,054	710,532
	b	0,048	631,584

Keterangan:

A = Temperatur 35°C

B = Temperatur 40°C

C = Temperatur 45°C

D = Temperatur 50°C

E = Temperatur 55°C

1 = Laju Alir Udara 8 L/menit

2 = Laju Alir Udara 12 L/menit

a = Tanpa *Solvent*

b = Dengan *Solvent*

Tabel 2. Nilai Absorbansi dan Konsentrasi Sampel Air Limbah Setiap Waktu

Sampel	Keadaan Air Limbah	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
A1	15	0,042	552,636
	30	0,037	486,846
	45	0,035	460,53
	60	0,031	407,898
B1	15	0,032	421,056
	30	0,026	342,108
	45	0,021	276,318
	60	0,017	223,686
C1	15	0,044	578,952
	30	0,032	421,056
	45	0,028	368,242
	60	0,024	315,792
D1	15	0,033	434,214
	30	0,029	381,582
	45	0,025	328,95
	60	0,020	263,16
E1	15	0,027	355,266
	30	0,024	315,792
	45	0,019	250,002
	60	0,017	223,686
A2	15	0,090	1184,22
	30	0,081	1065,795
	45	0,077	1013,166
	60	0,071	934,218
B2	15	0,047	618,426
	30	0,042	552,636

Sampel	Keadaan Air Limbah	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
	45	0,039	513,162
	60	0,034	447,372
C2	15	0,036	473,688
	30	0,031	407,898
	45	0,024	315,792
	60	0,018	236,844
D2	15	0,033	434,214
	30	0,026	342,109
	45	0,022	289,476
	60	0,019	250,002
E2	15	0,027	355,266
	30	0,020	263,160
	45	0,019	250,002
	60	0,015	197,370

Keterangan:

- A = Temperatur 35°C 1 = Laju Alir Udara 8 L/menit
 B = Temperatur 40°C 2 = Laju Alir Udara 12 L/menit
 C = Temperatur 45°C
 D = Temperatur 50°C
 E = Temperatur 55°C

3.2. Hasil dan Pembahasan

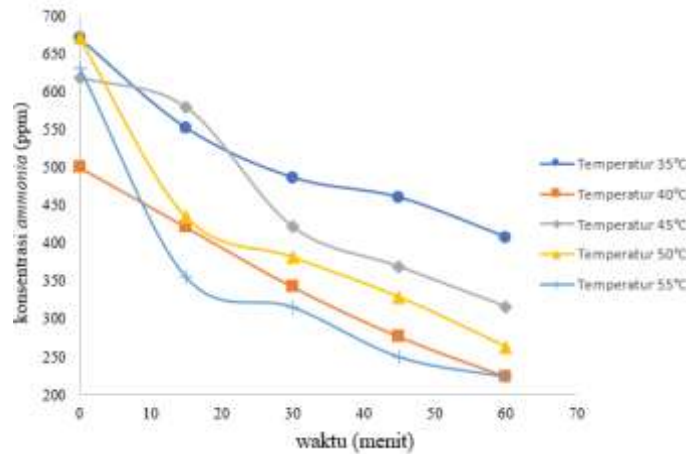
3.2.1 Pengaruh *solvent* NaOH terhadap pengurangan kadar *ammonia*

Pencampuran NaOH saat *pre-treatment* bertujuan untuk meningkatkan pH larutan agar efisiensi proses *stripping* berjalan lebih cepat [13] karena *ammonia* dalam bentuk gas NH₃ lebih mudah dihilangkan dalam larutan sesuai dengan prinsip Le Chatelier bahwa terjadi pergeseran keseimbangan kimia dari NH₄⁺ ke NH₃. Pengambilan sampel dilakukan pada saat sebelum penambahan *solvent* dan setelah penambahan *solvent* sehingga terjadi penurunan kadar *ammonia* sebanyak kurang lebih 100 ppm saat penambahan NaOH karena alkalinitas yang meningkat dan menyebabkan gas NH₃ terlepas ke udara [14]. Perubahan fisika berupa wujud dari senyawa *ammonia* dalam air limbah menguap ke atmosfer seiring dengan peningkatan pH dengan mencampurkan zat aditif seperti NaOH pada air limbah yang mengandung kadar *ammonia* [15].

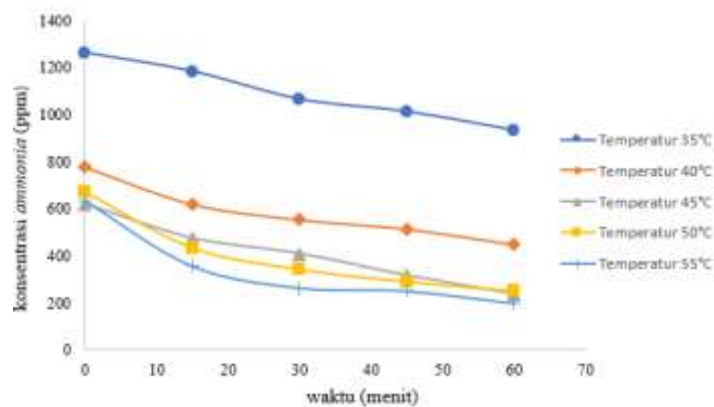
Air limbah dengan pH awal 9 dicampurkan larutan 0,3 M NaOH 1 Liter meningkatkan pH menjadi 11-12. Hal tersebut sesuai dengan penelitian [13] dimana *Jet Bubble Column* lebih cepat menurunkan kadar *ammonia* pada kondisi pH diatas 10 sehingga terjadinya dorongan difusi molekuler dalam film gas. Selain itu, telah dilakukan percobaan pada *Jet Bubble Column* tanpa menggunakan *solvent* NaOH bahwa pengurangan kadar *ammonia* hanya sebesar 197,37 mg/l dalam waktu 60 menit setara dengan menggunakan *solvent* yang dalam waktu 15 menit dapat menurunkan lebih dari pengurangan kadar *ammonia* tanpa *solvent*. Demergency dkk juga menggunakan NaOH sebagai *solvent* untuk meningkatkan pH menjadi 11 pada air limbah dengan sistem alat yang sama dalam larutan *ammonia* yang dibuat 500 mg/l dan mendapatkan penurunan yang lebih cepat [8].

3.2.2 Pengaruh temperatur dan laju alir udara terhadap penurunan kadar *ammonia*

Pengaruh temperatur terhadap konsentrasi penurunan kadar *ammonia* yang diperoleh pada laju alir udara 8 Liter/menit dan 12 Liter/menit dapat dilihat pada Gambar 3 berikut. Semakin tinggi temperatur dan seiring bertambahnya waktu pada laju alir udara 8 Liter/menit terjadi penurunan konsentrasi kadar *ammonia* pada limbah cair pupuk. Konsentrasi penurunan tertinggi terdapat pada proses menggunakan temperature 55°C yaitu 223,486 ppm dengan konsentrasi awal 631,584 ppm, sedangkan terendah penurunan terdapat pada temperatur 35°C yaitu 407,898 ppm dengan konsentrasi awal 671,058 ppm. Temperatur yang meningkat pada penyisihan kadar *ammonia* dalam perairan membuat peningkatan persentase amonia bebas pada perairan [15]. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya temperatur secara konsisten menghasilkan pengurangan kadar *ammonia* yang lebih cepat selama dilakukan proses *stripping* dimana volatilitas *ammonia* dari fase cair ke fase gas perpindahannya terjadi lebih cepat.



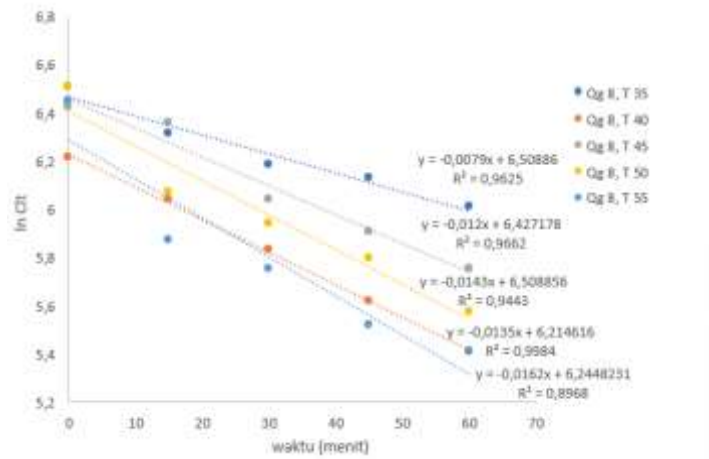
Gambar 3. Penurunan konsentrasi kadar ammonia terhadap waktu pada laju alir udara 8 Liter/menit.



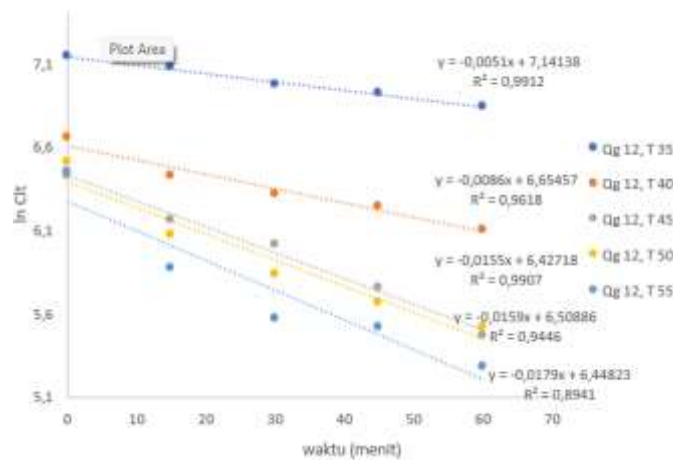
Gambar 4. Penurunan konsentrasi kadar ammonia terhadap waktu pada laju alir udara 12 Liter/menit.

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur dan seiring bertambahnya waktu pada laju alir udara 12 Liter/menit terjadi penurunan konsentrasi kadar ammonia pada limbah cair pupuk. Konsentrasi penurunan tertinggi terdapat pada proses menggunakan temperatur 55°C yaitu 197,37 ppm dengan konsentrasi awal 631,584 ppm, sedangkan terendah penurunan terdapat pada temperatur 35°C yaitu 934,218 ppm dengan konsentrasi awal 1263,168 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa selain temperatur yang semakin tinggi, penambahan laju alir udara mempengaruhi pengurangan kadar ammonia lebih besar dalam proses stripping yang terjadi di alat dengan meningkatkan supply jumlah udara menggunakan kompresor yang bersentuhan dengan air limbah, sehingga memperbesar peluang kontak antara gas ammonia dengan udara. Dalam penelitian Demergency dkk [8] menyebutkan peningkatan laju alir udara dapat meningkatkan retensi gas serta mengurangi ukuran gelembung yang tersebar dalam cairan sehingga gas entertainment (gas terperangkap dalam cairan) dan area antarmuka gas-cair meningkat, maka hal tersebut membuat efisiensi penghilangan amonia dan kLa meningkat.

Pada Gambar 5 dan Gambar 6 didapatkan masing-masing slope dengan equation $y=-ax+b$ pada setiap variasi dimana y merupakan $\ln C_1$, -a mewakili nilai -kLa dan b sebagai $\ln C_0$. Pada setiap variasi didapatkan masing-masing nilai koefisien perpindahan massa (kLa) seperti pada Tabel 3. Peningkatan temperatur dan laju alir udara meningkatkan nilai kLa yang menunjukkan bahwa kombinasi dari suhu tertinggi dan laju alir yang ditingkatkan dapat memaksimalkan nilai koefisien perpindahan massa pada proses stripping di alat. Penelitian terdahulu dengan kLa terbesar yang dilakukan oleh Quan et al di tahun 2009 pada alat Aerocyclone dengan metode stripping menggunakan laju alir 66 Liter/menit dan temperatur 15°C mendapatkan nilai koefisien perpindahan massa 0,78. Selain itu, pada laju alir udara 10,5 Liter/menit dan temperatur 30°C mendapatkan kLa 0,57 [7].



Gambar 5. Koefisien transfer massa terhadap waktu pada laju alir 8 Liter/menit.

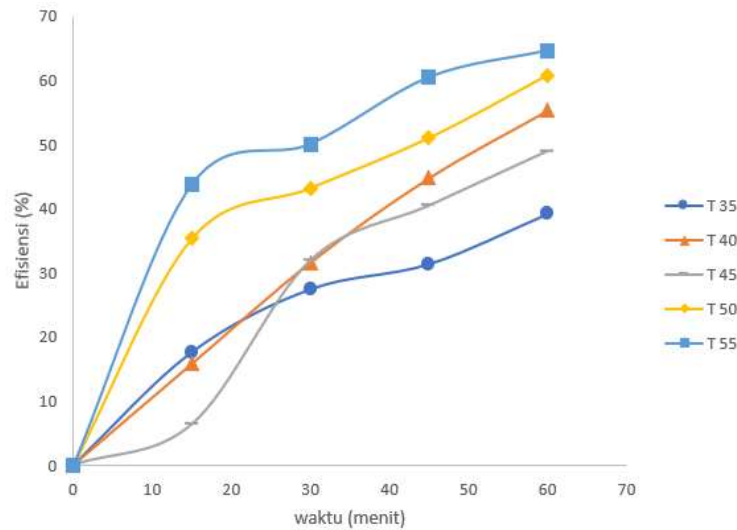


Gambar 6. Koefisien transfer massa terhadap waktu pada laju alir 12 Liter/menit.

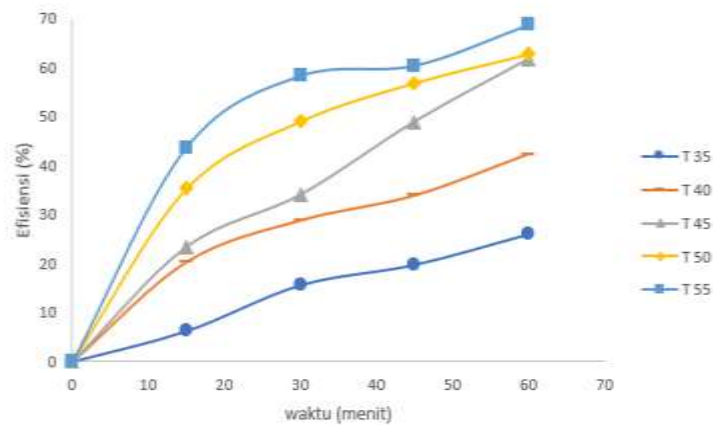
Tabel 3. Nilai kLa dari slope grafik

Variabel	kLa (min ⁻¹)	kLa (jam ⁻¹)
Qg 8, T 35°C	0,0079	0,474
Qg 8, T 40°C	0,0135	0,81
Qg 8, T 45°C	0,012	0,72
Qg 8, T 50°C	0,0143	0,858
Qg 8, T 55°C	0,0162	0,972
Qg 12, T 35°C	0,0051	0,306
Qg 12, T 40°C	0,0086	0,516
Qg 12, T 45°C	0,0155	0,93
Qg 12, T 50°C	0,0159	0,954
Qg 12, T 55°C	0,0179	1,074

Sedangkan *Jet Bubble Column* pada penelitian ini mendapatkan kLa tertinggi 1,074 dengan variasi laju alir udara 12 Liter/menit dan temperature 55°C. Hal ini menyatakan semakin tingginya laju alir udara dan temperatur memberikan pengaruh yang signifikan dalam proses *stripping* di alat untuk penurunan kadar *ammonia* pada air limbah. Dari hasil analisa mengenai semakin besar nilai kLa dan peningkatan turunya konsentrasi kadar *ammonia* pada limbah cair pupuk di temperatur dan laju alir yang tinggi yang terjadi di alat *Jet Bubble Column* dapat dilihat efisiensi kinerja alat dalam mengurangi kadar *ammonia* dalam waktu 60 menit pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



Gambar 7. Efisiensi pengurangan kadar ammonia air limbah pada laju alir 8 Liter/menit



Gambar 8. Efisiensi pengurangan kadar ammonia air limbah pada laju alir 12 Liter/menit

Hasil efisiensi tertinggi relevan dengan variasi penurunan konsentrasi dan nilai kLa, **Gambar 8** menunjukkan efisiensi tertinggi pada waktu 60 menit di temperatur 55°C laju alir 12 Liter/menit yaitu 68,75% dengan nilai absorbansi paling rendah yang didapatkan pada sampel 0,015 dan terendah saat waktu 60 menit berada pada temperatur 35°C dan laju alir 12 Liter/menit yaitu 26,04%. Namun, pada temperatur 35°C dan laju alir 8 Liter/menit lebih besar yaitu 39,21%. Hal ini dikarenakan saat sedang menjalankan alat, selang udara dari kompresor beberapa kali terlepas sehingga udara tidak masuk secara maksimal ke dalam alat disertai dengan konsentrasi awal air limbah yang sangat tinggi > 1000 ppm. Dengan peningkatan laju alir menyebabkan gelembung udara yang besar pecah menjadi lebih kecil. Gelembung kecil memiliki antarmuka gas-cair yang lebih besar.

Prasad dkk di tahun 1995 menyebutkan dengan tersebarnya gelembung-gelembung tersebut dalam cairan memungkinkan lebih banyak molekul gas yang untuk berdifusi pada waktu tertentu ke dalam cairan sehingga meningkatkan laju perpindahan massa yang dapat meningkatkan efisiensi proses. Dikombinasikan dengan peningkatan temperatur yang dapat meningkatkan laju desorpsi kadar ammonia dalam air untuk membantu proses *stripping* dari air limbah sehingga semakin tinggi laju alir udara dan temperatur yang digunakan, maka efisiensi pengurangan kadar ammonia dalam air limbah semakin besar.

3.2.3 Analisa Gas Keluar Menggunakan Neraca Massa

Berdasarkan neraca massa, %konversi NH₃ dari masing-masing data dapat dilihat pada **Tabel 4**. Keefektifan proses *stripping* yang terjadi di alat *Jet Bubble Column* dalam mengurangi konsentrasi kadar amonia pada air limbah pupuk dapat dilihat dari %Konversi NH₃ yang telah dihitung pada lampiran B. Semakin tinggi parameter operasi yang digunakan, maka semakin besar konversi NH₃ yang dihasilkan. %Konversi NH₃ yang dihasilkan dari mol masing-masing sampel pada laju alir 8 Liter/menit terjadi secara fluktuatif dan rata-rata berada diatas 50% seiring dengan pertambahan temperatur. Artinya, setengah dari

mol NH_3 ketika dilakukan proses *stripping* pada alat keluar sebagai gas dan dilepaskan ke atmosfer. Pada laju alir 12 Liter/menit mengalami peningkatan konversi setiap sampelnya diatas 55% kecuali pada sampel temperature 35°C dan 40°C dikarenakan mol output atau gas keluar tidak sebesar sampel lainnya.

Tabel 4. Persen Konversi NH_3 Setiap Sampel

Sampel	Parameter	%Konversi NH_3
A1	Temperatur 35°C	41,65 %
	Laju Alir 8 Liter/menit	
B1	Temperatur 40°C	59,52 %
	Laju Alir 8 Liter/menit	
C1	Temperatur 45°C	50,87 %
	Laju Alir 8 Liter/menit	
D1	Temperatur 50°C	58,33 %
	Laju Alir 8 Liter/menit	
E1	Temperatur 55°C	63,27 %
	Laju Alir 8 Liter/menit	
A2	Temperatur 35°C	18,16 %
	Laju Alir 12 Liter/menit	
B2	Temperatur 40°C	41,66 %
	Laju Alir 12 Liter/menit	
C2	Temperatur 45°C	60,37 %
	Laju Alir 12 Liter/menit	
D2	Temperatur 50°C	60,41 %
	Laju Alir 12 Liter/menit	
E2	Temperatur 55°C	67,59 %
	Laju Alir 12 Liter/menit	

Peningkatan temperatur cenderung meningkatkan %konversi NH_3 karena meningkatkan energi kinetik molekul, mempercepat laju reaksi dekomposisi NH_4OH menjadi NH_3 dan H_2O sehingga lebih banyak NH_3 yang terlepas dalam larutan. Selain peningkatan suhu, laju alir udara juga menghasilkan % konversi yang lebih tinggi dimana laju alir udara dapat meningkatkan efektivitas *stripping* NH_3 yang dibawa dari larutan ke fase gas dalam proses perpindahan massanya.

4. Kesimpulan

Pengurangan kadar *ammonia* pada *Jet Bubble Column* secara *stripping* mampu menurunkan 200 ppm – 400 ppm selama 60 menit dengan penambahan *solvent* NaOH saat *pre-treatment* dapat menurunkan kadar *ammonia* lebih dari 100 ppm dan berpengaruh menurunkan lebih cepat saat pengurangan konsentrasi *ammonia* pada alat. Semakin tinggi temperatur dan laju alir udara yang divariasikan pada *Jet Bubble Column*, maka pengurangan kadar *ammonia* dan efisiensi semakin besar. Persen pengurangan kadar *ammonia* tertinggi didapatkan sebesar 68,75% dan nilai kLa tertinggi 1,074 pada temperatur 55°C dan laju alir udara 12 Liter/menit.

Percobaan selanjutnya diharapkan menggunakan zat aditif lain seperti asam agar pH pada air limbah tidak tinggi, melakukan analisa gas keluar saat proses penurunan kadar *ammonia* pada alat dan melakukan penelitian dengan variasi temperatur maupun laju alir udara yang lebih tinggi untuk memastikan variasi jenuh pada alat.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya dan PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. Penelitian ini didukung dan difasilitasi oleh Departemen Lingkungan Hidup PT Pupuk Sriwidjaja Palembang.

6. Daftar Pustaka

- [1] N. Syah dan Y.H. Danhas, "Ekologi Industri", Yogyakarta: Deepublish, 2021.
- [2] A.D. Saptati dan N.F. Himma, "Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri", Malang: UB Press, 2018.
- [3] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18, Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, 1999.
- [4] A. Thaib, Darmadi, F. Mustafa, dan Zulfikar, "Penurunan Kadar Ammonium dan Urea pada Limbah Cair Industri Pupuk dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi", *Jurnal inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*, pp. 10-15, 2023.
- [5] L. M. Arief, "Pengolahan Limbah Industri", Yogyakarta: CV Andi Offset, 2016.
- [6] F. Rahman, "Analisis Kadar Amonia dan pH pada Limbah Cair Kanal 32 (K-32) PT Pusri Palembang", *ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, pp. 10-15, 2019.
- [7] D.H. Nugroho, "Pengaruh Nozzle Terhadap Aspek Hidrodinamika Kinerja Kolom Gelembung Pancaran", *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, pp. 84-91, 2014.
- [8] N. Demergency, A. Nuri, dan E. Yildiz, "Ammonia Removal By Stripping In Semi Batch Jet Loop Reactor", *J. Ind Engineering Chemical*, pp. 399-404, 2012.
- [9] M. Nur, E. Munawar, dan Mariana, "Recovery Air Buangan Condensate pada Ammonia Plant PT. PIM dengan Teknologi Pengolahan Lanjutan", *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, pp. 8-14, 2017.
- [10] Arisukma, Prana, Nicko Aji Purnomo, and Kartika Udyani. "Studi desain absorber untuk penyerapan CO2." *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. Vol. 9. No. 1. 2021
- [11] Lau, Raymond, Pei Hui Venus Lee, and Tao Chen. "Mass transfer studies in shallow bubble column reactors." *Chemical engineering and processing: Process intensification* 62 (2012): 18-25.
- [12] Bazhenov, Stepan D., Alexandr V. Bilydukevich, and Alexey V. Volkov. "Gas-liquid hollow fiber membrane contactors for different applications." *Fibers* 6.4 (2018): 76.
- [13] D.H. Nugroho, "Pengaruh Diameter Nozzle, Temperatur dan pH Terhadap Penyisihan Kadar Amonia Dengan Menggunakan Udara Stripping pada Kolom Gelembung Pancaran". *Jurnal Hasil Penelitian Industri*, pp 59-64, 2017.
- [14] T. Saeed dan G. Sun, "A Review On Nitrogen And Organics Removal Mechanisms In Subsurface Flow Constructed Wetlands: Dependency On Environmental Parameters, Operating Conditions And Supporting Media", *Journal of Environmental Management*, pp. 429-448, 2012.
- [15] I.S. Dewi dan N.M.U. Dwipayanti, "Metode Pengolahan Air Limbah Domestik Untuk Penurunan Kadar Amonia: Studi Literatur", *Arc. Com. Health*, pp. 409-424, 2021.
- [16] E.M. Bestari dan K.S. Lestari, "Analisis Pengolahan Limbah Cair di PT Petrokimia Gresik", *Majalah Kesehatan Masyarakat Aceh*, pp. 144-153, 2020.
- [17] Dinny dan Puji, "Analisis Kandungan Amonia dalam Limbah Outlet Kppl PT Pupuk Iskandar Muda (PT PIM) Lhokseumawe Quimica", *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 2019.
- [18] Iriany, I. Septiawan, dan S.J. Gustia, "Model Kinetika Ekstraksi Flavonoid dari Bayam Merah (*Alternanthera amoena voss*)", *Jurnal Teknik Kimia USU*, pp. 8-14, 2017.
- [19] R. Sudarman dan H. Budiastuti, "Penyisihan Kadar Amoniak dalam Limbah Cair Industri Pupuk Menggunakan *Sequencing Batch Reactor*", *Jurnal Fluida*, pp. 65-72, 2020.
- [20] M.H. Yuan, Y.H. Chen, J.Y. Tsai, C.Y. Chang, "Removal of ammonia from wastewater by air stripping process in laboratory and pilot scales using a rotating packed bed at ambient temperature", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, pp. 488-495, 2016.