

## PEMANFAATAN ABU BATUBARA SEBAGAI ZEOLIT YANG TERDEALUMINASI DALAM MENGADSORPSI FENOL

Agustinus Pata, Saibun Sitorus, Rahmat Gunawan

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Mulawarman  
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua Samarinda, 75123  
Email: augustinuspata@yahoo.co.id

### ABSTRACT

A research on the adsorption of phenol with zeolite adsorbent is formed from coal ash by hydrothermal process with the fusion method. In addition, the improvement in the ability of zeolite adsorption on the zeolite dealumination process is done. Phenol adsorption process is done through a batch shaker method with test parameters pH, contact time and adsorption capacity factor. The measurement results for the phenol optimum conditions were at pH 10 with a contact time of 30 minutes with the value of the phenol capacity of zeolite was 1,1853 mg/g were obtained using Langmuir isotherm adsorption equation.

**Keywords :** *Zeolite of coal ash, dealumination, adsorption, phenol.*

### A. PENDAHULUAN

Penggunaan dan produksi batubara menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan, diantara lain air cucian batubara pada aktivitas pertambangan batubara yang dapat mencemari tingkat keasaman pada perairan dan menghasilkan cemaran logam berat seperti ion Fe, Mn dan lainnya serta mampu mencemari kondisi tanah dan juga abu batubara yang merupakan sisa dari uji kualitas batubara di laboratorium serta sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga batubara yang dapat mencemari lingkungan udara sebagai partikel kecil yang terdistribusi di udara. Menurut peraturan (PP85/1999), limbah abu layang maupun abu dasar dapat dikategorikan sebagai limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya).

Kandungan utama abu dasar dan abu layang adalah mineral-mineral aluminat dan silikat. Mineral-mineral tersebut adalah merupakan penyusun utama kerangka zeolit. Kula (2000) melaporkan bahwa abu dasar memiliki kandungan ion Si dan Al berturut-turut sebesar 50,98% dan

14,996% sedangkan pada abu layang 56,13% dan 18,49%. Dengan kandungan dan komposisi tersebut, abu dasar dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan zeolit yang banyak dimanfaatkan sebagai adsorben, penukar kation dan katalis melalui proses hidrotermal menggunakan metode peleburan dengan basa NaOH.

Dealuminasi adalah suatu teknik modifikasi zeolit melalui pengurangan ion aluminium di kerangka maupun pada permukaan zeolit. Dengan berkurangnya ion Al, maka rasio ion Si terhadap Al akan meningkat sehingga zeolit akan bersifat hidrofob.

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan sifat hidrofob dari zeolit terdealuminasi untuk menjerap molekul organik yaitu senyawa fenol yang merupakan salah satu polutan organik berbahaya dan sangat toksik apabila dihirup dan merupakan iritan yang sangat kuat dan dapat terakumulasi dalam limbah yang banyak dijumpai pada berbagai jenis limbah industri dan air tanah.

### B. METODOLOGI PENELITIAN

#### 2.1. Alat

Peralatan yang di gunakan berupa alat: peralatan gelas, pinset, spatula, magnetic steerer, neraca analitis, oven, desikator, hot plate, kertas saring, Batch Shaker, ayakan lolos 200 mesh, muffle furnace, spektrofotometer UV-Visible.

#### 2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: abu batubara, aluminium foil, HCl 6 M, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 2 M, NaOH(s), NH<sub>4</sub>OH 0,5 M, pH Universal, fenol (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH), K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, akuades, AgNO<sub>3</sub>, 4-aminointipirin (4AAP) 0,1 M dan K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 0,24 M.

#### 2.3. Prosedur Kerja

##### 2.3.1. Pembuatan Zeolit Abu Batubara

Abu batubara lolos 200 mesh hasil pembakaran batubara sebanyak 25 gr dilebur dalam 30 gr NaOH pada

suhu 550°C selama 1 jam dalam muffle furnace, setelah itu ditambahkan 150 ml aquades, diaduk dengan magnetic steerer selama 12 jam. Selanjutnya campuran tersebut di masukan ke dalam wadah tertutup dan dipanaskan dengan suhu 100°C selama 24 jam dalam keadaan tertutup rapat. Padatan yang terbentuk disaring, selanjutnya padatan dicuci dengan aquades berulang kali hingga pH filtratnya netral. Padatan tersebut kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 4 jam kemudian didinginkan dalam desikator hingga mencapai suhu kamar.

##### 2.3.2. Dealuminasi Zeolit Abu Batubara

Sebanyak 25 gr zeolit abu batubara direndam dalam 100 mL HCl 6M selama 4 jam. Disaring campuran dan dicuci dengan akuades hingga filtrat menunjukkan pH netral. (Pencucian dihentikan apabila sudah tidak terdapat

endapan pada filtrat ketika ditambah dengan  $\text{AgNO}_3$ . Direndam kembali dalam 100 mL  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  2M selama 4 jam. Disaring dan dicuci campuran dengan akuades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Dikeringkan residu dalam oven  $300^\circ\text{C}$  selama 4 jam.

### 2.3.3. Adsorpsi fenol Oleh Zeolit Terdealuminasi

#### *Pengaruh pH Optimum Terhadap Adsorpsi Fenol oleh Zeolit Abu Dasar Batubara Terdealuminasi*

Sebanyak 0,5 g zeolit abu batubara terdealuminasi dicampurkan dengan 10 ml larutan fenol dengan konsentrasi 10 mg/L. Campuran selanjutnya diaduk dalam *shaker* dengan kecepatan 150 rpm dengan memvariasikan pH 2, 4, 6, 8 dan 10 selama 180 menit. Kemudian disaring dan filtratnya ditambahkan 10 ml  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,5 M serta ditambah  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  3,0 ml dan pereaksi 4-AAP 3.0 mL, dengan penambahan 2 ml larutan buffer fosfat. Filtrat selanjutnya diuji dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

#### *Pengaruh Waktu Kontak Optimum Terhadap Adsorpsi Fenol oleh Zeolit Abu Batubara Terdealuminasi*

Sebanyak 0,5 g zeolit sintesis dicampurkan dengan 10 ml larutan fenol dengan konsentrasi 10 mg/L dengan pengaturan pada pH optimum. Campuran selanjutnya diaduk dalam *shaker* dengan kecepatan 150 rpm dengan

memvariasikan waktu kontak 5, 10, 20, 30 dan 60 menit. Kemudian disaring dan filtratnya ditambahkan 10 ml  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,5 M serta ditambah  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  3,0 ml dan pereaksi 4-AAP 3.0 mL, dengan penambahan 2 ml larutan buffer fosfat. Filtrat selanjutnya diuji dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

#### *Penentuan Kapasitas Adsorpsi Zeolit Abu Batubara Terdealuminasi Terhadap Fenol*

Sebanyak 0,5 g zeolit sintesis dicampurkan dengan 10 ml larutan fenol. dengan pengaturan pada pH optimum. Campuran selanjutnya diaduk dalam *shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama waktu kontak optimum dengan memvariasikan konsentrasi adsorbat 10, 20, 30, 50 dan 60 mg/L. Kemudian disaring dan filtratnya ditambahkan 10 ml  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,5 M serta ditambah  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  3,0 ml dan pereaksi 4-AAP 3.0 mL, dengan penambahan 2 ml larutan buffer fosfat. Filtrat selanjutnya diuji dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

### 2.4. Teknik Analisa Data

Pengolahan data dilakukan secara deskriptif yaitu dengan membuat grafik hubungan antara pH, waktu kontak dan konsentrasi fenol serta kurva linearitas Langmuir dalam adsorpsi fenol oleh adsorben zeolit abu batubara terdealuminasi

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Preparasi Abu Batubara

Pada penelitian kali ini sampel yang digunakan adalah batubara. Batubara yang awalnya memiliki ukuran besar dengan jumlah yang besar terlebih dahulu harus melewati tahap preparasi. Preparasi sample batubara adalah pengurangan massa dan ukuran dari gross sample sampai pada massa dan ukuran yang cocok untuk analisa di Laboratorium dengan melakukan pengeringan udara terlebih dahulu untuk mempermudah proses selanjutnya yaitu pengecilan ukuran dengan menggunakan alat hammer mill untuk memperkecil ukuran hingga 2,36 mm yang kemudian dilanjutkan Raymond Mill untuk memperkecil ukuran sampel hingga 0,2 mm. Setelah 2 tahap diatas maka dilanjutkan dengan tahap preparasi terakhir yaitu pembagin sampel dengan melakukan rotary sampel divider (RSD) yang dilanjutkan dengan quartering sampel untuk mengurangi jumlahnya hingga diperoleh sampel yang representatif yang siap dianalisa di Laboratorium.

Sebelum digunakan, sampel batubara yang ada, dibakar terlebih dahulu untuk mendapatkan abunya menggunakan tungku pembakaran (furnace) pada suhu  $815^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 4 jam, dimana residu yang terbentuk merupakan abu dari batubara. Sampel batubara dibakar (incineration) dalam kondisi standar sampai diperoleh berat yang tetap, dimana selama pembakaran batubara, zat mineral mengalami perubahan, karena itu banyak abu umumnya lebih kecil dibandingkan dengan banyaknya zat mineral yang semula ada didalam batubara. Hal ini disebabkan antara lain karena menguapnya air dan lempung, karbon dioksida serta karbonat, teroksidasinya pirit menjadi besi oksida, dan juga terjadinya fiksasi

belerang oksida. Abu dalam batubara bersumber dari mineral matter dalam batubara dan unsur pengotor dari batupasir, tanah dan sebagainya, yang berasal dari bagian penutup, dasar atau parting pada lapisan batubara.

Abu batubara itu sendiri didefinisikan sebagai zat organik yang merupakan komponen non-combustible organik yang tersisa pada saat batubara dibakar yang mengandung oksida-oksida logam seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan lainnya. Kandungan abu batubara tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai zeolit karena memiliki mineral silika dan alumunium yang merupakan komposisi utama penyusun kerangka zeolit, melalui proses alkali hidrotermal dengan menggunakan metode peleburan

### 3.2. Pembuatan Zeolit Sintesis Abu Batubara

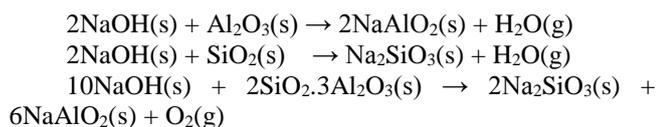
Seperti data diatas, abu batubara mengandung beberapa oksida-oksida logam diantaranya seperti  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang merupakan komponen utamanya yang mana dalam hal ini memiliki kesamaan dengan komponen yang ada pada zeolit sehingga memiliki peluang untuk dibentuk menjadi zeolit sintetis. Pada penelitian kali ini, abu batubara yang diperoleh dari proses pembakaran, selanjutnya akan dikonversi menjadi zeolit sintetis melalui reaksi hidrotermal dengan menggunakan metode peleburan yang melibatkan senyawa NaOH.

Pada tahap ini, fungsi NaOH dalam metode peleburan adalah untuk mendekomposisi komponen silika dan alumina yang sebagian besar dalam bentuk kuarsa menjadi natrium silikat dan natrium aluminat yang merupakan spesies reaktif untuk sintesis zeolit. Penggunaan NaOH harus menyesuaikan dengan jumlah abu yang dilebur agar proses berjalan efektif serta waktu hidrotermal juga harus

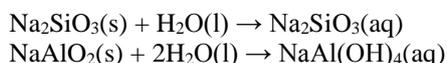
cukup untuk sintesis zeolit yang dilakukan. Dalam penelitian ini, kondisi sintesis menggunakan rasio NaOH/abu batubara 1,4/1 dan waktu hidrotermal 24 jam dengan temperatur 90°C, telah cukup untuk sintesis zeolit tipe faujasit.

Reaksi hidrotermal hasil peleburan akan menghasilkan zeolit dengan kuantitas dan kristalinitas lebih tinggi dibandingkan tanpa melalui peleburan NaOH. Mekanisme yang terjadi selama hidrotermal, diantaranya meliputi: terlarutnya sedikit padatan dalam air, difusi zat terlarut dan timbulnya senyawa yang berbeda dari padatan terlarut, yang terjadi pada suhu cukup rendah (100-300°C). Proses ini meliputi modifikasi tekstur atau struktur pada suatu padatan yang mengikuti hukum termodinamika. Perubahan pada tekstur murni akan menyebabkan reduksi pada luas permukaan dan meningkatkan ukuran partikel dan pori.

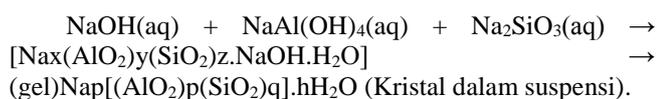
Prinsip metode peleburan ini adalah mereaksikan bahan dasar dengan basa alkali seperti NaOH pada suhu tinggi yang bertujuan merubah silika dan alumina dalam abu membentuk produk garam silikat dan aluminat yang mudah larut. Reaksi yang terjadi selama proses peleburan antara komponen abu SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan NaOH adalah sebagai berikut:



Selanjutnya adalah pelarutan Si dan Al. Reaksi yang terjadi pada pelarutan ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut :



Proses kristalisasi yang berlangsung dapat ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut :



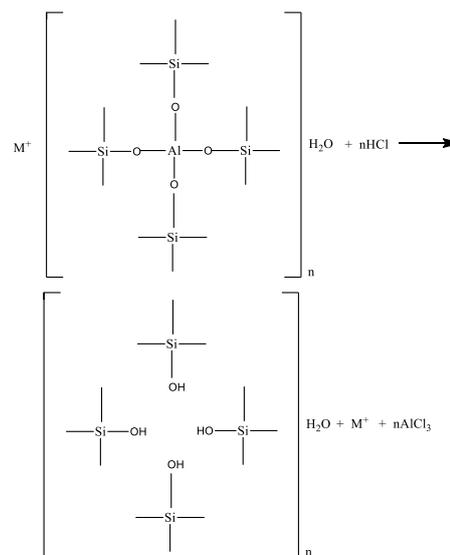
### 3.3. Dealuminasi Zeolit Abu Batubara

Dealuminasi merupakan proses pelepasan atom Al dari zeolit. Dealuminasi dilakukan untuk mengoptimalkan kandungan Alumunium dalam zeolit sehingga lebih stabil pada suhu tinggi. Proses dealuminasi selanjutnya dilakukan menggunakan HCL 6M yang merupakan konsentrasi maksimum untuk proses dealuminasi. Alumunium dalam zeolit dapat terekstrak dengan penambahan asam. Perlakuan asam pada dasarnya untuk meningkatkan rasio Si/Al. larutan HCL dapat mengekstrak alumunium dalam zeolit karena HCL dapat bereaksi dengan alumina. Dimana dalam konsentrasi ini kondisi ion Si mencapai maksimal. Pelarut yang digunakan dalam proses dealuminasi adalah air. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan ion Si (dalam bentuk Si(OH)<sub>4</sub>) yang akan dimasukkan untuk mengganti atom-atom Al pada permukaan zeolit.

Pada dealuminasi, ion H<sup>+</sup> yang dihasilkan dari reaksi penguraian HCL dalam medium air akan mengurai ikatan

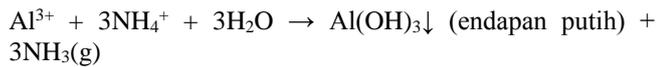
atom Al yang berada pada zeolit. Ion H<sup>+</sup> ini akan diserang oleh atom oksigen yang terikat pada ion Si dan Al.

Berdasarkan harga energi disosiasi ikatan Al-O jauh lebih rendah dibandingkan energi disosiasi ikatan Si-O, maka ikatan Al-O jauh lebih mudah terurai dibandingkan Si-O. Sehingga ion H<sup>+</sup> akan cenderung menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan Al-O dan akan terbentuk gugus silanol. Sedangkan ion Cl<sup>-</sup> hasil penguraian ion HCL juga akan mempengaruhi kekuatan ikatan Al-O dan Si-O. Ion Cl<sup>-</sup> memiliki elektronegatifitas yang tinggi dan berukuran sehingga menyebabkan ion ini muda berikatan dengan kation bervalensi besar seperti Si<sup>4+</sup> dan Al<sup>3+</sup>. Tetapi ion Cl<sup>-</sup> akan cenderung berikatan dengan ion Al dikarenakan harga elektronegativitas ion Al lebih kecil (1,61) dibanding elektronegativitas atom Si (1,90). Jadi bila perbandingan ion Si terhadap Al meningkat maka kerapatan kation dan kekuatan medan elektrostatis menurun dan afinitas dari permukaan zeolit bagi adsorbat non polar meningkat sehingga zeolit cenderung memilih molekul-molekul non-polar (senyawa organik) untuk diadsorpsi. Hal inilah yang menjadi alasan mengapa ion alumunium harus dihilangkan dari zeolit. Mekanisme reaksinya dapat dilihat pada gambar 1:



Gambar 1 . Reaksi Dealuminasi Zeolit

Setelah ditambahkan dengan HCL, zeolit dicuci dengan aquades hingga seluruh ion Cl<sup>-</sup> hilang. Tes dengan larutan AgNO<sub>3</sub> dilakukan sebagai parameter bahwa zeolit telah bersih. Prinsip dari tes dengan AgNO<sub>3</sub> didasarkan pada prinsip titrasi argentometri. Adapun reaksi yang terjadi ketika penambahan AgNO<sub>3</sub> adalah sebagai berikut: Ag<sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup> → AgCl↓ (endapan putih) Jika ketika ditambahkan AgNO<sub>3</sub> masih terbentuk endapan putih maka dapat dikatakan bahwa didalam larutan masih terdapat ion Cl<sup>-</sup>. Maka proses pencucian dilanjutkan sampai semua ion Cl<sup>-</sup> hilang, hal ini ditandai dengan tidak terbentuknya endapan putih ketika ditambahkan larutan AgNO<sub>3</sub>. Sedangkan untuk mengetahui apakah ion Al<sup>3+</sup> telah habis terdealuminasi, dapat diuji kualitatif dengan melakukan penambahan NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> dengan reaksi sebagai berikut :



Jadi, jika pada saat ditambahkan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dan tidak ada lagi terdapat endapan putih maka diasumsikan bahwa ion  $\text{Al}^{3+}$  telah habis terdealuminasi.

Pada penelitian kali ini tidak dilakukan pengukuran kandungan ion aluminium pada abu batubara. Karena struktur zeolit alam dan zeolit sintetis tidak jauh berbeda, maka untuk mengetahui apakah kemampuan zeolit dalam mengadsorpsi fenol meningkat atau tidak setelah dealuminasi digunakan data sekunder dari hasil penelitian terdahulu sebagai pembandingan.

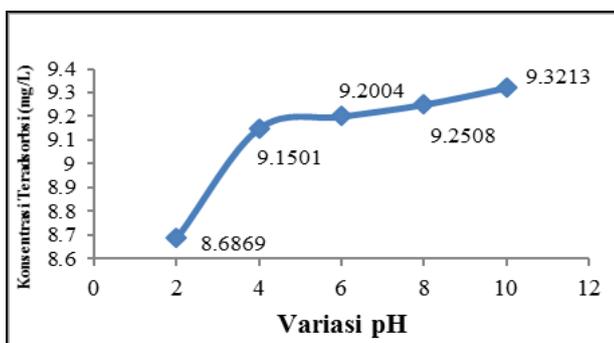
**Tabel 1.** Perbandingan Tingkat Adsorpsi Fenol

Jenis Zeolit	Abs	FP	Konsentrasi Fenol Sisa	Konsentrasi Fenol Teradsorpsi
Zeolit Alam	0,877	4	43,789 mg/L	56.211 mg/L
ZA HDTMA	0,562		6,839 mg/L	93.107 mg/L
ZA Dealuminasi	0,689		34,110 mg/L	65.890 mg/L
ZA HDTMA Dealuminasi	0,462	4	5,606 mg/L	94.394 mg/L

Dari data ini dapat diketahui bahwa ternyata zeolit yang terdealuminasi memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih besar dari pada zeolit yang masih mengandung ion aluminium. Hal ini terjadi akibat sifat hidrofobik dari zeolit yang meningkat sehingga mempercepat interaksi antara zeolit yang terdealuminasi dengan fenol yang juga bersifat non polar akibat adanya cincin benzene pada struktur senyawa fenol.

### 3.4. Pengaruh pH Optimum Terhadap Adsorpsi Fenol oleh Zeolit Abu Batubara Terdealuminasi

Pada penelitian kali ini dilakukan variasi pengaruh pH terhadap kemampuan zeolit abu batubara yang telah terdealuminasi untuk mengetahui pada kondisi pH berapakah zeolit memiliki kemampuan optimum dalam mengadsorpsi fenol. Pada penelitian ini digunakan 10 ml larutan fenol dengan konsentrasi 10 mg/L pada panjang gelombang 500 nm. Berikut adalah data yang menjelaskan hubungan antara pH terhadap konsentrasi adsorpsi fenol :



**Gambar 2.** Grafik Variasi pH, Hubungan Antara pH dan Konsentrasi Fenol

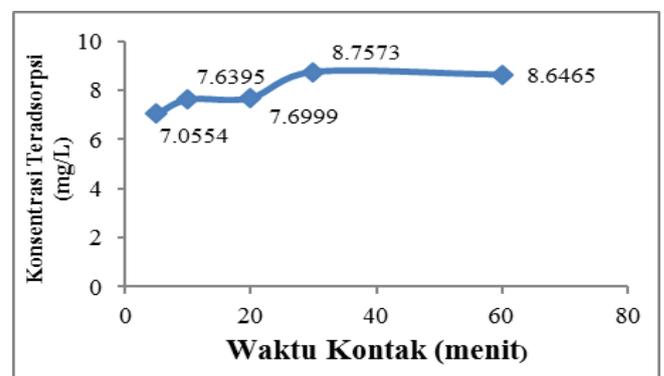
Dari grafik di atas, dapat dijelaskan bahwa pH memiliki pengaruh yang besar terhadap kemampuan zeolit dalam mengadsorpsi fenol. Hal ini bisa dilihat dimana pada pH awal yaitu pH 2 konsentrasi fenol hanya teradsorpsi sebanyak 8,6869 mg/L, kemudian meningkat pada pH 4 dengan konsentrasi fenol teradsorpsi sebanyak 9,1501 mg/L selanjutnya pada pH 6 konsentrasi fenol yang teradsorpsi sebanyak 9,2004 mg/L dan meningkat lagi pada pH 8 dengan konsentrasi fenol teradsorpsi sebanyak 9,2508 mg/L hingga menuju titik optimum yaitu pada pH 10 dengan konsentrasi fenol teradsorpsi 9,3213 mg/L.

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa pada saat zeolit dalam kondisi pH rendah atau dalam kondisi asam sudah mampu mengadsorpsi fenol. Hal ini disebabkan karena ion  $\text{H}^+$  yang terurai dari HCL, mampu memutuskan ikatan Si-OH pada zeolit terdealuminasi sehingga ion  $\text{OH}^-$  akan menyerang ion  $\text{H}^+$  dan mengakibatkan Si bermuatan parsial positif sehingga akan terjadi interaksi terhadap cincin benzene pada fenol yang mengalami resonansi. Namun karena resonansi tidak berlangsung sempurna maka adsorpsi fenol tidak begitu besar. Sedangkan

pada grafik diatas juga terlihat bahwa pH optimum untuk adsorpsi fenol adalah pada pH 10. Dalam pH basa fenol berada dalam keadaan ion fenolat yang bermuatan parsial negatif karena terlepasnya ion  $\text{H}^+$  dari fenol akibat interaksi dengan basa itu sendiri. Hal ini menyebabkan ion fenolat yang bermuatan negatif mampu berinteraksi dengan baik terhadap permukaan zeolit yang bermuatan positif yaitu pada gugus Si sehingga proses adsorpsi bisa terjadi dengan baik.

### 3.5. Pengaruh Waktu Kontak Optimum Terhadap Adsorpsi Fenol oleh Zeolit Abu Batubara Terdealuminasi

Pada penelitian kali ini dilakukan variasi pengaruh waktu kontak terhadap kemampuan zeolit abu batubara yang telah terdealuminasi untuk mengetahui pada waktu berapa lamakah zeolit memiliki kemampuan optimum dalam mengadsorpsi fenol. Pada penelitian ini digunakan 10 ml larutan fenol dengan konsentrasi 10 mg/L dengan kondisi pH optimum yaitu 10. Berikut adalah data yang menjelaskan hubungan antara waktu kontak terhadap konsentrasi adsorpsi fenol :



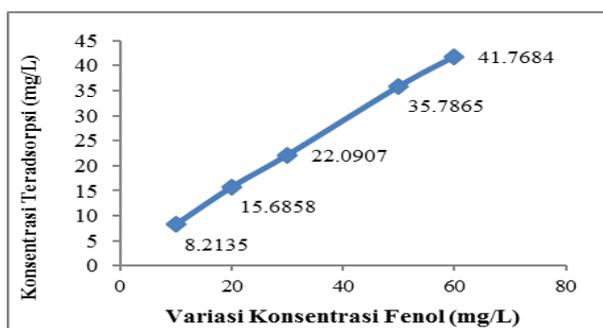
**Gambar 3.** Grafik Pengaruh Waktu Kontak, Hubungan Antara Waktu Kontak dan Konsentrasi Fenol

Dari grafik di atas, dapat dijelaskan bahwa waktu kontak juga memiliki pengaruh terhadap kemampuan zeolit dalam mengadsorpsi fenol. Hal ini bisa dilihat dimana pada waktu kontak awal yaitu 5 menit konsentrasi fenol hanya teradsorpsi sebanyak 7,0554 mg/L, kemudian meningkat pada waktu kontak 10 menit dengan konsentrasi fenol teradsorpsi sebanyak 7,6395 mg/L selanjutnya pada waktu kontak 20 menit konsentrasi fenol yang teradsorpsi sebanyak 7,6999 mg/L dan meningkat lagi pada waktu kontak optimum yaitu 30 menit dengan konsentrasi fenol teradsorpsi sebanyak 8,7573 mg/L kemudian pada waktu kontak 60 menit konsentrasi fenol yang teradsorpsi sebanyak 8,6465 mg/L.

Pada grafik diatas terlihat bahwa waktu kontak optimum untuk adsorpsi fenol adalah 30 menit. Dari waktu awal 5 menit hingga waktu optimum 30 menit, zeolit mengalami proses adsorpsi dimana fenol yang dalam suasana basa khususnya pada pH 10 membentuk ion fenolat berinteraksi dengan baik dengan permukaan zeolit. waktu yang cukup singkat untuk mencapai kemampuan optimum zeolit dalam mengadsorpsi fenol. Sedangkan pada waktu kontak 60 menit zeolit mencapai titik jenuh dengan mengalami penurunan konsentrasi fenol teradsorpsi yaitu sebesar 8,6465 mg/L sehingga zeolit sulit untuk melakukan proses adsorpsi.

### 3.6. Faktor Kapasitas Adsorpsi Zeolit Abu Batubara Terdealuminasi Terhadap Fenol

Pada penelitian kali ini dilakukan penentuan kapasitas adsorpsi terhadap kemampuan zeolit abu batubara yang telah terdealuminasi untuk mengetahui kemampuan optimum zeolit abu batubara yang terdealuminasi dalam mengadsorpsi fenol. Pada penelitian ini digunakan 10 ml larutan fenol dengan variasi konsentrasi fenol 10, 20, 30, 50 dan 60 mg/L dengan menggunakan pH optimum 10 dan waktu kontak optimum yaitu 30 menit. Berikut adalah data yang menjelaskan hubungan antara waktu kontak terhadap konsentrasi adsorpsi fenol :



Gambar 4. Garfik Variasi Konsentrasi Absorbat

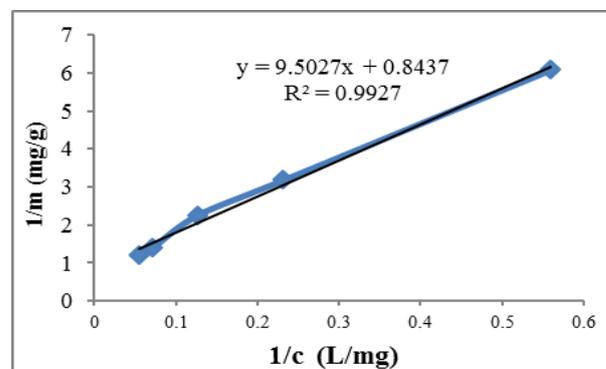
## D. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dealuminasi zeolit abu batubara mempengaruhi kemampuan zeolit dengan meningkatkan rasio Si/Al pada kerangka zeolit, sehingga sifat kepolaran zeolit menurun atau dengan kata lain bersifat hidrofob dan

Dari grafik di atas, dapat dijelaskan bahwa pada konsentrasi 10 mg/L, konsentrasi fenol hanya teradsorpsi sebanyak 8,2135 mg/L, kemudian meningkat pada konsentrasi awal 20 mg/L dengan konsentrasi fenol teradsorpsi sebanyak 15,6858 mg/L selanjutnya pada konsentrasi awal 30 mg/L, konsentrasi fenol yang teradsorpsi sebanyak 22,0907 mg/L kemudian pada konsentrasi 50 mg/L, konsentrasi fenol yang teradsorpsi sebanyak 35,7865 mg/L dan pada konsentrasi 60 mg/L, konsentrasi fenol yang teradsorpsi sebanyak 41.7684 mg/L. Hal ini menunjukkan peningkatan daya adsorpsi zeolit terhadap fenol.

Selanjutnya untuk mengetahui berapa kapasitas adsorpsi dari zeolit abu batubara terhadap fenol, maka data yang diperoleh dari uji variasi konsentrasi adsorbat, dimasukkan kedalam persamaan isoterm Langmuir yang menghasilkan kurva linearitas sebagai berikut :



Gambar 5. Adsorpsi Isoterm Langmuir, Hubungan Antara Massa Zeolit dan Konsentrasi Fenol

Pada grafik hubungan antara konsentrasi fenol dengan massa dari zeolit abu batubara terdealuminasi, diperoleh kurva linearitas isotherm Langmuir dengan persamaan garis linear regresi sebagai berikut :

$$y = ax + b$$

$$y = 9.5027x + 0.8437$$

$$R^2 = 0.9927$$

Pada persamaan Langmuir diperoleh hubungan antara  $1/c$  dengan  $1/m$  yaitu berupa garis lurus, demikian juga dengan membuat plot  $1/m$  terhadap  $1/c$ , maka harga  $K$  dan  $b$  dapat dihitung dari slope dan intercept grafik. Dimana  $K$  adalah afinitas adsorpsi dan  $b$  adalah kapasitas adsorpsi, sehingga diperoleh kapasitas adsorpsi dari nilai intersep grafik yaitu:  $1/b = 1/0,8437 = 1,1853$  mg/g.

2. Waktu kontak dan pH berpengaruh terhadap adsorpsi Fenol oleh zeolit abu batubara terdealuminasi. Waktu kontak optimum untuk adsorpsi Fenol oleh zeolit abu batubara terdealuminasi terjadi pada waktu kontak 30

menit dengan jumlah konsentrasi fenol yang teradsorpsi sebesar 8,7573 mg/L. pH optimum untuk adsorpsi Fenol oleh zeolit abu batubara terdealuminasi terjadi pada pH 10 dengan jumlah konsentrasi fenol

yang teradsorpsi sebesar 9,3213 mg/L yang masing-masing dari konsentrasi awal sebesar 10 mg/L.

3. Kapasitas adsorpsi maksimum zeolit abu batubara yang telah terdealuminasi terhadap adsorpsi fenol adalah sebesar 1,1853 mg/g.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Peraturan Pemerintah, (1999), Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 Tentang : *Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun*, Presiden Republik Indonesia, Jakarta.
2. Kula, A. Olgun., 2000, "*Effectts of Colemanite Waste, Coal Bottom Ash and Fly Ash on The Properties of Cement*", Journal of cement and concrete research, hal.491-494.
3. Lesley, S. and Elain, M., 1992, *Solid State Chemistry*, Chapman & Hall: London.
4. Sutarti, M dan Rachmawati, M., 1994, *Zeolit Tinjauan Literatur*, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah. LIPI: Jakarta.
5. Considine, D.M., 1989, *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia*, Van Nostrand Reinhold: NY.
6. Yulianto, I., 2000, *Pengaruh Peleburan dengan Natrium Hidroksida pada Sintesis Faujasit dari Abu Layang*, Skripsi, F.MIPA UGM, Yogyakarta
7. Ermawati, Y., 2003. "*Pengaruh konsentrasi HCl dan NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> Terhadap Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari*", Skripsi, UNDIP: Semarang.
8. Mutngimaturohmah. 2007. "*Aplikasi Zeolit Alam Terdealuminasi dan Termodifikasi HDTMA sebagai Adsorben Fenol*". Semarang: Universitas Diponegoro.
9. Chang, H.L. and Shih, W.H., 1998, *A General Methods for the Conversion of Fly Ash Into Zeolites as Ion Exchangers for Cesium*, Ind. Eng. Chem. Res., 37 (1), 71-78.
10. Ojha, K., Pradhan, N. dan Samanta, A. N. (2004), "*Zeolite from Fly Ash: Synthesis and Characterization*", Bull. Mater. Sci. Indian Academy of Sciences, Vol. 27, No. 6, hal. 555- 564.
11. Weitkamp, J. dan Puppe. L., 1999, "*Catalysis and Zeolites:Fundamental and Applications*", Springer-Verlag Berlin Heidelberg:Germany.