



Recovery Air Buangan Condensate pada Ammonia Plant PT. PIM dengan Teknologi Pengolahan Lanjutan

Recovery of Condensate Wastewater in Ammonia Plant PT. PIM via Advanced Treatment

Muhammad Nur^{1*}, Edi Munawar², Mariana²

¹Mahasiswa Magister Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh, 23111

*E-mail: muhammad.nur@pim.co.id

Abstrak

Studi penurunan kandungan amonia, karbon dioksida, dan kontaminan organik dalam air buangan kondensat telah dilakukan melalui pengolahan lanjutan menggunakan kombinasi teknologi *air stripping jet bubble column*, *advanced oxidation proses*, dan *ion exchange resin*. Tujuannya adalah untuk melihat pengaruh waktu tinggal cairan dalam *air stripping jet bubble column*, pengaruh penambahan ozon (O_3) dan hidrogen dioksida (H_2O_2) terhadap penurunan karbon dioksida (CO_2) dan kontaminan organik, serta penghilangan kadar amonia dengan ion exchange resin pada air buangan kondensat. Laju alir volumetrik cairan, tekanan kolom dan diameter nozzle diset tetap, sedangkan variabel tidak tetap meliputi laju alir udara, konsentrasi H_2O_2/O_3 dan waktu tinggal cairan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air kondensat mengalami penurunan kandungan CO_2 dan NH_3 masing-masing hingga 87,60 dan 65,31% pada proses *Air Stripping Jet Bubble Column* dengan tekanan 50 psi, kandungan kontaminan organik juga mengalami penurunan hingga 80,71% dengan penambahan hidrogen peroksida 8.000 ppm dan waktu tinggal 180 menit dengan teknologi AOP, amonia yang masih tersisa dari proses *Air stripping Jet Bubble Column* juga mengalami penurunan signifikan mencapai 98,57% dengan teknologi *resin cation exchange*, sehingga perolehan air kondensat dari ketiga proses di atas sudah memenuhi persyaratan untuk layak digunakan kembali sebagai air umpan boiler. Laju penurunan amonia ditentukan dengan metode ASTM-D 1426 sedangkan penurunan konsentrasi karbon dioksida ditentukan dengan metode ASTM-512 dan penurunan konsentrasi organik kontaminan ditentukan dengan metode titrimetri (SII-0071).

Kata kunci: advanced oxidation process, *air stripping jet bubble column*, air limbah kondensat, penghilangan amonia, penghilangan karbon dioksida

Abstract

Study of reducing the content of ammonia, carbon dioxide, and organic contaminants in wastewater process condensate using a combination of technologies of water jet stripping bubble column, advance oxidation process and ion exchange resin has been done. The aim of this research is to investigate the effect of hydraulic resident time in jet stripping bubble column and the amount of the addition of ozon/ H_2O_2 in removing the content of carbon dioxide and organic contaminants as well as ammonia removal with ion exchange resin from condensate wastewater. The volumetric flow of water, pressure of the column, and diameter of nozzle are maintained constant during experiment, while the flow rate of air entering to the column, H_2O_2/O_3 concentrations, and the hydraulic retention time are various. The results shows that the water jet stripping bubble column at 50 psi air pressure is capable to reduce CO_2 87.60% and ammonia to 65.31%. AOP technology is capable to reduce the content of organic contaminant to 80.71% with the addition of hydrogen peroxide 8,000 ppm with a residence time of 180 minutes. While the ammonia remaining in the water from the process of condensate reached 98.57%, so that the recovery process of water condensate technology uses a combination of air stripping jet bubble column, advance oxidation process (AOP) and ion exchange resin already meets the requirements to be reused as boiler feed water. The ammonia reduction is determined by using ASTM-D 1426 method, the carbon dioxide by using ASTM-512 method, and the organic contaminants by using titrimetric method (SII-0071).

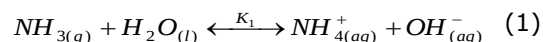
Keyword: advance oxidation process, *air stripping jet bubble column*, ammonia removal, carbon dioxide removal

1. Pendahuluan

PT. PIM sebagai produsen amonia dan urea dalam aktivitasnya menggunakan steam sebagai bahan baku, sebagai pemanas dan penggerak turbin. Steam yang digunakan sebagai bahan baku di *amonia plant*, akan mengalami kondensasi sehingga menghasilkan *process condensate*. Amonia dan karbon dioksida yang dihasilkan dari aktivitas industri pupuk kadangkala menjadi masalah bagi pabrik dan mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Jika yang dihasilkan dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu, maka dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan.

Amonia merupakan senyawa yang dihasilkan dari proses industri pupuk dan mencemari lingkungan. Pada proses pembuatan ammonia ketika gas sintesis didinginkan setelah melewati unit Low Temperatur Shift (LTS), steam yang tidak beraksi yang digunakan pada unit reforming dan shift conversion dalam bentuk proses condensate kadangkala mengalami kontaminasi oleh amonia (NH_3), karbon dioksida (CO_2), dan metanol (Toyo Engineering Cooperation, 1958). Sehingga *process condensate* yang dihasilkan tidak bisa digunakan kembali sebagai umpan boiler karena dapat merusak peralatan. Untuk menghindari masalah ini kondensate harus dimurnikan kembali. Pengolahan penghilangan senyawa karbon dioksida dan amonia dalam air dapat dilakukan dengan proses fisika, kimia, biologi, atau kombinasi dari metode seperti adsorpsi, presipitasi kimia, membrane filtrasi, *reverse osmosis*, *ion exchange*, *stripping* udara, klorinasi *breakpoint* dan biological *nitrification*.

Amonia dalam air limbah terdiri dalam dua bentuk: amonia stabil dan ion amonium. Proses penghilangan amonia stabil dan ion amonium dalam air limbah tergantung pada dua faktor yaitu: pH dan suhu air limbah. Kelarutan amonia dalam air meningkat pada kondisi suhu rendah. Sebagai contoh, pada 0°C pada tekanan atmosfer, 1 volume air dapat melarutkan 1.200 volume amonia, sementara pada 20°C pada tekanan atmosfer, 1 volume air hanya dapat melarutkan 700 volume amonia (David, 2012). Namun, hanya dengan menaikkan suhu, tidak semua amonia dalam air limbah dapat dihilangkan. Sebagian dari ammonia ini akan terpisah lagi ke dalam air untuk membentuk ion amonium, sesuai dengan formula reaksi pada Persamaan (1).



Amonia dan karbon dioksida dapat dihilangkan dengan proses *air stripping jet bubble column* dengan konstruksi sederhana dan biaya operasional yang rendah (Mandal, 2010). *Air stripping jet bubble column* banyak digunakan untuk penyerapan gas dalam berbagai bidang termasuk petrokimia, industri farmasi, biokimia, dan teknologi pengolahan limbah (Mandal, 2010).

Beberapa penelitian telah dilaporkan terhadap perpindahan massa pada aliran bawah sistem dengan dispersi efisien, misalnya *jet cair ejector*, *Venturi-bubble column* (David, 2012), dan *jet bubble column* (Evans, 2001). Namun, perbandingan dari sistem yang berbeda sulit diperoleh, karena konfigurasi ejector-kontaktor yang berbeda dan rentang operasi dari laju aliran cairan dan gas. Meskipun banyak penelitian telah dilakukan untuk memahami perilaku dalam *air stripping jet bubble column*, desain dan kombinasi sebagian bergantung pada hubungan empiris.

Takahashi dkk., 1979 menyatakan bahwa jumlah gelembung udara yang dihasilkan tergantung dari konsentrasi udara, derajat gangguan terhadap cairan dan geometri *nozzle*. Sementara itu suhu dan aliran udara memiliki dampak signifikan pada penghilangan amonia dan ini menunjukkan bahwa konsentrasi amonia awal dan tingkat sirkulasi cairan tidak berpengaruh signifikan pada penghilangan amonia (Degermenci, 2012). Semakin besar kecepatan pancaran cairan dan ukuran diameter *nozzle air stripping jet bubble column*, maka gas entrainment yang diperoleh semakin besar, serta menghasilkan holdup fasa gas yang semakin besar pula (Nugroho, 2014). Jika kecepatan aliran cukup tinggi, gelembung-gelembung udara akan tertarik ke bawah, mengikuti gerakan cairan dan kemudian akan naik ke permukaan cairan tersebut (Nugroho, 2007).

Kekuatan pendorong untuk transfer gas oksigen dan penghilangan karbon dioksida stripping adalah gradient antara tekanan parsial di seluruh permukaan air, karena gradient untuk karbon dioksida jauh lebih tinggi dari pada oksigen atmosfer sehingga memenuhi syarat karbon dioksida *removal* (Micha, 2003). Tidak seperti gas lainnya, karbon dioksida membentuk keseimbangan kimia dalam air. Konsentrasi karbon dioksida dalam air akan menurunkan pH air akibat kenaikan konsentrasi total karbonat karbon,

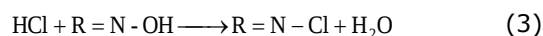
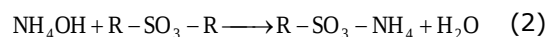
pada pH tinggi akan mengurangi konsentrasi karbon dioksida (Morgan dan Stumm, 1981). Kandungan karbon dioksida dalam air dapat dikendalikan dengan cara aerasi, pengontrolan pH, atau gabungan keduanya (Grace dan Piedrahita, 1996).

Penggunaan hidrogen peroxide/ozon sudah terbukti efisien dan lebih ekonomis. Senyawa organik bereaksi dengan peroxide/ozon melalui mekanisme proses oksidasi lanjutan (*advanced oxidation process*, AOP) yang didasarkan pada teknik generasi yang sangat reaktif. Terutama radikal hidroksil OH yang mampu bereaksi dengan berbagai senyawa bahkan dengan bahan kimia yang sangat sulit untuk diuraikan. Oksidasi organik terjadi karena kombinasi dari reaksi dengan molekul ozon dan reaksi dengan OH radikal (Galze, 1987). Senyawa ini sangat reaktif karena salah satu elektron mereka tidak berpasangan. Degradasi reaksi diprakarsai oleh radikal sampai produk oksidasi termodinamika stabil terbentuk yang menghasilkan mineralisasi, yaitu degradasi penuh polutan. Produk oksidasi lengkap menghasilkan senyawa organik karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O) (Barretto, 1995).

Hidrogen peroksida banyak digunakan pada pengolahan limbah industri karena penguraian hidrogen peroksida hanya menghasilkan air dan oksigen sehingga lebih ramah lingkungan. Selain itu hidrogen peroksida kekuatan oksidatornya juga dapat diatur sesuai kebutuhan (Darmadi, 2014). AOP sangat ramah lingkungan untuk menghilangkan polutan dan kontaminan di dalam air limbah, untuk menghilangkan racun atau bahan non-degradable karena tidak meninggalkan residu kimia setelah reaksi. AOP juga dapat diterapkan untuk penghilangan senyawa aromatik, pestisida, konstituen minyak bumi, senyawa organik volatil (VOC), hidrokarbon minyak bumi dan hidrokarbon diklorinasi, pewarna, dan bahan organik. H₂O₂ di dalam air, akan berpartisipasi dalam reaksi rantai kompleks yang menghasilkan pembentukan radikal seperti radikal hidroksil (OH•) dan superoksida radikal (O₂•) sehingga metode AOP peroksida/Ozon mampu menguraikan dan termineralisasi kontaminan organik dan anorganik.

Ion Exchange Resin menawarkan metode alternatif untuk penghilangan ion amonium (Jorgensen, 2002). Penukar ion yang pertama digunakan zeolit alami, sekarang ada zeolit sintetis dan penukar ion polimer. Resin penukar kation polimer dibuat dengan

mereaksikan senyawa dasar dengan gugus ion yang dapat melepaskan ion positif. Gugus ion yang dipakai pada resin penukar kation asam kuat adalah gugus sulfonat dan cara pembuatannya dengan sulfonasi polimer polistyren divinil benzena. Resin penukar anion diperoleh dengan mereaksikan gugus ion yang mampu melepaskan ion negatif. Resin penukar anion polimer dibuat dengan matrik yang sama dengan resin penukar kation polimer tetapi gugus ion yang dimasukkan harus bisa melepas ion negatif, misalnya R=N-OH atau gugus lain. Gugus ion dalam penukar ion merupakan gugus yang hidrofilik, ion yang terlarut dalam air adalah ion-ion yang dapat dipertukarkan. Karena gugus ini melekat pada polimer maka ia dapat menarik seluruh molekul polimer dalam air. Polimer resin ini diikat dengan ikatan silang (*cross linked*) dengan molekul polimer lainnya, akibatnya akan mengembang dalam air. Reaksi yang terjadi seperti pada Persamaan (2), dan (3).



2. Metodologi

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan di dalam penelitian ini terdiri dari air limbah proses condensate PT. PIM, hidrogen peroxide 30%, barium hidroksida, pereaksi Nesller, hydrochloric acid 0,1 N, indikator phenoptailin, garam rochell, indikator MO 0,05%, indikator PP 0,5%, Ba(OH)₂ 0,5%, HCl 0,04 N., H₂SO₄, sodium potassium tartrat 30%, ZnSO₄ 10%, NaOH 25%, H₂SO₄, silver nitrate 20%, sodium oxalate 0,025 N, dan potassium permanganate 0,025 N

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah *Wet Tes Meter*, *stop wach*, pH meter, buret, *hot plate*, beaker, *thermometer*, *ozon generator*, *air stripping jet bubble colum*, *desicator*, *erlenmeyer*, buret, pipet.

2.2. Operasi Air Stripping Jet Bubble Colum

Penelitian menggunakan *air stripping jet bubble column* dilakukan dengan melihat pengaruh masing-masing variabel operasi terhadap penurunan konsentrasi amonia, karbon dioksida, dan organik kontaminan di dalam air buangan condensate dari Ammonia plant PT. Pupuk Iskandar Muda.

Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah laju udara, waktu kontak, pH, karbon dioksida, dan amonium di dalam air proses condensate. Tekanan sebagai salah satu variabel dari kinerja tangki dibuat tetap sebesar 14,69 psi dengan variasi waktu tinggal. Penelitian dilakukan dengan mengukur terlebih dahulu pH, karbon dioksida, organik kontaminan, dan amonium di dalam air buangan condensate. Air proses condensate yang digunakan berasal dari buangan unit stripping Amonia plant PT PIM 2. Air proses condensate di tampung dalam tangki jet bubble column dengan kapasitas 2 liter. Kemudian pompa sirkulasi dihidupkan dan diatur laju aliran air sesuai penelitian yang diinginkan. Pengukuran laju udara yang masuk ke jet bubble column menggunakan instrument Wet Test Meter. Pengukuran kandungan karbon dioksida, amonium, organik kontaminan dan pH disesuaikan dengan interval waktu pengamatan sampai kondisi optimum terhadap penurunan kandungan karbon dioksida dan amonia di dalam air buangan proses condensate.

2.3. Penentuan Kondisi Optimum Ion Exchange Resin

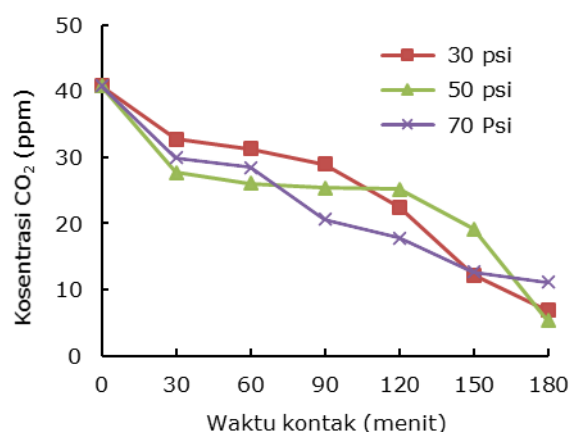
Variabel yang diamati pada penelitian menggunakan *ion exchange resin* ini adalah konsentrasi ammonia, karbon dioksida, dan kontaminan organik yang ada dalam air buangan *condensate* setelah kontak dengan resin Dowex 5 A. Tekanan sebagai salah satu variabel dari kinerja tangki dibuat tetap sebesar 14,69 psi dengan variasi waktu tinggal. Untuk setiap variasi waktu dilakukan pengukuran amonium dalam air buangan condensate dengan selisih waktu pengukuran 30 menit. Percobaan dilakukan dengan mengukur terlebih dahulu konsentrasi Amonium di dalam air buangan proses condensate sebelum kontak dengan resin Dowex 5 A. Air buangan condensate yang digunakan berasal dari buangan unit Jet Bubble Column.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penurunan Karbon Dioksida

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh tekanan udara terhadap laju penurunan kandungan CO₂ di dalam air buangan proses kondensat dengan menggunakan *air stripping jet bubble column*. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap air kondensat, diperoleh laju penurunan konsentrasi CO₂ yang cukup baik pada seluruh tekanan udara yang

diberikan seperti terlihat pada Gambar 1. Dapat dilihat bahwa tingkat penurunan konsentrasi CO₂ terendah terjadi pada tekanan udara 70 psi hanya mencapai 11,14 ppm. Sedangkan tingkat penurunan konsentrasi CO₂ tertinggi terjadi pada tekanan udara 50 psi mencapai 5,32 ppm. Pada *Jet Bubble Column* terjadi kekuatan pendorong untuk transfer gas oksigen dan penghilangan karbon dioksida *stripping* melalui *gradient* antara tekanan parsial di seluruh permukaan air, karena *gradient* untuk karbon dioksida jauh lebih tinggi dari pada oksigen atmosfer sehingga memenuhi syarat karbon dioksida removal (Micha, 2003). Aliran cairan pada kecepatan tinggi menghisap udara dari sparger sehingga membentuk gelembung dalam cairan.



Gambar 1. Penurunan konsentrasi CO₂ dalam air buangan condensat menggunakan air stripping jet bubble column dengan variasi tekanan udara

Perpindahan CO₂ disebabkan oleh difusi molekul yang merupakan perpindahan massa suatu substansi dari suatu sistem ke sistem lainnya yang diakibatkan gerak acak molekul atau gradien suatu fungsi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi *air stripping jet bubble column* terbaik diperoleh pada kondisi operasi tekanan 50 psi dengan laju alir udara 1034,48 ml/menit dengan efisiensi pemisahan mencapai 87,60%. Pada tekanan udara 50 psi pemisahan CO₂ lebih tinggi dari pada tekanan udara 30 Psi dan 70 psi yang kemungkinan disebabkan oleh pembentukan gelembung yang lebih sempurna karena jumlah gelembung udara yang dihasilkan tergantung dari konsentrasi udara, derajat gangguan terhadap cairan, dan geometri *nozzle*.

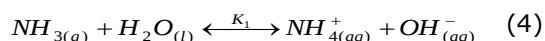
Kandungan CO₂ dalam air buangan *condensate* setelah keluar dari *air stripping*

jet bubble column yang diberikan tekanan udara 30, 50, dan 70 psi dengan waktu tinggal 180 menit masing-masing 6,88; 5,32; dan 11,14 ppm. Waktu tinggal optimum untuk menurunkan kandungan CO₂ hingga ≤10 ppm (ambang batas kandungan CO₂ air umpan boiler) masing-masing setelah 120 menit, 150 menit dan 90 menit. Hal ini menunjukkan bahwa laju penurunan kandungan CO₂ dalam air buangan condensate menggunakan *air stripping jet bubble column* tidak proporsional terhadap tekanan udara masuk reaktor yang diberikan. Sehingga efisiensi penurunan kandungan karbon dioksida setelah proses operasi berlangsung hingga 180 menit juga tidak proporsional dengan tekanan udara masuk reaktor yang diberikan. Pada tekanan udara 30 psi, efisiensi *air stripping jet bubble column* mencapai 83,96%, pada tekanan 50 psi mencapai 87,60%, sedangkan pada tekanan 70 psi efisiensi *air stripping jet bubble column* hanya mencapai 69,63%.

3.2. Penurunan Kandungan NH₃

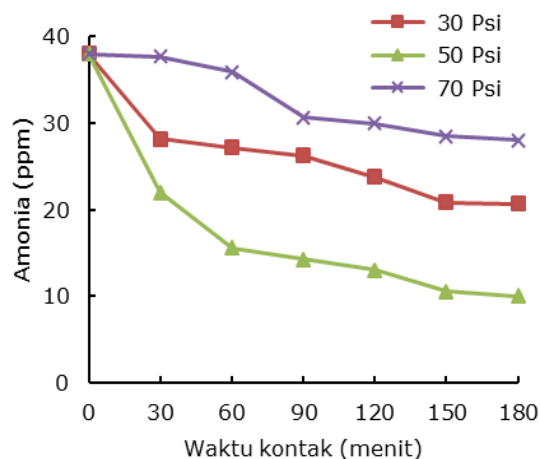
Penelitian ini juga mempelajari penurunan kandungan amonia dalam air buangan condensate menggunakan *air stripping jet bubble column* pada beberapa variasi tekanan udara yang masuk reaktor. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan terjadinya penurunan kandungan amonia di dalam air buangan condensate seperti terlihat pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa penurunan NH₃ tertinggi terjadi pada kondisi operasi tekanan udara 50 psi, sedangkan yang terendah terjadi pada kondisi operasi tekanan udara 70 psi.

Kandungan NH₃ dalam air buangan condensate setelah keluar dari *air stripping jet bubble column* pada tekanan udara 30 psi, 50 psi, dan 70 psi masing-masing 20,66 ppm, 10,01 ppm, dan 28 ppm. Hasil ini sama dengan laju penurunan konsentrasi CO₂. Konsentrasi NH₃ yang dihasilkan dari proses *air stripping jet bubble column* masih di atas nilai yang diperkenankan yaitu harus kurang dari 10 ppm. Hal tersebut diakibatkan sebagian dari amonia akan memisahkan lagi ke dalam air untuk membentuk ion amonium, sesuai dengan Persamaan (4)



Sehingga dapat disimpulkan proses *stripping jet bubble column* belum mampu

menghilangkan NH₃ hingga memenuhi baku mutu air umpan boiler. Oleh karena itu perlu diproses lebih lanjut dengan menggunakan *Ion Exchange Resin*.



Gambar 2. Penurunan NH₃ dalam proses condensate menggunakan *air stripping jet bubble column* dengan variasi tekanan udara

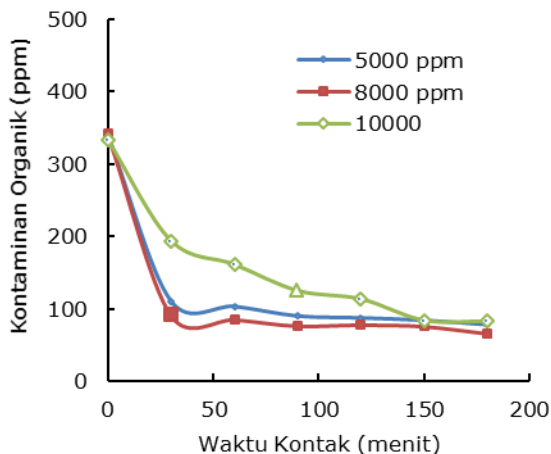
3.3. Penurunan Organik Kontaminan dengan *Advanced Oxidation Process*

Tahap *advanced oxidation process* bertujuan untuk menurunkan kandungan bahan organik kontaminan di dalam air limbah secara oksidasi. Pada tahap ini digunakan hidrogen peroksida dan ozon sebagai oksidator dengan variasi konsentrasi 5.000 ppm sampai dengan 10.000 ppm pada temperatur 60°C. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh laju penurunan konsentrasi organik kontaminan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Penurunan organik kontaminan pada setiap perlakuan hampir sama, akan tetapi penurunan terendah terjadi di kondisi operasi dengan konsentrasi hidrogen peroksida 8.000 ppm dengan waktu tinggal 180 menit. Pada percobaan ini diperoleh efisiensi penurunan kandungan organik kontaminan hingga 80,71%. Sedangkan pada konsentrasi peroksida 5.000 ppm dan 10.000 ppm diperoleh efisiensi penurunan kandungan organik kontaminan masing-masing sebesar 77,26%, dan 75,18%.

Berdasarkan hasil penelitian ini juga diketahui efektivitas hidrogen peroksida menguraikan organik kontaminan di dalam air buangan condensate terjadi pada 30 menit awal, sedangkan pada menit-menit berikutnya penurunan kandungan organik

kontaminan tidak begitu signifikan, kecuali untuk konsentrasi peroksida 10.000 ppm.



Gambar 3. Penurunan konsentrasi kontaminan berdasarkan waktu kontak pada berbagai konsentrasi hidrogen peroksida

Hal tersebut disebabkan pada pH tinggi tingkat dekomposisi ozon di air meningkat pada pH 10. Oksidasi organik terjadi karena kombinasi dari reaksi dengan molekul ozon dan reaksi dengan $\cdot\text{OH}$ radikal. Reaksi antara hidroksida ion dan ozon mengarah pada pembentukan super oxide anion radikal O_2^- . Reaksi antara ozon dan super oksida anion radikal ozonida membentuk anion radikal $\cdot\text{O}_3^-$, yang terurai segera memberikan $\cdot\text{OH}$ radikal. Tiga molekul ozon menghasilkan dua $\cdot\text{OH}$ radikal:



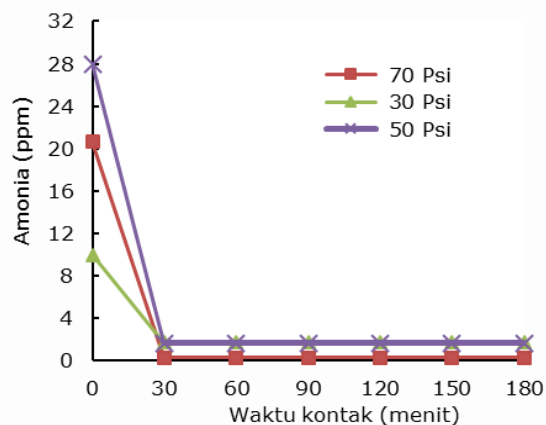
3.4. Penurunan Konsentrasi NH_3 dengan Ion Exchange Resin Cation

Konsentrasi NH_3 keluaran unit *air stripping jet bubble column* masih di atas batas konsentrasi yang diperkenankan yaitu ≤ 10 ppm. Sebagian NH_3 larut ke dalam air dan terionisasi membentuk ion amonium. Namun amonium dapat dihilangkan dengan menggunakan *ion exchange resin cation*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ion amonium dapat diikat oleh resin sehingga diperoleh air buangan proses kondensat dengan kandungan ion amonium di bawah standar yang diperkenankan. Amonium yang yang terdapat dalam air proses condensate diikat oleh gugus ion. Gugus ion dalam penukar ion merupakan gugus yang hidrofilik, ion yang terlarut dalam air adalah ion-ion yang dapat dipertukarkan karena gugus ini melekat pada polimer, maka ia dapat menarik seluruh molekul polimer

dalam air, maka polimer resin ini diikat dengan ikatan silang (*cross linked*) dengan molekul polimer lainnya, akibatnya akan mengembang dalam air. Perubahan kandungan amonium terhadap waktu kontak pada unit *ion exchange resin cation* dapat dilihat pada Gambar 4.

Seperti disajikan pada Gambar 4, kandungan amonium setelah melewati *ion exchange resin cation* turun hingga menjadi 0,296 ppm dan nilai ini sudah memenuhi persyaratan layak sebagai air umpan boiler. Efisiensi penurunan amonium dengan menggunakan resin *ion exchange* mencapai 98,57%. Hasil ini sangat memungkinkan diterapkan di industri karena setelah siklus pertukaran ion, resin *ion exchange* bisa diregenerasi kembali sehingga kapasitas tukar kation bisa kembali meningkat.



Gambar 4. Penurunan amonia terhadap waktu kontak pada unit ion exchange resin cation

4. Kesimpulan

Recovery air buangan condensate dengan menggunakan kombinasi teknologi *Air Stripping Jet Bubble Column*, *Advanced Oxidation Process (AOP)* dan *Ion Exchange Resin* telah terbukti mampu mengolah kembali air buangan condensate sehingga layak digunakan kembali sebagai umpan boiler.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan PT. PIM Lhokseumawe yang telah memberikan fasilitas laboratorium untuk pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Darmadi (2014) *Pengolahan limbah cair pabrik pupuk urea menggunakan*

- advanced oxidation processes*, Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan, 10(1), 1- 6.
- David (2012) *Ammonia Oxidation Kinetic And Temperature Sensitivity Of A Natural Marine Community Dominated by Archea*, University of Washinton, Seattle. U.S.
- Değermenci, N. (2012) Ammonia removal by air stripping in a semi-batch jet loop reactor, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(1), 399-404.
- Evans (2001) *Free Jet Expansion And Gas Entrainment Characteristics Of A Plunging Liquid Jet*, Departement of chemical engineering University of Newcastle, Newcastle, Australia.
- Grace, G. R. dan Piedranita (1996) *Carbon Dioxide Control Aquaculture Water Reuse Systems Engineering Design And Management*, Elsevier, Amsterdam.
- Galze (1987) The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation, ozone, *The Chemical Engineering Journal*, 9(4), 335 – 352.
- Jorgensen, T.C. (2002) Removal of Ammonia from Waste Water by Ion Exchange in the Presence of Organic Compound Department of Chemical and Process Engineering, University of Canterbury Christchurch, New Zealand.
- Mandal (2010) *Characterization of Gas-Liquid Parameter In Down-Flown Jet Loop Buble Column*, Departement of Petroleum Engineering, India School of Mines, India.
- Micha, I. (2003) *Carbon Dioxide Removal Rate By Aeration Devices In Marine Fish Tank*, Israel Oceanographic Limnological Research, National Center For Mariculture, Israel.
- Morgan dan Stumn (1981) *Aquatic Chemistry an Introduction Emphasizing Chemical Equilibria In Natural Waters*, University of Michingan, Michingan, USA.
- Nugroho, D. H. (2007) Studi Hidrodinamika dan Kinetika Absorpsi CO₂ Kolom Gelembung Pancaran (Jet Buble Column), Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia.
- Nugroho, D. H. (2014) Recovery of Ammonia Solutions From Fertilizer Industry Wastewater by Air Stripping Using Jet Bubble Column, *proceedings*, The 5th Sriwijaya International Seminar on Energy and Environmental Science & Technology, Palembang.
- Takahashi (1979) Fundamental study of bubble formation in dissolved air pressure flotation, *Journal of Chemical Eng. of Japan*, 12(4), 273 – 280.
- Toyo Engineering Cooperation (1958) *Tehnickal for Ammonia Plant*, Japan.