

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Adsorben

Fly ash merupakan hasil dari proses pembakaran batubara yang sebagian besar berupa butiran halus dan terbang mengikuti aliran gas, keluar dari ketel uap melalui cerobong. Kemudian *fly ash* dipisahkan dari gas buang dengan menggunakan alat pengendap listrik statis (*electrostatic precipitator*) (Muchjidin, 2006).

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton Unit 5 & 6 yang terletak di desa Bhinar, kecamatan Paiton, kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. *Fly ash* yang didapatkan berupa butiran-butiran halus dengan warna kecoklatan. Warna dari *fly ash* ini dipengaruhi oleh waktu pembakaran pada tungku pembakaran yang menggunakan bahan bakar batubara. Apabila warna *fly ash* semakin muda, maka hasil pembakaran semakin sempurna dan mutunya semakin baik, atau dapat dikatakan semakin cerah warna yang dihasilkan, maka semakin rendah kandungan karbon yang terdapat pada *fly ash* tersebut. Umumnya warna *fly ash* adalah abu-abu, kecoklatan dan bervariasi sampai hitam (Sukandarrumidi, 2009).

Pada tahap persiapan, *fly ash* yang akan digunakan sebagai adsorben dicuci terlebih dahulu kemudian dikeringkan dalam oven dengan temperatur 110⁰C selama 3 jam, lalu dimasukkan ke dalam desikator. Proses pengeringan dan penyimpanan dalam desikator bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dan menetralkan suhunya (Irawan dkk, 2014). Selanjutnya *fly ash* diayak dengan ayakan berukuran 200 mesh untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil dan homogen. Ukuran partikel yang lebih kecil akan menyebabkan luas permukaan *fly ash* semakin besar sehingga ion logam Cd yang teradsorpsi oleh adsorben semakin banyak.

4.2 Proses Aktivasi Adsorben

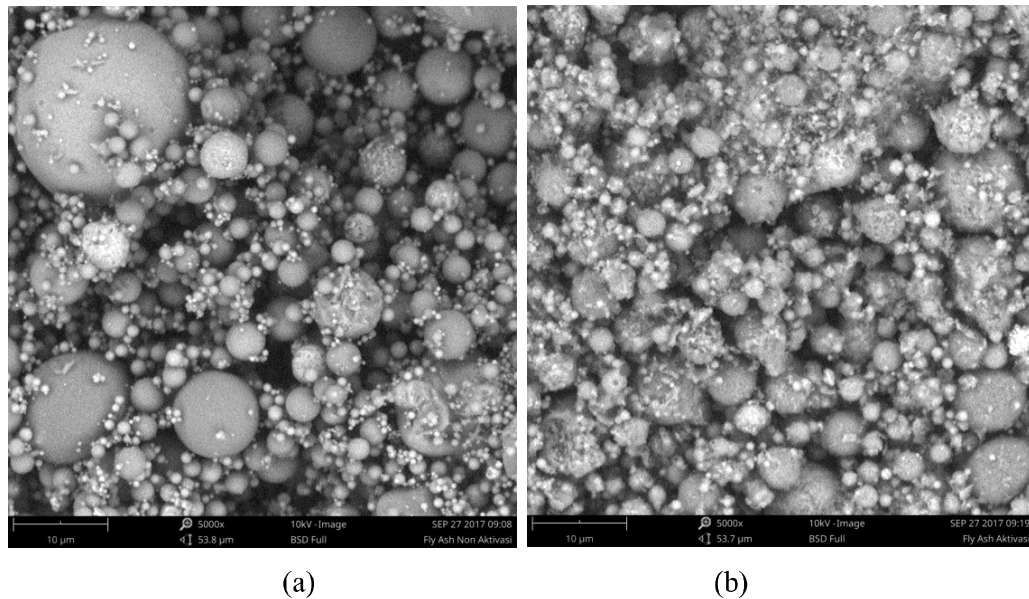
Komposisi kimia dari *fly ash* menunjukkan bahwa sebagian besar tersusun atas oksida logam, terutama SiO_2 dan Al_2O_3 yang mempunyai gugus aktif sehingga memungkinkan *fly ash* digunakan sebagai adsorben logam berat.

Menurut Yan, et. al., (2003) dan Goni, et. al., (2003), lapisan permukaan partikel *fly ash* yang berbentuk glassy ini sangat rapat dan stabil. Karena berpori dan *amorf* inilah, maka gugus di dalam lapisan *fly ash* memiliki aktifitas yang tinggi. Penghancuran lapisan ini dapat dilakukan dengan penambahan larutan yang memiliki kebasaaan tinggi seperti NaOH. Larutan basa ini menyebabkan lapisan luar yang rapat menjadi rusak, sehingga gugus-gugus aktif yang ada di dalamnya, seperti silika dan alumina, keluar ke permukaan *fly ash*. Bila konsentrasi OH^- cukup tinggi, rantai *glassy* silika-alumina yang rapat akan cepat rusak dan menghasilkan sejumlah besar gugus-gugus yang aktif. *Fly ash* yang telah diaktivasi dengan NaOH selanjutnya di karakterisasi dengan SEM dan FTIR.

4.3 Karakterisasi Adsorben

4.3.1 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Morfologi *fly ash* tanpa aktivasi dan aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.

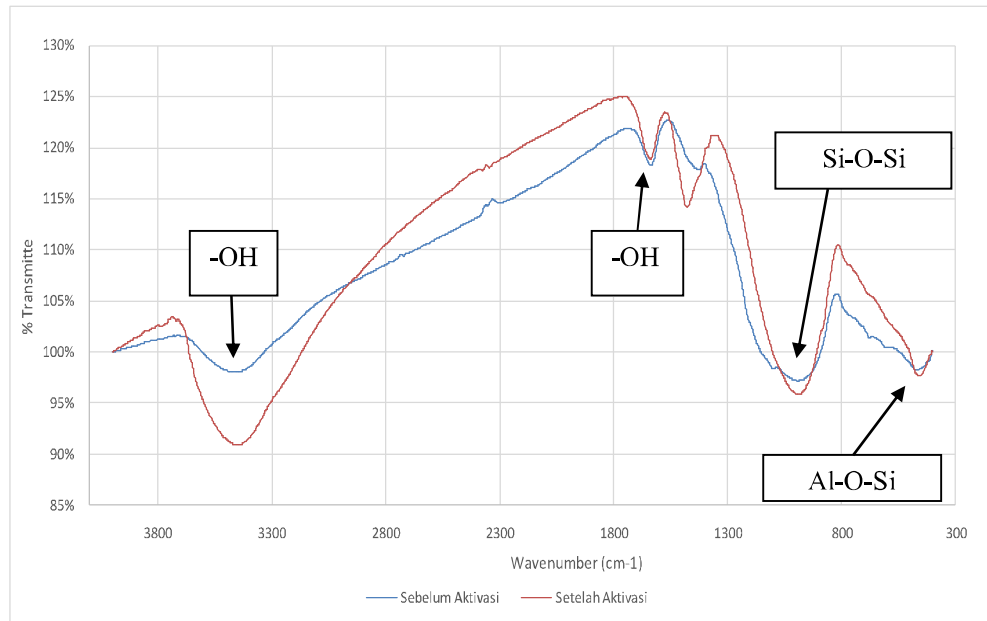


Gambar 4.1 SEM *Fly Ash* Tanpa Aktivasi Perbesaran 5000x (a) SEM *Fly Ash* Aktivasi dengan NaOH Perbesaran 5000x (b)

Hasil analisis morfologi *fly ash* menggunakan SEM menunjukkan bahwa *fly ash* tanpa aktivasi mempunyai bentuk seperti bola dengan permukaan yang halus. Partikel ini hasil dari pendinginan produk yang meleleh hasil pembakaran batubara (White dan Case, 1990). Sedangkan *fly ash* yang diaktivasi terdapat lebih banyak butiran partikel kecil dalam *fly ash* dibandingkan adsorben tanpa aktivasi. Hal ini dikarenakan terjadinya proses destruksi oleh NaOH yang mengakibatkan terbentuknya partikel-partikel kecil.

4.3.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Hasil FTIR berupa spektra dapat dilihat pada Gambar 4.2.



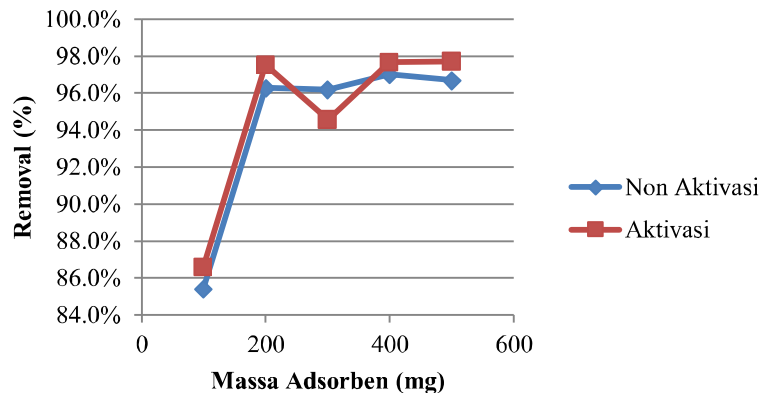
Gambar 4.2 Spektra FTIR dari Fly Ash Tanpa Aktivasi dan Aktivasi

Hasil analisis *fly ash* tanpa aktivasi dan aktivasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dari spektra FTIR pada Gambar 4.2, *fly ash* tanpa aktivasi maupun yang diaktivasi pada panjang gelombang 3410-3455 cm⁻¹ dan 1645 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya peregangan -OH dan pembengkokan -OH. Hal ini menunjukkan adanya molekul air yang diserap atau terperangkap dalam rongga besar kerangka polimerik. Pada panjang gelombang lebih rendah dari 1300 cm⁻¹ dianggap sebagai peregangan asimetris Si-O-Si (970-1090 cm⁻¹) dan getaran Al-O-Si (500-750 cm⁻¹) (Liu, 2017).

4.4 Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Limbah Buatan oleh *Fly Ash*

4.4.1 Pengujian Massa Optimum Adsorben

Pengujian variasi massa adsorben ditujukan untuk mengetahui massa adsorben optimum yang akan digunakan untuk menyerap ion logam kadmium. Data hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.3.

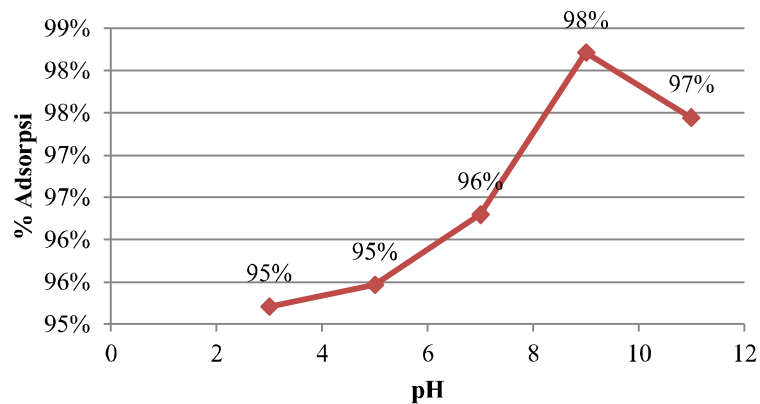


Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penurunan Logam Berat Kadmium (Cd)

Dapat diamati bahwa massa adsorpsi Cd baik yang tidak diaktivasi maupun diaktivasi meningkat sampai penggunaan adsorben 400 mg. Pada situasi tersebut massa adsorben lebih tinggi dan tidak meningkatkan massa adsorpsi karena ekuilibrium adsorpsi telah tercapai (Irawan dkk, 2014). Setelah ekuilibrium adsorpsi tercapai, maka laju desorpsi menjadi lebih dominan daripada laju adsorpsi, sehingga Cd yang terikat dengan *fly ash* akan dilepaskan lagi ke dalam larutan. Dengan begitu, kondisi optimum adsorpsi dicapai dengan penggunaan massa adsorben 400 mg dengan presentase adsorpsi yang tidak diaktivasi adalah 97,0% dan yang diaktivasi adalah 97,7%.

4.4.2 Pengujian pH Optimum Adsorben

Pengujian variasi pH dilakukan untuk mengetahui suasana pH optimum yang memberikan nilai kapasitas adsorpsi optimum dari *fly ash* terhadap Cd. Variasi pH yang digunakan untuk proses adsorpsi yaitu 3, 5, 7, 9, dan 11 yang akan mewakili pH asam, netral, serta basa. Untuk mengatur pH sesuai dengan kondisi pH yang diinginkan ditambahkan/*adjustment* dengan menggunakan larutan HCl untuk mengatur pH asam dan larutan NaOH untuk mengatur pH basa. Data hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.4.

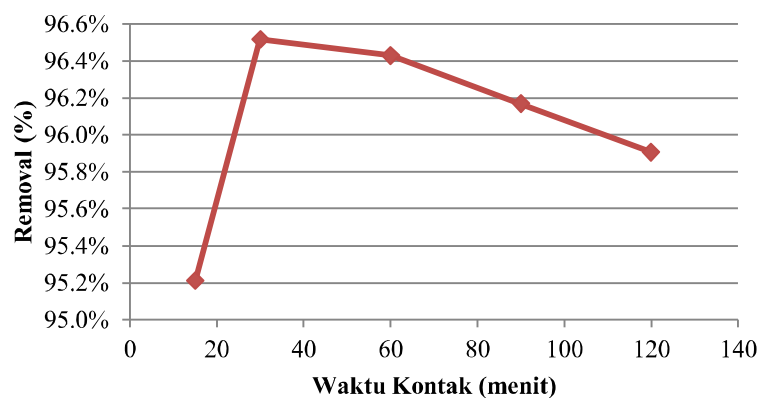


Gambar 4.4 Grafik Pengaruh pH Terhadap Penurunan Logam Berat Kadmium (Cd)

Dapat diamati bahwa penyerapan ion kadmium bergantung pada pH larutan yang ditunjukkan dengan meningkatnya persentase adsorpsi. Peningkatan terjadi berturut-turut mulai dari pH 3 hingga 9. Pada pH rendah, anion akan muncul ke permukaan yang disebabkan banyaknya ion H^+ pada permukaan adsorben. Hal ini akan mengganggu penyerapan adsorbat. Rendahnya efisiensi penyisihan pada pH rendah disebabkan karena kekuatan ion yang tinggi yang akan menyebabkan menurunnya ikatan dari kation pada adsorben (Afrianita dkk, 2013). Penyerapan ion logam kadmium optimum ditunjukkan pada pH 9 dengan persentase adsorpsi sebesar 98%. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak logam hidroksida yang mengendap dan mengurangi ion logam dari larutan adsorbat. Menyebabkan ion H^+ sebagai kompetitor ion logam akan menurun karena larutan bersifat basa. Dengan menurunnya ion H^+ ini maka ion logam dapat teradsorpsi secara maksimal. Namun pada pH 11 terjadi penurunan. Hal tersebut dikarenakan gaya elektrostatis dari tarik menarik antara muatan adsorben dan adsorbat yang berlawanan semakin melemah, dan akhirnya mengurangi kapasitas adsorpsi (Aluyor and Badmus, 2008).

4.4.3 Pengujian Waktu Kontak Optimum Adsorben

Pengujian variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu kontak optimum yang dibutuhkan oleh adsorben *fly ash* dalam penyerapan ion logam kadmium terbesar. Kapasitas penyerapan ion logam kadmium oleh adsorben *fly ash* tergantung pada seberapa lama waktu kontak yang dilakukan. Tetapi lama waktu kontak tidak selalu menjamin makin baik kualitas penyerapan, beberapa adsorben ada yang hanya membutuhkan waktu kontak sebentar untuk dapat menyerap seluruh target. Oleh karena itu, variasi waktu kontak yang digunakan untuk pengujian ini yaitu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Data hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.5.



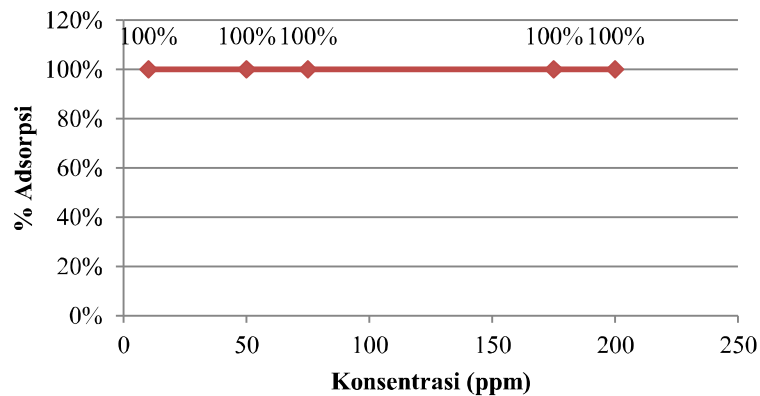
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penurunan Logam Berat Kadmium (Cd)

Dapat diamati dari hasil pengujian variasi waktu kontak diatas bahwa lama durasi waktu kontak tidak selalu meningkatkan persentase adsorpsi. Pada waktu kontak 15 sampai 30 menit, terjadi kenaikan adsorpsi yang signifikan. Hal ini dikarenakan adanya gaya tarik menarik karena semakin lama waktu kontak menyebabkan interaksi antara *fly ash* dengan Cd menjadi lebih besar, semakin banyak Cd yang teradsorpsi oleh *fly ash*. Waktu kontak optimum terjadi pada menit ke 30, dimana pada waktu tersebut terjadi penyerapan adsorpsi paling banyak, yaitu sebesar 96,5%. Pada waktu kontak 30 sampai 120 menit terjadi penurunan adsorpsi, dimana kemampuan adsorben mulai menurun. Hal ini

dikarenakan gugus aktif pada permukaan adsorben telah jenuh, sehingga kurang mampu mengadsorpsi larutan Cd dengan baik. Semakin jenuh fly ash untuk mengadsorpsi adsorbat Cd, maka proses desorpsi sangat dimungkinkan untuk terjadi. Akibatnya adsorbat Cd yang sudah teradsorpsi oleh adsorben dapat terlepas kembali (Irawan dkk, 2014).

4.4.4 Pengujian Konsentrasi Kadmium (Cd) Optimum

Pengujian variasi konsentrasi ion logam kadmium dilakukan untuk mengetahui persentase adsorpsi oleh *fly ash*. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.6.



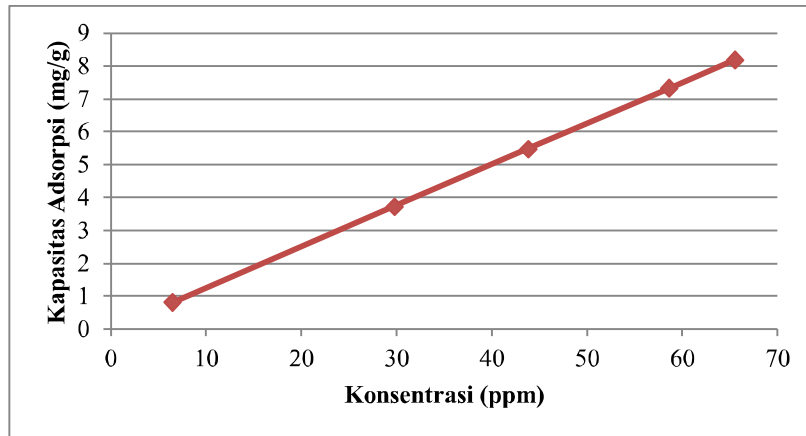
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Konsentrasi Kadmium (Cd) Terhadap Penurunan Logam Berat Kadmium (Cd)

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat persentase adsorpsi dari masing-masing variasi konsentrasi mencapai 100%. Hal ini dikarenakan kemampuan *fly ash* sendiri dalam menyerap logam berat kadmium (Cd) sangat besar, sehingga persentase adsorpsi mencapai 100%.

Pada penelitian yang dilakukan Irawan dkk (2014) dalam mengadsorpsi logam berat Fe, dari variasi konsentrasi yang telah digunakan yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm, kondisi optimum yang didapat yaitu pada konsentrasi 20 ppm.

4.5 Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd) oleh *Fly Ash*

Pada penelitian ini telah dilakukan adsorpsi ion logam Cd dengan menggunakan *fly ash*. Pada larutan ion logam Cd dengan variasi konsentrasi yang telah dilakukan, dilakukan perhitungan kemampuan adsorpsi ion logam Cd yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Kapasitas Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd) oleh *Fly Ash*

Dari hasil yang diperoleh, terlihat bahwa kemampuan adsorpsi oleh *fly ash* mencapai 100%. Hal ini dikarenakan kemampuan *fly ash* sendiri dalam menyerap logam berat kadmium (Cd) sangat besar, sehingga persentase adsorpsi mencapai 100%. Namun, jika melihat dari segi kapasitas adsorpsi dari *fly ash* yang paling optimum adalah 65,55 ppm dengan kapasitas adsorpsi sebesar 8,194 mg/g.

Nilai kapasitas adsorpsi pada konsentrasi 6,44 ppm hingga 65,55 ppm terjadi kenaikan adsorpsi terus menerus. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi larutan ion logam Cd, maka semakin banyak partikel-partikel *fly ash* yang bertumbukan dan berinteraksi dengan larutan ion logam kadmium Cd, sehingga kemampuan adsorpsi semakin meningkat (Suci, 2012).