



**STUDI PENGARUH VARIASI KONSENTRASI PADA KARBON AKTIF  
DARI TEMPURUNG KELAPA UNTUK MENURUNKAN KADAR  
AMONIA TOTAL DALAM AIR LIMBAH**

**Nisa Nurhidayanti**

Program Studi Teknik Lingkungan  
Sekolah Tinggi Teknologi Pelita Bangsa  
[nisa.kimia@pelitabangsa.ac.id](mailto:nisa.kimia@pelitabangsa.ac.id)

**Abstrak**

Entering the industrial era 4.0, more and more industries are developing in Indonesia, one of which is PT Puradelta Lestari. PT Puradelta Lestari as a developer of the Deltamas city area that serves industrial, commercial and residential customers produces industrial liquid waste. Preliminary studies have shown that the ammonia content of wastewater in the PT has exceeded the threshold of 25 mg / L ammonia. This study aims to determine the effect of adding activators to activated carbon from coconut shells with variations of concentration on decreasing total ammonia levels in wastewater at PT. Puradelta Lestari. Activation of activated carbon is carried out by activators HCl, NaCl, and KOH with a soaking time for 24 hours, with an activator volume ratio of 1: 6 and activator concentration variations of 1%, 2%, 3% and 4%. The optimum conditions were obtained at a concentration of 4% with KOH activator material obtained an efficiency decrease in ammonia levels that is equal to 86.8%. The results showed that the higher the activator concentration, the greater the reduction in ammonia in wastewater.

**Informasi Artikel**

Diterima : 6 Juli 2018  
Direvisi : 8 Agustus 2018  
Dipublikasikan : 10 September 2018

**Keywords**

activator, concentration, coconut shells, activated carbon, total ammonia

## I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber yang berpotensi mencemari lingkungan adalah limbah cair industri. Limbah cair industri mengandung sejumlah besar molekul organik. Molekul organik tersebut berupa karbohidrat, lemak dan protein yang dapat mengalami perombakan oleh mikroorganisme pengurai. Bahan organik kompleks tersebut diubah menjadi bentuk senyawa yang lebih sederhana yaitu glukosa, gliserol, asam lemak dan asam amino. Asam amino merupakan hasil dari perombakan protein akan dioksidasi menjadi nitrogen amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan senyawa karboksil. Senyawa ( $\text{NH}_3$ ) akan dioksidasi lagi menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ). Apabila oksigen tersedia akan dioksidasi lagi menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) [1].

Kandungan organik serta unsur hara lain pada konsentrasi tinggi terutama nitrogen dalam bentuk amonia ( $\text{NH}_3$ ) di dalam air akan mempercepat pertumbuhan tumbuhan air. Kondisi demikian lambat laun akan menyebabkan kematian biota dalam air [2]. Limbah cair industri juga dapat mengakibatkan berbagai penyakit pada manusia karena dapat menimbulkan efek toksik apabila senyawa tersebut berada dalam bentuk amonia.

Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben. Karbon aktif dapat menyerap gas dan senyawa kimia dengan daya serap yang cukup tinggi. Tingginya kemampuan menyerap ini disebabkan karena banyaknya pori-pori dalam karbon dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan.

Aktivasi dapat dilakukan baik secara kimia maupun fisika. Aktivasi fisika dilakukan untuk memperluas pori karbon aktif dengan bantuan panas, uap dan gas  $\text{CO}_2$  dan aktivasi kimia yaitu aktivasi menggunakan bahan kimia atau activator, seperti hidroksida logam alkali, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah, asam-asam anorganik [3]

Beberapa Penelitian tentang adsorpsi amonia menggunakan berbagai adsorben telah dilakukan yaitu penelitian tentang adsorpsi amonium pada zeolit berkarbon yang disintesis dari abu dasar batu bara PT. Ipomi [4]. Penurunan amonia menggunakan arang aktif dari ampas kopi [5], zeolit tipe Clinoptilolit [6,7], zeolit tipe 13X [8], serbuk gergaji [9], abu terbang batu bara dan sepiolit [10]. Dari beberapa jenis adsorben tersebut yang paling banyak digunakan ialah karbon aktif. Hal ini disebabkan karbon aktif memiliki luas permukaan yang lebih tinggi dari adsorben yang lain sehingga dapat mengadsorpsi lebih banyak molekul. Konsumsi karbon aktif dunia meningkat setiap tahunnya. Menurut perkiraan sebuah riset, pada tahun 2014, konsumsi karbon aktif dunia mencapai 1,7 juta ton [11].

Studi tentang waktu perendaman media karbon aktif dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif dalam penyerapan amonia. Semakin besar pori dari arang aktif akan memperbesar luas permukaan arang aktif sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif [11]. Modifikasi permukaan karbon aktif menggunakan beragam jumlah larutan terbukti mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi pada suhu pada

30°C. Peningkatan ini karena daya tarik elektrostatis antara permukaan dalam bentuk anionik [12]. Ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) pada cincin benzena, meningkatkan karakter asam berperan untuk membentuk anion pada atom oksigen dari  $\text{OH}^-$  dan juga memiliki afinitas yang kuat untuk permukaan karbon aktif maka kemampuan absorpsi karbon aktif semakin besar [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan aktivator natrium hidroksida, kalium hidroksida dan asam klorida pada karbon aktif dari tempurung kelapa terhadap penurunan kadar amonia total dalam air limbah di PT. Pura Delta Lestari.

## II. METODOLOGI

### 2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan adalah Spektrofotometer; Timbangan analitik; labu Erlenmeyer 50 ml; Labu ukur 100 ml; 500 ml dan 1000 ml; Gelas ukur 25 ml; Pipet volumetrik 1,0 ml; 2,0 ml; 3,0 ml dan 5,0 ml; Pipet ukur 10 ml dan 100 ml; dan Gelas piala 1000 ml, Kolom, Oven, Desikator dan Mesh filter.

Bahan yang digunakan adalah Amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ); Larutan fenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ), Natrium nitroprusida ( $\text{C}_5\text{FeN}_6\text{Na}_2\text{O}$ ) 0,5%, Larutan alkalin sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$ ), Natrium hipoklorit ( $\text{NaClO}$ ) 5%, karbon Aktif dari tempurung kelapa, KOH, HCl, NaCl dan Aquades.

### 2.2 Prosedur Penelitian

#### 2.2.1. Prosedur Aktivasi Karbon Aktif dengan variasi konsentrasi

1. Arang yang telah diperoleh dikondisikan dengan penambahan bahan aktivator.
2. Melakukan perendaman arang tempurung kelapa dengan larutan NaCl, HCl, KOH dengan variasi konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4% selama 12 jam.
3. Kemudian disaring dan dicuci dengan aquades sampai pH netral.
4. Residu dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C Selama 3 jam.
5. Arang didinginkan dalam desikator dan diperoleh arang yang telah teraktivasi.

#### 2.2.2. Prosedur Filtrasi Sampel

1. Arang yang telah diperoleh diambil 10 g
2. Arang aktif dimasukkan ke dalam kolom yg sudah disediakan (ukuran mesh, ketinggian media arang aktif bervariasi sesuai yang sudah ditetapkan)
3. Disaring dan dicuci dengan aquades sampai pH netral
4. Dibilas dengan sampel, sebelum di ambil filtratnya
5. Setelah stabil filtrat sampel yang sudah disaring dilakukan pengukuran kadar amonia dengan spektrofotometer.

#### 2.2.3. Prosedur Pembuatan Kurva Kalibrasi Amonia

1. Optimalkan alat spektrofotometer sesuai dengan petunjuk alat untuk pengujian kadar amonia;
2. Pipet 25 mL larutan kerja dan masukkan masing-masing ke dalam erlenmeyer, tambahkan 1 mL larutan fenol dan dihomogenkan, tambahkan 1

- ml natrium nitroprusid, dihomogenkan;
3. Tambahkan 2,5 ml larutan pengoksidasi, dihomogenkan, tutup erlenmeyer tersebut dengan plastik atau parafin film;
  4. Biarkan selama 1 jam untuk pembentukan warna, masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya pada panjang gelombang 640 nm;

Buat kurva kalibrasi dari data di atas dan atau tentukan persamaan garis lurusnya.

**2.2.4. Prosedur Analisa Amonia**

1. Pipet 25 ml contoh uji masukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL;
2. Tambahkan 1 mL larutan fenol, dihomogenkan;
3. Tambahkan 1 mL natrium nitroprusid, dihomogenkan;
4. Tambahkan 2,5 mL larutan pengoksidasi, dihomogenkan;
5. Tutup erlenmeyer tersebut dengan plastik atau parafin film;
6. Biarkan selama 1 jam untuk pembentukan warna;
7. Masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya pada panjang gelombang 640 nm.

**2.3. Analisis Data**

Efisiensi penjerapan amonia dihitung dengan membandingkan antara konsentrasi amonia sebelum dan sesudah proses adsorpsi dengan menggunakan persamaan (1) berikut:

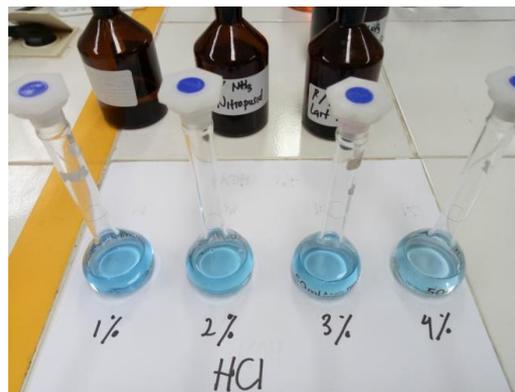
$$\text{Efisiensi} = \frac{C_0 - C_{eq}}{C_0} * 100\% \dots(1)$$

$C_0$  adalah konsentrasi awal amonia (mg/L) dan  $C_{eq}$  adalah konsentrasi amonia setelah adsorpsi (mg/L).

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**a. Pengaruh variasi konsentrasi aktivator HCl terhadap penurunan kadar ammonia total**

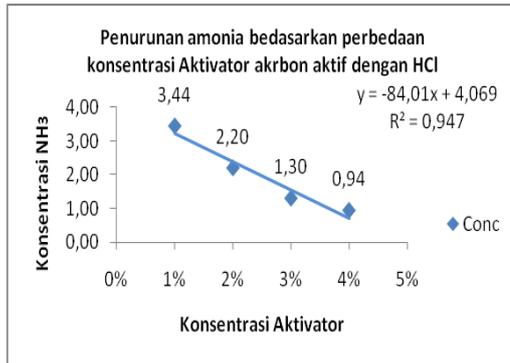
Konsentrasi awal air limbah sebesar 5,81 mg/L, difiltrasi dengan karbon aktif menggunakan konsentrasi aktivator HCl 1% kadar ammonia turun menjadi 2,63 mg/L, HCl 2% menjadi 1,35 mg/L, HCl 3%, kadar ammonia turun menjadi 1,11 mg/L, dan HCl 4% kadar ammonia turun menjadi 0,97 mg/L, dari data tersebut diperoleh dapat konsentrasi optimum aktivator sebesar 4% dengan penurunan amonia total sebesar 0,97 mg/L. Secara visual terjadi perubahan warna yang semakin jernih pada variasi konsentrasi activator yang disajikan pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Perubahan warna Amonia berdasarkan variasi Konsentrasi aktivator HCl

Gambar di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator HCl akan menyebabkan warna larutan semakin memudar ditandai

dengan semakin banyaknya ammonia total yang terserap. Grafik penurunan ammonia total sebagai akibat dari penambahan karbon aktif dengan aktivator HCl disajikan pada gambar 3.2 sebagai berikut:

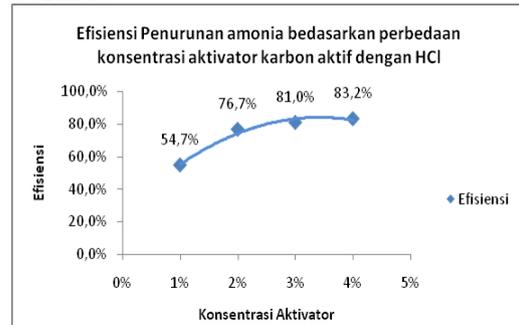


**Gambar 3.2** Grafik Penurunan amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator HCl

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi aktivator HCl yang digunakan untuk mengaktivasi karbon maka semakin besar pula ammonia total yang dapat diserap karbon aktif yang digunakan. Koefisien regresi yang dihasilkan sebesar 0,947 yang artinya data yang dihasilkan linier karena melebihi 0,9. penyerapan tertinggi dicapai pada HCl 4% yakni sebesar 0,94 mg/L dan dimungkinkan penyerapan masih dapat meningkat lagi pada konsentrasi aktivator yang lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi karena pada konsentrasi HCl 4% ini rongga pori yang dihasilkan telah mengalami pelebaran. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa Semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kemampuan daya serap karbon aktif juga akan mengalami peningkatan [13].

Berdasarkan data dari uji adsorpsi amonia diperoleh pada

penambahan konsentrasi 4% HCl dengan penurunan nilai amonia sebesar 83,2%. Efisiensi penurunan amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator dengan aktivator HCl disajikan pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



**Gambar 3.3** Grafik Efisiensi Penurunan Amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator HCl

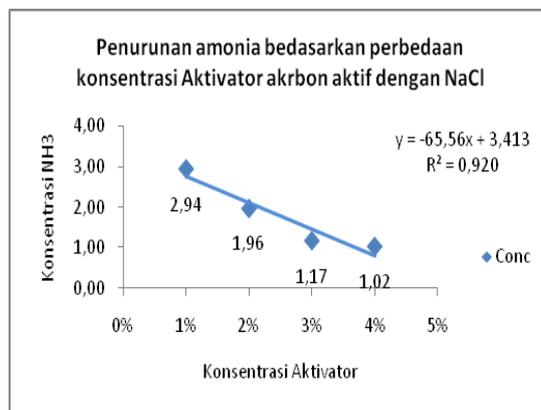
### 1.2 Pengaruh variasi konsentrasi aktivator NaCl terhadap penurunan kadar ammonia total

Konsentrasi awal air limbah sebesar 5,81 mg/L, difiltrasi dengan karbon aktif menggunakan konsentrasi aktivator NaCl 1% kadar ammonia turun menjadi 2,94 mg/L, HCl 2% menjadi 1,96 mg/L, HCl 3%, kadar ammonia turun menjadi 1,17 mg/L, dan HCl 4% kadar ammonia turun menjadi 1,02 mg/L, dari data tersebut diperoleh konsentrasi Aoptimum aktivator sebesar 4% dengan penurunan amonia total sebesar 0,97 mg/L. Secara visual terjadi perubahan warna yang semakin jernih pada variasi konsentrasi aktivator yang disajikan pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



**Gambar 3.4** Perubahan warna Amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator NaCl

Gambar di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator NaCl akan menyebabkan warna larutan semakin memudar ditandai dengan semakin banyaknya ammonia total yang terserap. Grafik penurunan ammonia total sebagai akibat dari penambahan karbon aktif dengan aktivator HCl disajikan pada gambar 3.2 sebagai berikut:

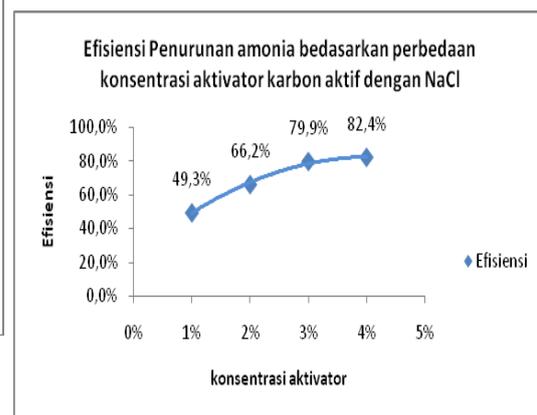


**Gambar 3.5** Grafik Penurunan Amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator NaCl

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi aktivator NaCl yang digunakan untuk mengaktifkan karbon maka semakin besar pula ammonia total yang dapat diserap karbon aktif yang digunakan. Koefisien regresi yang dihasilkan sebesar 0,920 yang artinya data yang dihasilkan linier karena nilai  $R^2$  melebihi 0,9. Penyerapan tertinggi dicapai pada NaCl 4% yakni sebesar 1,02 mg/L dan dimungkinkan penyerapan masih dapat meningkat lagi pada konsentrasi aktivator yang lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi karena pada konsentrasi NaCl 4% ini rongga pori

yang dihasilkan telah mengalami pelebaran. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa Semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kemampuan daya serap karbon aktif juga akan mengalami peningkatan [13].

Berdasarkan data dari uji adsorpsi amonia diperoleh pada penambahan konsentrasi 4% NaCl dengan penurunan nilai amonia sebesar 82,4%. Efisiensi penurunan amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator dengan aktivator NaCl disajikan pada Gambar 3.6 sebagai berikut:

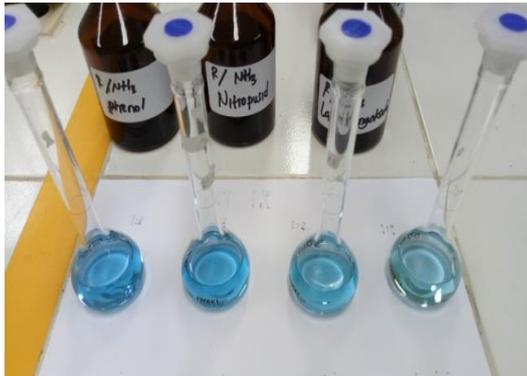


**Gambar 3.6** Grafik Efisiensi Penurunan Amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator NaCl

### 1.3 Pengaruh variasi konsentrasi aktivator KOH terhadap penurunan kadar ammonia total

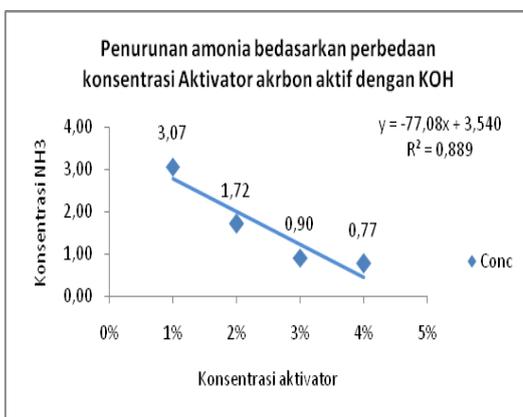
Konsentrasi awal air limbah sebesar 5,81 mg/L, difiltrasi dengan karbon aktif menggunakan konsentrasi aktivator KOH 1% kadar ammonia turun menjadi 3,07 mg/L, KOH 2% menjadi 1,72 mg/L, HCl 3%, kadar ammonia turun menjadi 0,90 mg/L, dan HCl 4% kadar ammonia turun menjadi 0,77 mg/L, dari data tersebut diperoleh konsentrasi optimum

aktivator sebesar 4% dengan penurunan amonia total menjadi 0,77 mg/L. Secara visual terjadi perubahan warna yang semakin jernih pada variasi konsentrasi aktivator KOH yang disajikan pada Gambar 3.7 sebagai



**Gambar 3.7** Perubahan warna Amonia berdasarkan variasi Konsentrasi aktivator KOH

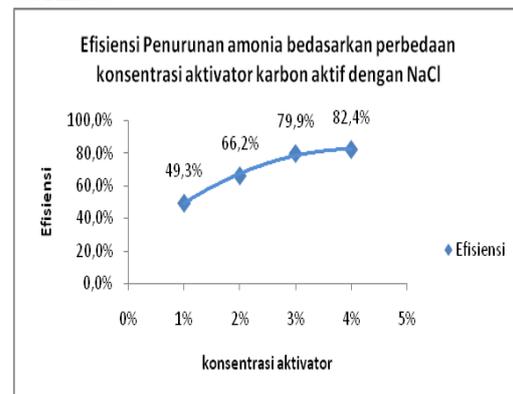
Gambar di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator KOH akan menyebabkan warna larutan semakin memudar ditandai dengan semakin banyaknya ammonia total yang terserap. Grafik penurunan ammonia total sebagai akibat dari penambahan karbon aktif dengan aktivator KOH disajikan pada gambar 3.8 sebagai berikut:



**Gambar 3.8** Grafik Penurunan Amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator KOH

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi aktivator KOH yang digunakan untuk mengaktivasi karbon maka semakin besar pula ammonia total yang dapat diserap karbon aktif yang digunakan. Koefisien regresi yang dihasilkan sebesar 0,889 yang artinya data yang dihasilkan mendekati linier karena nilai R<sup>2</sup> mendekati 0,9. Penyerapan tertinggi dicapai pada KOH 4% yakni sebesar 0,77 mg/L dan dimungkinkan penyerapan masih dapat meningkat lagi pada konsentrasi aktivator yang lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi karena pada konsentrasi KOH 4% ini rongga pori yang dihasilkan telah mengalami pelebaran. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa Semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kemampuan daya serap karbon aktif juga akan mengalami peningkatan [13].

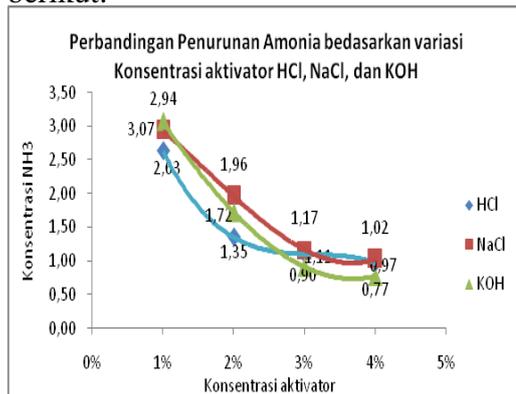
Berdasarkan data dari uji adsorpsi amonia diperoleh pada penambahan konsentrasi 4% KOH dengan penurunan nilai amonia sebesar 86,8%. Efisiensi penurunan amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator dengan aktivator KOH disajikan pada Gambar 3.9 sebagai berikut:



**Gambar 3.9** Grafik Efisiensi

Penurunan amonia berdasarkan variasi konsentrasi aktivator KOH

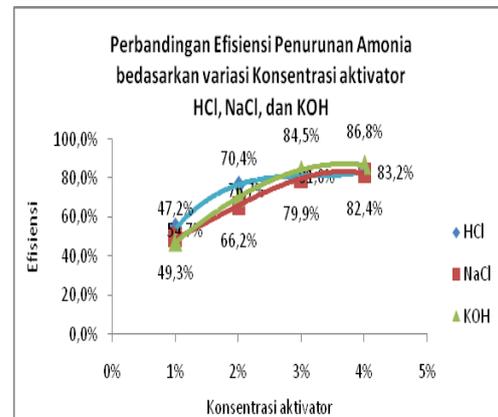
Perbandingan ketiga aktivator berdasarkan konsentrasi aktivator terhadap penurunan kadar amonia disajikan pada Gambar 3.10 sebagai berikut:



**Gambar 3.10** Grafik Perbandingan Penurunan Amonia berdasarkan variasi konsentrasi HCl, NaCl, dan KOH

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa penggunaan ketiga bahan aktivator karbon aktif tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator yang digunakan maka akan semakin besar pula ammonia yang diserap oleh karbon aktif. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi aktivator menyebabkan luas permukaan dan pori pada karbon aktif yang semakin besar sehingga mampu menyerap amonia lebih banyak. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan variasi bahan aktivator diperoleh penurunan ammonia tertinggi menggunakan bahan aktivator kalium hidroksida yaitu terjadi penurunan menjadi 0,77 mg/L.

Grafik perbandingan efisiensi penurunan amonia berdasarkan variasi konsentrasi dengan aktivator HCl, NaCl, dan KOH disajikan pada gambar 3.11 sebagai berikut:

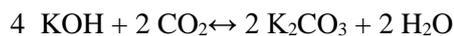


**Gambar 3.11** Grafik hubungan efisiensi dengan variasi konsentrasi aktivator HCl, NaCl, dan KOH

Grafik diatas menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi dalam menyerap ammonia dalam air limbah industri dari ketiga bahan activator yang digunakan yang tertinggi dicapai oleh kalium hidroksida dengan nilai efisiensi sebesar 86,8% , sedangkan efisiensi terendah dicapai oleh hidrogen klorida sebesar 82,4% pada konsentrasi 4%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keasaman dari bahan aktivator menyebabkan kemampuan adsorpsi ammonia yang berbeda-beda. Semakin kuat basa pada bahan aktivator maka akan semakin besar daya serapnya, diikuti dengan natrium klorida yang bersifat garam/ netral, kemudian adsorpsi terkecil dicapai oleh hidrogen klorida yang bersifat asam kuat.

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa aktivator KOH merupakan basa kuat yang dapat mengkatalis reaksi oksidasi [13]. Mekanisme reaksinya adalah karbon dicampur dengan kalium hidroksida dan akan terjadi oksidasi sehingga merusak bagian dalam karbon akibatnya jumlah pori menjadi lebih

besar. Proses aktivasi juga mengakibatkan hilangnya karbon karena membentuk gas karbondioksida. Reaksi kimia yang terjadi mengikuti persamaan sebagai berikut [14]:



[15]

Pada saat saat karbonisasi, luas permukaan telah terbuka tetapi penyerapan tersebut masih relatif rendah. Hal ini diakibatkan oleh adanya residu tar yang menutupi pori. Pada aktivasi kimia, tar akan larut saat dilakukan perendaman. Struktur karbon Aktif dengan penambahan larutan KOH dengan konsentrasi yang tinggi menghasilkan struktur pori yang merupakan kombinasi makropori dan mesopori. Pembentukan pori meso didalam pori makro meningkatkan luas permukaan [16].

#### IV. KESIMPULAN

Penurunan ammonia dengan karbon aktif dari bahan tempurung kelapa pada air limbah dengan dengan variasi konsentrasi diperoleh efisiensi tertinggi menggunakan aktivator KOH yaitu sebesar 86,8%, selanjutnya dengan aktivator HCl efisiensi sebesar 83,2% dan pada aktivator NaCl dengan efisiensi sebesar 82,4%.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azamia, M. 2012. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi. Skripsi. Depok: FMIPA Universitas Indonesia.
- [2] Bahri, S., 2016. Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu Untuk Pembuatan Briket Arang Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan Di Nanggroe Aceh Darussalam. Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatera Utara. Medan
- [3] Sudibandriyo, Mahmud, L, 2011, Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia. Jurnal Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [4] Budiono A, Suhartana, Gunawan. 2009. Pengaruh aktivasi arang tempurung kelapa dengan asam sulfat dan asam fosfat untuk adsorpsi fenol. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [5] Handayani, N. dan Widyastuti, N., 2009. Adsorpsi ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada zeolit berkarbon dan zeolit A yang disintesis dari abu dasar batu bara PT. Ipmomi secara batch, Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Irmanto dan Suyata, 2009. Penurunan Kadar amonia,, nitrit, dan nitrat limbah cair industri tahu menggunakan arang aktif dari ampas kopi, Molekul, 4(2): 105-114.
- [7] Jafarpour, M., Foolad, A., Mansouri, M., Nikbakhsh, Z., and Saedizade, H., 2010. Ammonia removal from nitrogenous industrial waste water using iranian natural zeolite of clinoptilolite type, World Academy of Science, Engineering and Technology, 70(2010): 939-945.

- [8] Li, X., Lin, C., Wang, Y., Zhao, M., and Hou, Y., 2010. Clinoptilolite adsorption capability of ammonia in pig farm, *Procedia Environmental Sciences*, 2: 1598-1612.
- [9] Zheng, H., Han, L., Ma, H., Zheng, Y., Zhang, H., Liu, D., and Liang, S., 2008. Adsorption characteristics of ammonium ion by zeolite 13X, *Journal of Hazardous Materials*, 158(2): 577-584.
- [10] Wahab, M. A., Jellali, S., and Jedidi, N., 2010. Ammonium biosorption onto sawdust: FTIR analysis, kinetics and adsorption isotherms modeling, *Bioresource Technology*, 101(14): 5070-5075.
- [11] Uğurlu, M. and Karaoğlu, M. H., 2011. Adsorption of ammonium from an aqueous solution by fly ash and sepiolite: Isotherm, kinetic and thermodynamic analysis, *Microporous and Mesoporous Materials*, 139(1): 173-178.
- [12] Takuya Mochizuki, 2015. Adsorption behaviors of ammonia and hydrogen sulfide on activated carbon prepared from petroleum coke by KOH chemical activation. Nagoya University, Japan.
- [13] Gumelar, D., Hendrawan, Y., dan Yulianingsih, R. 2015. Pengaruh activator dan waktu kontak terhadap kinerja arang aktif berbahan enceng dondok pada penurunan COD limbah laundry. *Jurnal keteknikan pertanian tropis dan biosistem* Vol. 3 No. 1.
- [14] Melania, M.S., 2012. Produksi Karbon Aktif dari Bambu dengan Aktivasi menggunakan Kalium Hidroksida. Skripsi. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- [15] Esterlita, M.O., Herlina, N., 2015. Pengaruh penambahan activator,  $ZnCl_2$ ,  $H_3PO_4$  dan KOH dalam pembuatan karbon aktif dari pelepah aren. *Jurnal Teknik Kimia USU* Vol. 4 No. 1.
- [16] Pambayun, G.S., Yulianto, R.Y.E., Rachimoellah, M., Putri, E.M.M. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator  $ZnCl_2$  dan  $Na_2CO_3$  sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. 2 (1) : 117.