

Pengurangan Kadar Amonia Dalam Limbah Cair Industri Menggunakan Kolom Gelembung Pancaran Dengan Penambahan Solvent KOH

Vita Aprilia^{1*}, Muhammad Zaman¹, Didiek Hari Nugroho¹

¹Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang

Corresponding Email: vitaaprilialia07@gmail.com

Abstrak

Permasalahan lingkungan yang dominan pada saat ini salah satunya berupa limbah cair yang berasal dari industri. Amonia merupakan senyawa yang dihasilkan dari proses industri pupuk. Sifat amonia yang toksik menyebabkan limbah amonia perlu dikelola dengan baik. Limbah amonia yang berasal dari berbagai unit operasi dalam pabrik urea yang berpotensi menimbulkan pencemaran selanjutnya limbah dialirkan ke tempat penampungan dan diolah lebih lanjut. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengurangan kadar amonia dengan menggunakan kolom gelembung pancaran melalui proses udara *stripping*. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan laju alir udara yaitu 12 L/menit dan 16 L/menit serta variasi konsentrasi *solvent* KOH sebesar 0,1;0,2;0,3;0,4M; dan 0,5M; Kadar amonia dianalisis menggunakan alat *Spektrofotometri Uv-Vis* dengan panjang gelombang 460 nm. Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien transfer massa (K_La) terendah 0,228/jam dan nilai K_La tertinggi 0,816/jam begitu juga dengan nilai efisiensi (%) *stripping* untuk penurunan amonia terendah 20,34% dan nilai efisiensi (%) tertinggi 57,45%. Keadaan optimal berada pada nilai K_La 0,816/jam dan efisiensi (%) 57,45% pada variabel konsentrasi *solvent* KOH 0,3M dan Laju alir udara (Q_g) 16 L/menit.

Kata Kunci: Amonia, Kolom Gelembung Pancaran, Limbah

PENDAHULUAN

Limbah cair industri merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang dominan. Amonia merupakan senyawa toksik yang dihasilkan dari proses industri pupuk. (Kartika dan wahyuningasih, 2019) PT PUSRI sebagai industri petrokimia di Palembang, menggunakan amonia sebagai bahan baku pembuatan pupuk, sehingga berpotensi menghasilkan limbah cair. Volume limbah cair PT PUSRI sekitar 500 m³, dengan kandungan amonia rata-rata sekitar 500 ppm dan urea rata-rata sekitar 1300ppm. (Okky, dkk., 2013) Salah satu teknik untuk mengurangi kadar amonia dalam limbah dapat dilakukan dengan mengeoperasikan menara *stripping*, mengatur jumlah udara yang dimasukkan ke dalam menara *stripping* sebagai salah satu cara pengeoperasiannya. Menara *stripping* diisi dengan bahan-bahan pengisi (*packing material*) dengan tujuan untuk meningkatkan luas permukaan kontak antara limbah dan udara. Hal ini dapat memfasilitasi proses transfer amonia dari limbah ke udara. Namun, perlu diperhatikan bahwa penggunaan bahan pengisi juga dapat menyebabkan terjadinya endapan pada bahan pengisi itu sendiri, sehingga perlu dipertimbangkan dalam desain dan pengoperasian menara *stripping* (Nugroho, 2017)

Selain menara *stripping*, proses penyisihan amonia dengan udara *stripping* juga dilakukan oleh Xuejuan dengan menggunakan reaktor *aerocyclone* (Quan dkk, 2019) Dermegency dengan menggunakan Jet Loop Reaktor (JLR) (Dermegenci dkk, 2012), Nugroho dengan menggunakan *Jet Bubble Column* (Nugroho dkk, 2014) dan Yuan menggunakan *Rotating Packed Bed* (Yuan, dkk), Proses penyisihan kadar amonia yang terkandung dalam limbah pupuk urea dengan menggunakan *Jet Bubble Column* (JBC) sangat efisien untuk jenis alat kontak antara fase gas dan cair (Nugroho dan

Machadra, 2014) . Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai penurunan kadar amonia pada limbah cair industri dengan proses stripping menggunakan alat *Jet Bubble Column* dengan melakukan variasi konsentrasi solvent KOH dan Laju alir udara yang bertujuan untuk Mengetahui pengaruh waktu *stripping* terhadap penurunan konsentrasi amonia, pengaruh variasi *solvent* dan laju alir udara yang optimal dalam penurunan kadar amonia,serta Perbandingan nilai koefisien transfer massa dari penelitian sekarang dan sebelumnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat Penelitian :

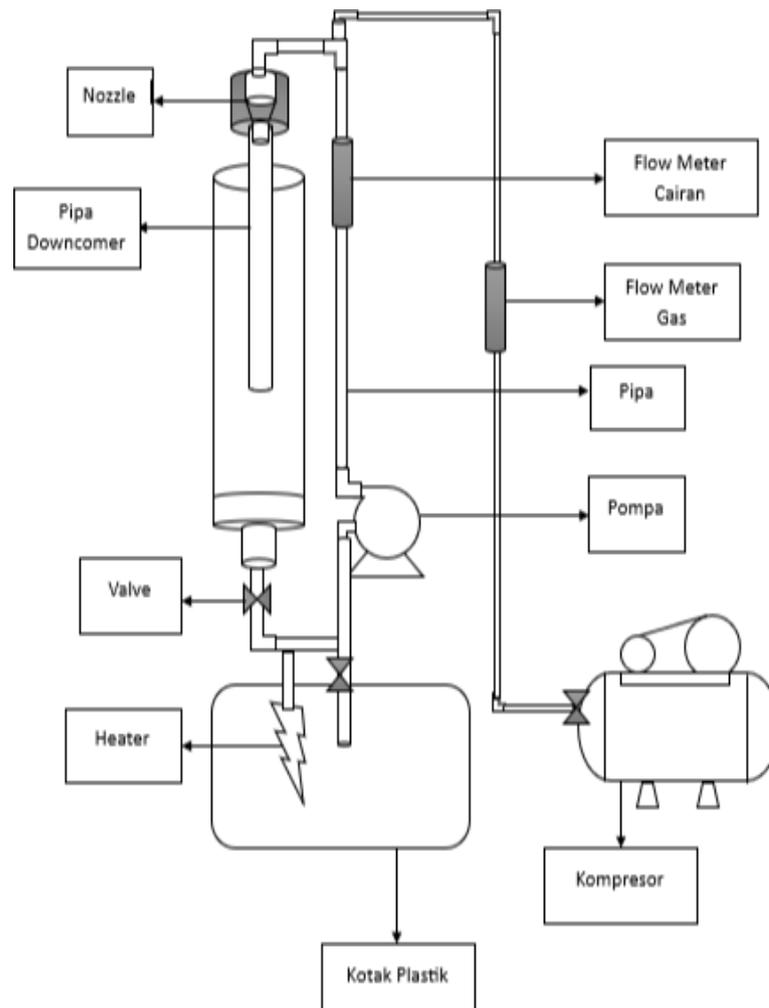
Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan yaitu periode Mei s/d Juli 2024 dan bertempat di Laboratorium Departemen Lingkungan Hidup PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang

Bahan :

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair produksi pupuk (yang diambil dari IPAL), larutan KOH Merck KgaA, 64721 Darmstadt dengan variasi konsentrasi yang digunakan 0,1M ; 0,2M; 0,3M; 0,4M; 0,5M, aquades, serta reagen nessler

Alat:

Peralatan yang digunakan meliputi Kolom Gelembung Pancaran Termometer, Labu ukur, Pipet ukur, Bola karet, Botol semprot, Gelas kimia, corong, spatula, stopwatch, pH meter, Neraca analitik dan spektrofotometri UV-Vis.



Gambar 1 Rangkaian Desain Alat Gelembung Pancaran

Rancangan Penelitian

Variabel penelitian ini variabel yang digunakan terdiri dari: Temperatur (T), Laju Alir Cairan (Ql), Laju Alir Gas (Qg), Solvent KOH (s) dan waktu (t).

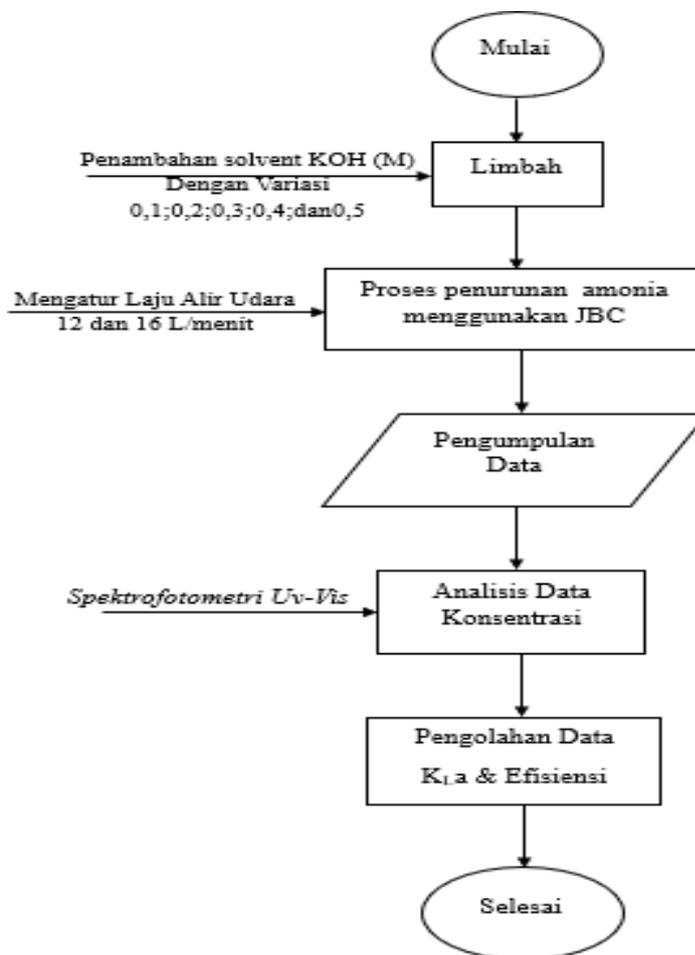
Variabel Tetap :

Temperatur : 35 °C
Laju Alir Cairan : 0,9 L/menit

Variabel Bebas :

Konsentrasi Solvent KOH : 0,1;0,2;0,3;0,4; dan 0,5 M
Laju Alir Udara : 12 dan 16 L/menit
Waktu : 0, 15, 30, 45 dan 60 menit

Prosedur Percobaan



Gambar 2 Diagram Prosedur Percobaan

Analisa Produk

Pengukuran pH

Alat yang digunakan pada pengukuran nilai pH adalah pH meter dan gelas kimia ukuran 100 ml, sedangkan bahan yang digunakan sampel dan air aquades yang digunakan sebagai pembilas elektroda Analisis Kadar Amonia

Percobaan ini bertujuan untuk menganalisis kadar amonia yang terkandung dalam limbah cair industri pupuk yang diperoleh dari percobaan penurunan amonia menggunakan jet bubble column.

Mentukan nilai Koefisien transfer massa

Menentukan nilai perpindahan massa dalam sistem udara stripping mengindikasikan persamaan matematis yang diusulkan oleh Quan, dkk (2009) dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien perpindahan massa seperti ditunjukkan pada persamaan di bawah ini.

$$-\ln \left(\frac{C_{lt}}{C_{l0}} \right) = KLa \cdot t \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- C_{l0} : Konsentrasi awal amonia yang terdapat pada air limbah dari proses pembuatan pupuk (mg/L)
- C_{lt} : Konsentrasi amonia yang terkandung dalam air limbah dari proses pembuatan pupuk urea pada waktu tertentu (mg/L)
- KLa : Koefisien tperpindahan massa (jam⁻¹)
- T : Rentang waktu dari proses stripping (jam)

Menghitung nilai efisiensi penyisihan (removal) amonia

Efisiensi penyisihan ammonia dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{c_{l0}-c_{lt}}{c_{l0}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

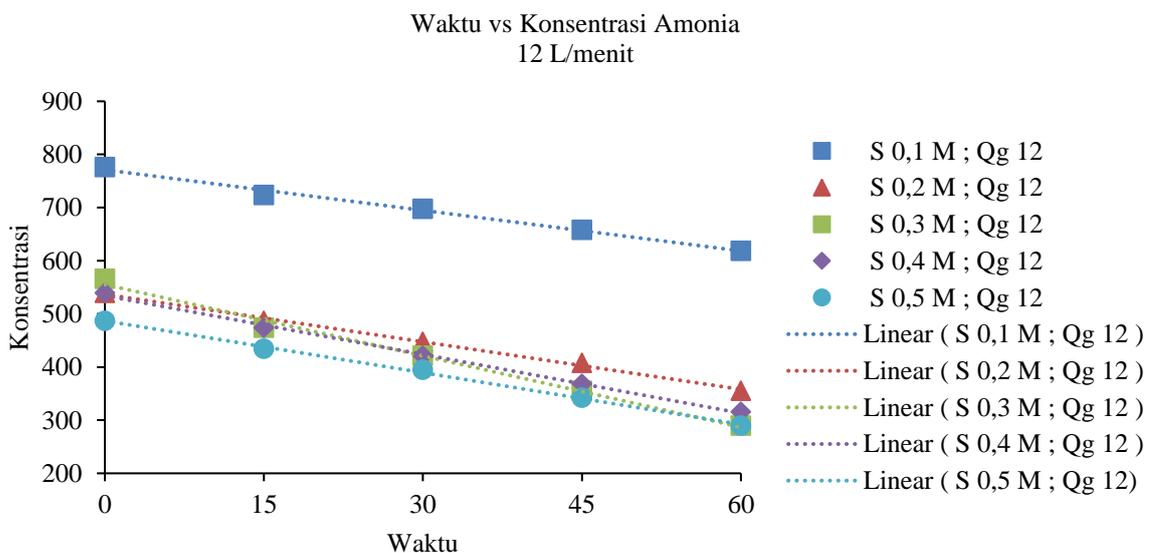
Dimana

- C_{l0} : Konsentrasi awal amonia yang terdapat pada air limbah dari proses pembuatan pupuk (mg/L)
- C_{lt} : Konsentrasi amonia yang terkandung dalam air limbah dari proses pembuatan pupuk urea pada waktu tertentu (mg/L)

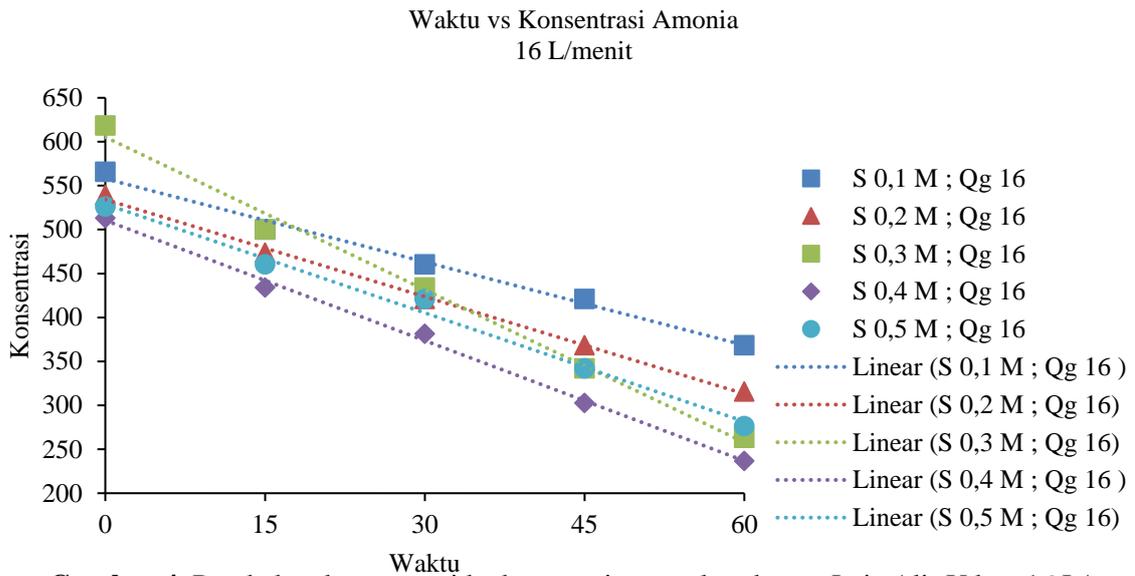
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Konsentrasi Kadar Amonia Terhadap Waktu

Konsentrasi awal amonia yang terdapat pada air limbah dari proses pembuatan pupuk yang memiliki nilai yang bervariasi. Faktor utamanya adalah waktu pengambilan sampel limbah ialah adanya faktor peningkatan dan penurunan kapasitas produksi dan faktor alam seperti curah hujan yang tinggi



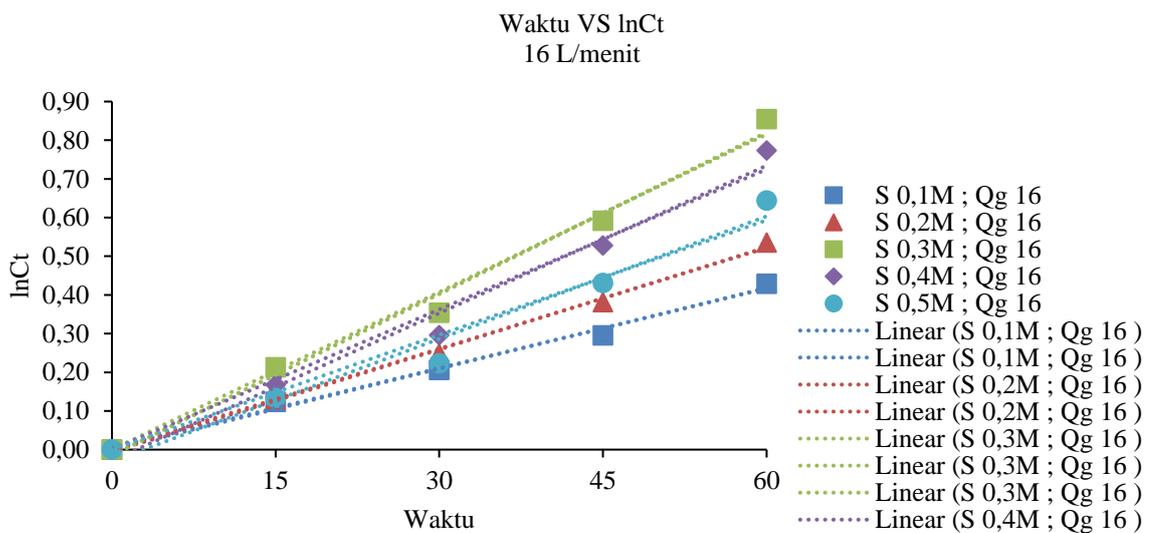
Gambar 3. Perubahan konsentrasi kadar amonia vs waktu dengan Laju Alir Udara 12 L/menit



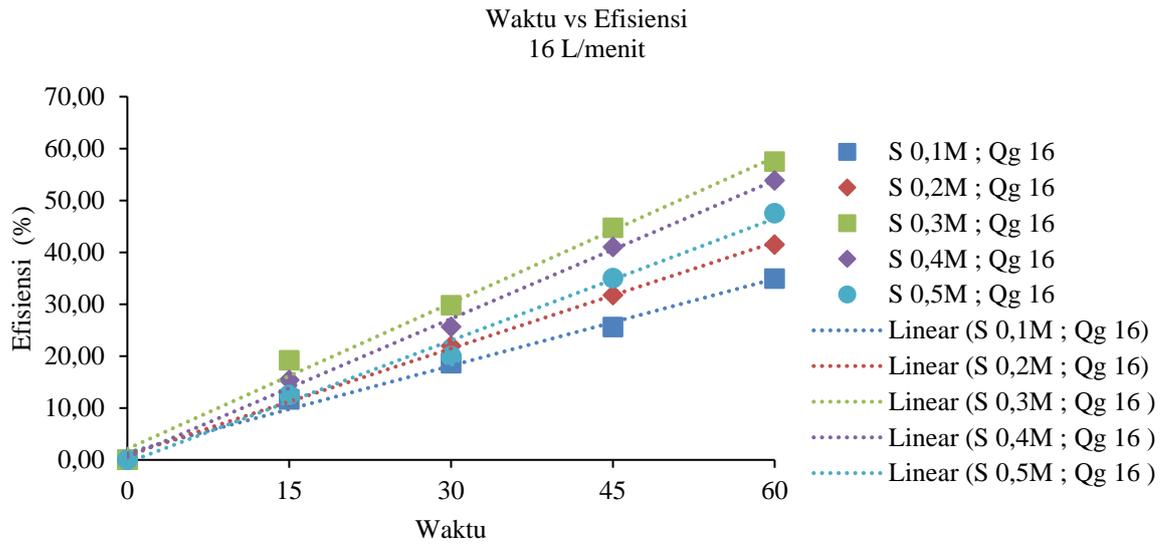
Gambar 4. Perubahan konsentrasi kadar amonia vs waktu dengan Laju Alir Udara 16 L/menit

Konsentrasi amonia dalam limbah cair industri pupuk mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu. Semakin lama Proses stripping terhadap waktu maka kontak antara air yang mengandung amonia dengan udara atau gas akan semakin turun disebabkan banyaknya amonia yang terstripping dengan air. Untuk mencapai hasil yang optimal, dilakukan pengaturan lamanya waktu stripping dan disesuaikan dengan laju alir udara yang digunakan dan variasi solvent. sama halnya dalam penelitian (Marta dan Yulia) pengaruh waktu operasi pada elektrolisis amonia menyatakan bahwa konsentrasi NH₃ sisa semakin berkurang dengan bertambahnya waktu. Semakin lama waktu elektrolisis, maka semakin banyak NH₃ yang teroksidasi menjadi N₂ sehingga konsentrasi NH₃ yang tersisa dalam larutan semakin sedikit.

Pengaruh Konsentrasi Solvent terhadap Koefisien Transfer Massa dan Efisiensi Penurunan Amonia



Gambar 5. Pengaruh waktu vs lnCt (kondisi percobaan variasi konsentrasi solvent 0,1 M –0,5 M dan Laju alir Udara 16 L/menit



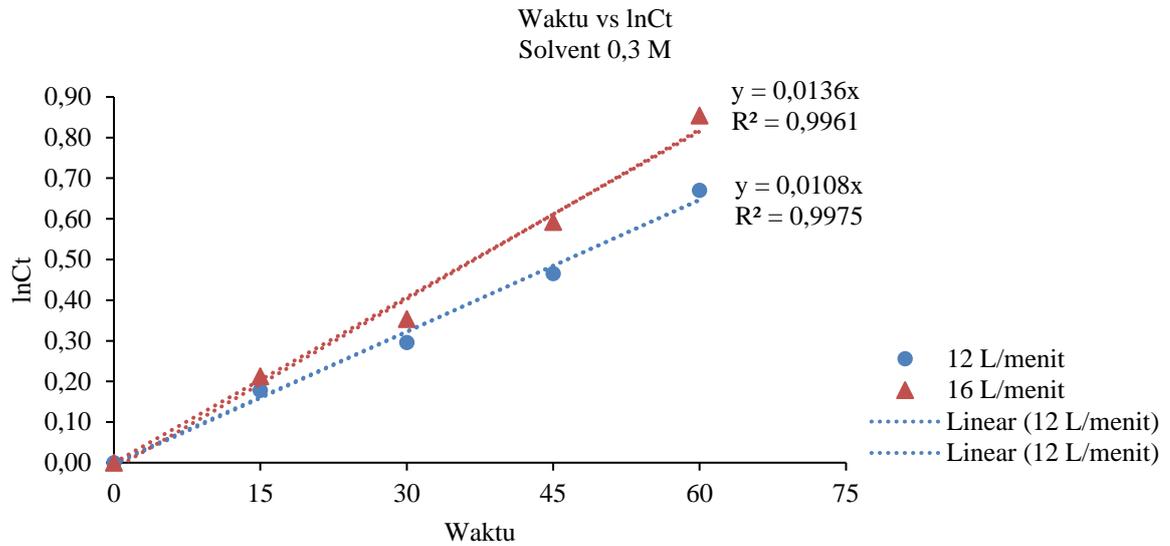
Gambar 6. Pengaruh waktu vs Efisiensi (kondisi percobaan variasi konsentrasi solvent 0,1 M – 0,5 M dan Laju alir Udara 16 L/menit.

Dari Grafik pada Gambar 5 dan 6 dapat dilihat nilai hasil penelitian dengan variasi solvent terhadap waktu selalu meningkat dengan nilai $\ln Ct$ dan efisiensi laju alir udara 12 dan 16 L/menit. Kenaikan nilai koefisien transfer massa dan efisiensi selain dipengaruhi dari lamanya proses pengolahan, juga dipengaruhi oleh banyaknya penambahan solvent KOH yang menyebabkan kenaikan pH pada cairan. Peningkatan pH air limbah akan mendorong amonia ke arah NH_3 gas amonia sehingga mudah terlepas dari air dan teruapkan. Dengan dominasi bentuk NH_3 proses transfer massa dan efisiensi dari air ke fase gas akan berlangsung lebih cepat. Akibatnya waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan amonia menjadi semakin singkat. Seperti pada penelitian sebelumnya (Nugroho dan Machdar, 2014) yang menyebutkan bahwa semakin tinggi pH berkisar 11-12 maka efisiensi penyisihan amonia dan koefisien perpindahan massa semakin tinggi. Hal ini disebabkan pada pH 11-12 hampir seluruh nitrogen amonium diubah menjadi molekuler. Pada penelitian ini sampel pada pH 11-12 nilai koefisien transfer massa dan efisiensi tinggi dikarenakan ada penambahan solvent KOH untuk meningkatkan pH.

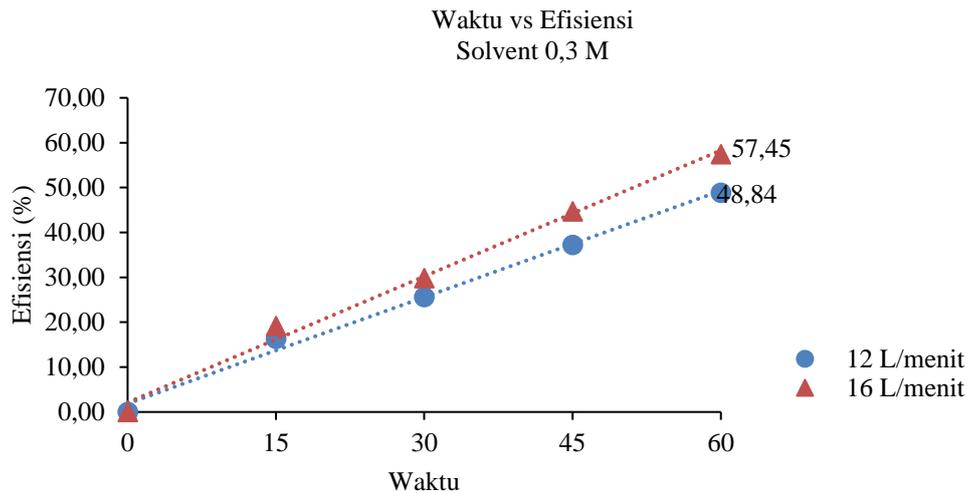
Tabel 1. Konsentrasi Solvent Terhadap Koefisien Transfer Massa dan Efisiensi Penurunan Amonia

Konsentrasi Solvent (M)	Koefisien Perpindahan Massa (Jam^{-1})	Efisiensi Penurunan Amonia
0,1 M	0,420	34,88
0,2 M	0,522	41,46
0,3 M	0,816	57,45
0,4 M	0,726	53,85
0,5 M	0,594	47,50

Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Koefisien transfer Massa dan Efisiensi Penurunan Amonia



Gambar 7. Pengaruh waktu vs koefisien transfer massa (kondisi percobaan variasi Laju alir Udara 12 L/menit ,16 L/menit dan konsentrasi solvent 0,3M)



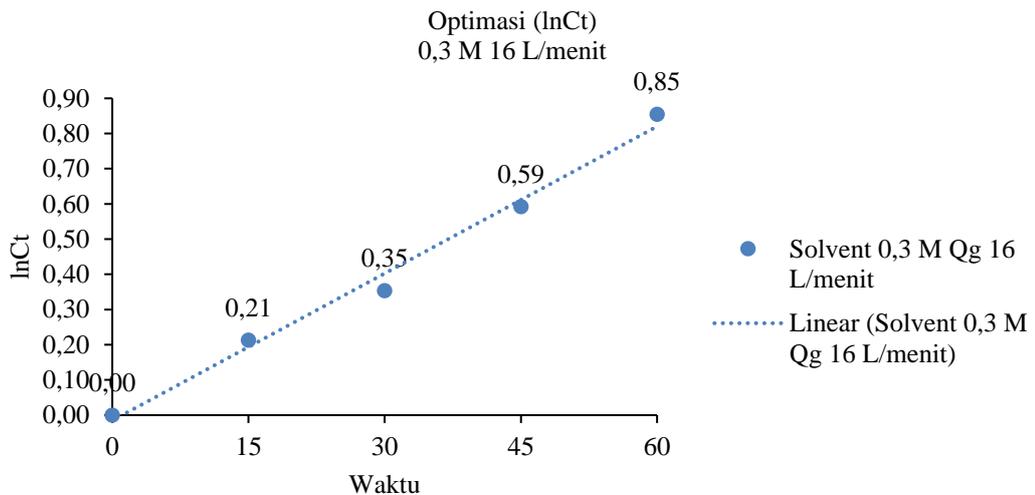
Gambar 8. Pengaruh waktu vs efisiensi (kondisi percobaan variasi Laju alir Udara 12 L/menit ,16 L/menit dan konsentrasi solvent 0,3M)

Grafik pada Gambar 7 dan 8 menunjukkan hubungan antara waktu dan nilai $\ln C_t$ dan efisiensi untuk solvent dengan konsentrasi 0,3 M dengan laju alir udara 12 L/menit dan 16 L/menit. Ketika laju alir udara meningkat tekanan udara masuk ke cairan akan meningkat dan ketebalan lapisan batas pada permukaan cairan menjadi semakin tipis sehingga mempercepat transfer massa amonia dari cairan ke fase gas. Pada laju alir 12 L/menit dan 16 L/menit nilai $\ln C_t$ sebesar 0,67 dan 0,85 sedangkan nilai efisiensinya 48,84 % dan 57,45% maka bisa dikatakan laju alir berpengaruh dalam proses penurunan kadar amonia menjadi lebih optimal seperti dalam Riezqa, (2011) menyatakan Perbedaan laju alir mempengaruhi proses pemisahan yang terjadi, dinamika fluida yang terjadi akibat pengaruh variasi laju alir akan menentukan koefisien perpindahan massa sehingga berpengaruh pula terhadap efektivitas. Bahwa efisiensi penyisihan amonia dan $K_L a$ semakin tinggi seiring dengan semakin besarnya laju aliran volumetrik gas masuk.

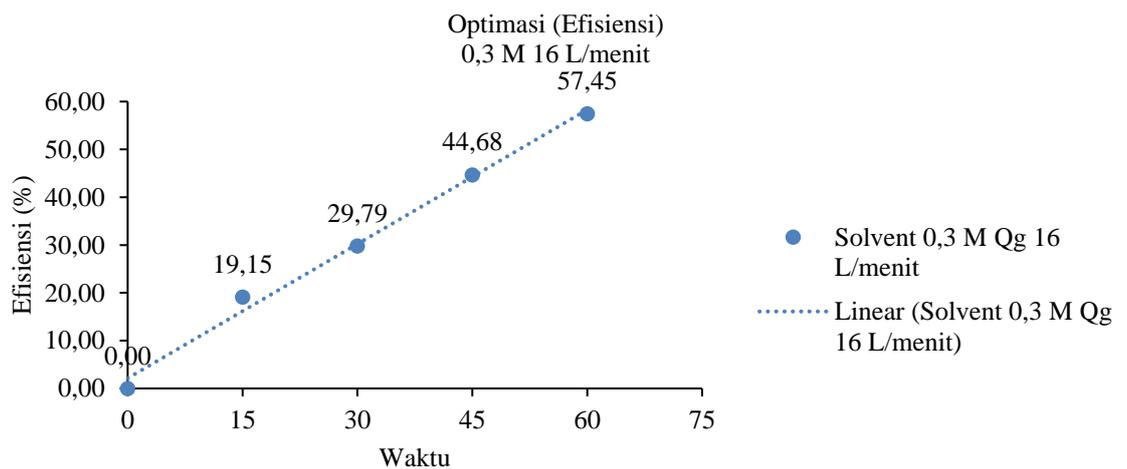
Tabel 2. Laju Alir Udara Terhadap Koefisien Transfer massa dan Efisiensi Penurunan Amonia

Laju Alir Udara (Qg)	Koefisien Perpindahan Massa (Jam ⁻¹)	Efisiensi Penurunan Amonia (%)
12 LPM	0,648	48,84
16 LPM	0,816	57,45

Optimasi Konsentrasi Solvent dan Laju Alir udara



Gambar 9. Grafik Optimasi nilai lnCt vs waktu (kondisi percobaan variasi solvent 0,3 M dan Laju Alir Udara 16 L/menit)



Gambar 10. Grafik Optimasi nilai Efisiensi vs waktu (kondisi percobaan variasi solvent 0,3M dan Laju Alir Udara 16 L/menit)

Grafik pada Gambar 9 dan 10 menunjukkan nilai optimasi nilai lnCt dan Efisiensi dari semua variabel yang ada terhadap waktu. Terdapat pada konsentrasi KOH sebesar 0,3 M dan Laju alir Udara 16 L/menit. Faktor yang menyebabkan dapat dicapainya nilai optimal yaitu pada penggunaan konsentrasi solvent KOH yang tinggi dapat meningkatkan nilai pH larutan. Karena pH yang tinggi dapat mendorong

penurunan amonia menjadi lebih baik. Sementara itu, peningkatan Laju alir udara yang semakin tinggi dapat meningkatkan kontak antara larutan dan fase gas sehingga mempercepat proses transfer massa amonia dari fase cair ke fase gas serta membawa amonia terlepas dari larutan. Serta kombinasi variabel yang optimal seperti laju alir cairan dan temperatur yang ditetapkan ikut mendukung proses stripping dalam penurunan konsentrasi amonia dalam mencapai nilai optimal. Sehingga didapatkanlah nilai $\ln Ct$ sebesar 0,85 dengan nilai KLa 0,816 /jam dan nilai efisiensi sebesar 57,44 % pada penelitian ini.

Perbandingan dengan penelitian lain

Tabel 3. Perbandingan konsumsi udara dan KLa pada proses stripping

Peralatan	Kondisi eksperimen		T (°C)	Konsumsi Udara Qg/VL	Kla (h ⁻¹)	Referensi
	VL (L)	Qg (L/menit)				
Jet Loop Reactor	9	50	20	5,5	0,63	Dermegency dkk., 2012
Stirer tank	0,05	4,8	16	96,0	0,48	Dergemency et al. 2012
Packed tower	1000	25.000	15	25.0	0.42	Dermegency et al. 2009
Aerocyclone	10	25.000	15	6.6	0.78	Quan dkk., 2019
Jet Bubble Coloumn	12	10.5	30	0,875	0.57	Nugroho dkk., 2014
Jet Bubble Column + Kompresor	7	16	35	2,28	0,816	Penelitian sekarang

Menurut Nugroho dkk., (2014) konsumsi energi yang dibutuhkan kolom jet bubble jauh lebih rendah dibandingkan dengan reaktor jet loop atau aerocyclon dengan nilai KLa 0,57h⁻¹ dan untuk menurunkan kadar amonia dengan metode stripping menggunakan alat Jet Bubble Coloumn + Kompresor dengan variasi konsentrasi solvent 0,1; 0,2;0,3;0,4; dan 0,5 M dan laju alir udara 12 L/menit dan 16 L/menit maka didapatkanlah nilai KLa lebih besar dari pada pe penelitian sebelumnya sebesar 0,816/jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh waktu stripping dapat mempengaruhi nilai konsentrasi amonia ditandai dengan turunya konsentrasi amonia per 15 menit rata-rata sebesar 50 ppm, Variabel laju alir udara dan konsentrasi KOH yang optimal berada pada variasi solvent 0,3 M dan Laju alir udara 16 L/menit., dan Hasil perbandingan dari penelitian diperoleh nilai KLa 0,816 /jam lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan nilai KLa 0.57 /jam

DAFTAR PUSTAKA

Demergenci, N., Ata Nuri, O. dan Yıldız, E. 2012. Ammonia removal by air stripping in a semi-batch jet loop reactor. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 18, pp.399–404.

- Kartika, D., dan Wahyuningsih, P. (2019). Analisis Kandungan Amoniak dalam Limbah Outlet KPPL PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. In *Jurnal Kimia Sains dan Terapan* (Vol. 1, Issue 2).
- Marta, R., dan Yulia, M., Pengaruh pH, Konsentrasi Awal Ammonia Dan Waktu Operasi Pada Elektrolisa Ammonia.
- Nugroho D.H., (2017). The Effect of Nozzle Diameter, Temperature, and pH on The Ammonia Recovery Using Air Stripping on Jet Bubble Column. In *Jurnal Hasil Penelitian Industri* (Vol. 6, Issue 1).
- Nugroho D.H., dan Machdar, I. (2014). Pengaruh Nozzle Terhadap Aspek Hidrodinamika Kinerja Kolom Gelembung Pancaran The Effect of the Nozzle on the Hydrodynamic of Jet Bubble Column Performance. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 10(2), 84–91.
- Okky, P.A., Hasyim H., dan Sunarsih E., (2013). Analisis Determinan Perilaku Petugas Dalam Pengelolaan Limbah Cair Sistem PET Di PT Pusri Palembang. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 133–139.
- Quan T, Qin Z, Xia W, Shao Y, Voorhees JJ, Fisher GJ. Matrix-degrading metalloproteinases in photoaging. In: *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*. Vol 14. ; 2009:20–24.
- Riezqa, A., (2011). Pengaruh Laju Alir Umpan dan pH Penyisihan Amonia Dari Air Limbah Menggunakan Kontraktor Membran Serat Berongga Dengan Larutann Penyerap Asam Sulfat.
- Yuan, M.H., Chen, Y.H., Tsai, J.Y., Chang, C.Y. 2016. 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*, 60: 488-495