

SINTESIS TiO₂ SERBUK KAYU KELOR (*Moringa oleifera*) SEBAGAI ADSORPSI BESI (II) DIVALEN METAL

Marhaini

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Abstrak

Sintesis TiO₂ serbuk kayu kelor (*Moringa oleifera*) telah berhasil digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar besi (II) divalen metal dalam air. Pengaruh level dan waktu kontak menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak dan level yang diaplikasikan, semakin besar pula luas permukaan sintesis TiO₂ serbuk kayu kelor dalam menyerap konsentrasi besi (II) divalen metal dalam air. Adsorpsi sintesis TiO₂ serbuk kayu kelor tertinggi pada tinggi level 50 cm dengan waktu kontak 35 menit untuk setiap variasi konsentrasi

Kata kunci : sintesis TiO₂, kayu kelor, adsorben

PENDAHULUAN

Perkembangan dan pertumbuhan industri disamping memberikan kesejahteraan bagi masyarakat, juga menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dari proses industri antara lain mengandung logam berat yang dapat berasal dari industri peleburan baja, baterai, dan cat atau pewarna. Di lingkungan perairan logam-logam ini akan mengendap bersama lumpur atau sedimen sebagai sulfide, karbonat dan posfat yang tidak larut. Wong dan Heri (1984) dalam Coullard dan Zhu (1992) mengungkapkan bahwa kandungan logam berat dalam lumpur atau sedimen berkisar 0,5-2% berat kering. Sementara Lester *et al* (1983) dalam Coullard dan Zhu (1991) mengatakan bahwa beberapa kasus konsentrasi logam berat Fe, Cr, Cu, Pb, dan Zn dalam sedimen mencapai 4% (w/w) berat kering. Diperkirakan pada tahun 2012 ada 748.000.000 orang seluruh dunia yang tidak mendapatkan akses air minum, dan konsumsi air minum berkualitas rendah yang telah terkontaminasi dengan patogen dan polutan kimia yang dikaitkan dengan sejumlah dampak kesehatan yang merugikan jangka pendek dan jangka panjang dan sekitar 1,5 juta terjadi kematian manusia (Progress on Drinking Water and Sanitation, 2014).

Penelitian nanoteknologi di bidang lingkungan khususnya penanggulangan pencemaran logam berat menaruh perhatian besar pada adsorben berbasis nanopartikel karena adsorben berbasis nanopartikel lebih murah dari sisi biaya, lebih efisien waktu, mudah diproduksi serta terbukti mampu menanggulangi pencemaran air oleh logam berat. Adsorpsi merupakan metode yang efektif untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Metode adsorpsi bergantung pada kemampuan permukaan adsorben untuk menarik molekul-molekul gas, uap atau cairan. Berbagai jenis adsorben karbon aktif telah berhasil dikembangkan dan terbukti mampu mengadsorpsi ion logam berat, hanya saja tergolong mahal dan sulit untuk diproduksi (Wang *et al*, 2011). Untuk itu, selama sepuluh tahun terakhir penelitian secara

ekstensif diarahkan untuk mencari jenis adsorben yang relatif lebih murah dan mudah didapatkan.

Bertitik tolak dari uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai sintesis serbuk kayu kelor (*Moringa oleifera*) dalam mengabsorpsi air limbah yang mengandung besi (II) divalen metal, dengan berbagai perlakuan antara lain preparasi biji kelor, sintesis serbuk kayu kelor dan uji aktivitas komposit serbuk kayu kelor. Berdasarkan sifat-sifatnya, TiO_2 merupakan *fotokatalis* yang paling efektif digunakan dan sebagai salah satu material semikonduktor yang telah banyak diteliti terutama dalam usaha pengolahan sumber energi matahari, pengolahan limbah berbahaya (Lu *et al.*,2008) dan pengolahan limbah rumah sakit (Chong *et al.*, 2012). Penelitian Sudarsan *et al.*,2015, fotokatalis TiO_2 sangat efisien dalam penurunan logam berat Fe,Cr dan Pb pada air limbah mencapai 96-98%.

Penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan biji kelor sebagai biokoagulan menunjukkan bahwa biji kelor mampu menurunkan kekeruhan, kadar logam berat pada air limbah penambangan batubara (Samudro *et al.*, 2010, Bichi,2013). Serbuk biji kelor juga memiliki efektifitas 99,529% untuk menurunkan kadar ion Fe dan 99,355% untuk Mn serta 99,868% kekeruhan dalam air (Srawaili, E. T., 2009 dalam Samudro *et al.*, 2010 dan Yusrin *et al.*,2015). Kelebihan biji kelor mengandung zat aktif *rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate* yang mampu mengadopsi dan menetralsir partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam air limbah dan mudah untuk dibudidayakan di lingkungan sekitar bekas pertambangan industri batubara, karena tanaman biji kelor merupakan tanaman yang dapat hidup di daerah dengan ketinggian mulai dari pesisir laut sampai ke daerah dataran tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Adsorpsi merupakan peristiwa terakumulainya partikel pada permukaan (Atkins 1994). Partikel yang terakumulasi dan diserap oleh permukaan disebut adsorbat dan material tempat terjadinya adsorpsi disebut adsorben (Satake 1990). Adsorben yang terbuat dari material biomassa umum disebut sebagai biosorben. Ukuran pori dan luas permukaan adsorben merupakan hal yang sangat penting dalam adsorpsi (Lynch 1990). Perbesaran luas permukaan adsorben dapat dilakukan dengan pengecilan partikelnya. Adsorpsi molekul zat terlarut dari larutan oleh permukaan padatan biasanya hanya membentuk monolayer. Pembentukan multilayer pada adsorpsi semacam ini sangat jarang ditemukan. Adsorben polar cenderung mengadsorpsi adsorbat polar secara kuat, dan mengadsorpsi adsorbat non polar secara lemah. Sebaliknya, adsorben non polar cenderung untuk mengadsorpsi secara kuat adsorbat non polar dan mengadsorpsi adsorbat polar secara lemah (Bird 1993).

Isoterm Adsorpsi.

Adsorpsi sering dirangkaikan dengan istilah isoterm, yang menunjukkan hubungan antara aktivitas (konsentrasi) fase cair dari adsorbat dan jumlah adsorbat pada suhu konstan. Isoterm menggambarkan kesetimbangan yang tercapai setelah permukaan adsorben mengadakan kontak dengan adsorbat dia jangka waktu tertentu dan suhu tetap.

Isoterm adsorpsi Freundlich.

Isoterm adsorpsi Freundlich sering digunakan dalam pembahasan adsorpsi dari larutan cair (Atkins)1994. Isoterm adsorpsi freundlich menggambarkan hubungan antar logaritmik dari sejumlah komponen yang teradsorpsi per unit adsorben dengan konsentrasi komponen

tersebut pada kesetimbangan suhu konstan. Freundlich memformulasikan persamaan isotermnya sebagai berikut :

$$\frac{X}{M} = k c^{1/n} \quad (1)$$

X adalah jumlah zat terlarut yang diadsorpsi padatan bermassa M, c konsentrasi larutan pada kesetimbangan dan n, k adalah konstanta (Bird 1993). Besarnya nilai n adalah kurang dari satu. Persamaan di atas dapat juga ditulis dalam bentuk:

$$\text{Log}(X / M) = 1/n \log c + \log k \quad (2)$$

k konstanta n dan k menunjukkan ikatan antara adsorben dan adsorbat. Isoterm adsorpsi digunakan untuk menjelaskan hubungan zat warna yang teradsorpsi pada adsorben dengan konsentrasi dari molekul air limbah bebas dalam larutan. Isoterm adsorpsi juga dapat menjelaskan kapasitas adsorpsi, yaitu seberapa besar adsorben mampu menyerap besi (II) divalen metal.

METODELOGI

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa *beaker glass*, gelas ukur, *magnetik stirrer*, *furnace*, timbangan analitik dan perlengkapan alat absorpsi. Bahan yang digunakan kayu kelor, tetanium tetra isopropoksida (TTIP), asam asetat dan Fe_2Cl_3

Prosedur Penelitian

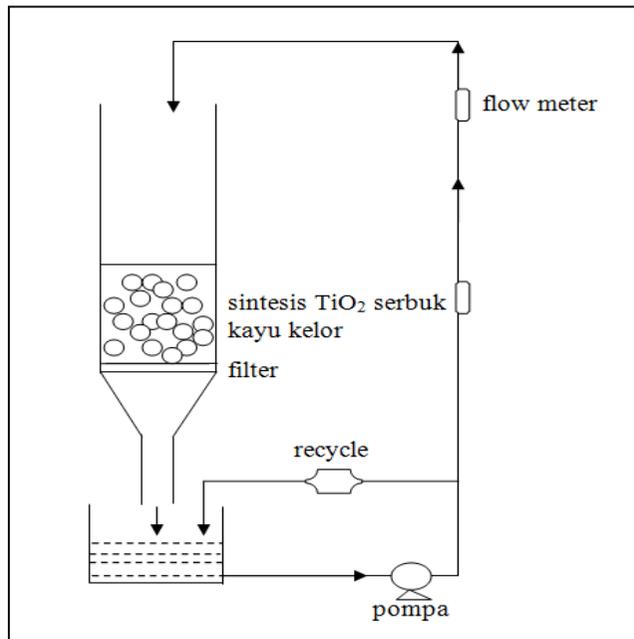
1. Sintesis fotokatalis sol Tetanium Tetra Isopropoksida (TTIP)

5 ml tetanium tetra isopropoksida (TTIP) ditambahkan 100 ml asam asetat (CH_3COOH) 10% diaduk dengan stirrer selama 24 jam pada temperatur kamar, sehingga terbentuk sol TTIP, kemudian di aging sol TTIP selama 7 hari, sampai membentuk kristal TiO_2 . 2,4 g TiO_2 disuspensikan ke dalam 5 mL akua DM. Suspensi disonikasi selama 30 menit. Selanjutnya diuapkan hingga bebas air dan dikalsinasi pada suhu 500°C selama 2 jam, kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk.
2. Preparasi biji kelor

5 gram kayu kelor yang sudah tua dihaluskan, kemudian ditambahkan 1 % asam asetat (CH_3COOH) 1%, kemudian diaduk dengan stirrer selama 24 jam pada temperatur kamar, sehingga terbentuk larutan serbuk kayu kelor.
3. Sintesis komposit TiO_2 serbuk kayu kelor

50 ml larutan serbuk biji kelor ditambahkan 100 gram sol TTIP kemudian diaduk dengan stirrer selama 24 jam pada temperatur kamar. Suspensi disonikasi selama 30 menit. Selanjutnya diuapkan hingga bebas air dan dikalsinasi pada suhu 500°C selama 2 jam, kemudian dihaluskan hingga berbentuk komposit TiO_2 serbuk kayu kelor
4. Uji aktivitas komposit TiO_2 serbuk kayu kelor
 - Sintesis komposit TiO_2 serbuk kayu kelor, dimasukkan kedalam kolom adsorpsi dengan variasi tinggi level tertentu (10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm)

- Masukkan contoh sampel larutan FeCl_2 dengan variasi konsentrasi (2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, 10 ppm) kedalam penampung A.
- Lakukan pengisapan contoh dengan laju alir 5 liter/menit dari penampung A untuk disirkulasikan dan dialirkan secara kontinyu kedalam kolom adsorpsi dengan variasi waktu 15 menit, 25 menit dan 35 menit. Setiap variasi waktu dilakukan pengambilan contoh sampel
- Lakukan pengujian sampel



Gambar 1. Rangkaian alat pengolahan limbah (Surest,2000)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan dengan adsorpsi menggunakan sintesis TiO_2 serbuk kayu kelor diperoleh data-data mengenai pengukuran data analisa konsentrasi sample dan data perhitungan persen adsorbansi.

Hasil Aktivitas Komposit TiO_2 Serbuk Kayu Kalor

Hasil pengamatan aktivitas komposit TiO_2 serbuk kayu kelor terhadap larutan FeCl_2 dengan proses variasi konsentrasi, variasi level dan perbedaan waktu kontak, maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil pengamatan sampel FeCl₂ 3 ppm dan persen adsorbansi

No	Tinggi level (cm)	Konsentrasi FeCl ₂ (ppm)					
		15 menit	%	25 menit	%	35 menit	%
1	10	0.98	67.3	0.87	71	0.56	81.3
2	20	0.76	74.6	0.61	79.6	0.34	88.6
3	30	0.65	78.3	0.42	0.86	0.12	0.96
4	40	0.53	82.3	0.31	89.6	0.04	98.6
5	50	0.12	96	0.12	96	0.0012	99.9

Tabel 2. Hasil pengamatan sampel FeCl₂ 5 ppm dan persen adsorbansi

No	Tinggi level (cm)	Konsentrasi FeCl ₂ (ppm)					
		15 menit	%	25 menit	%	35 menit	%
1	10	3.21	59.6	3.04	39.2	2.97	40.6
2	20	2.23	5.54	2.14	57.2	2.01	59.8
3	30	1.76	64.8	1.54	69.2	1.24	75.2
4	40	0.42	91.6	0.34	93.2	0.23	95.4
5	50	0.056	98.88	0.035	99.3	0.013	99.7

Tabel 3. Hasil pengamatan sampel FeCl₂ 7 ppm dan persen adsorbansi

No	Tinggi level (cm)	Konsentrasi FeCl ₂ (ppm)					
		15 menit	%	25 menit	%	35 menit	%
1	10	5.32	24	5.11	27	4.56	34.9
2	20	3.56	49.1	3.23	53.8	3.12	55.4
3	30	2.38	66	1.99	71.6	1.34	80.9
4	40	1.17	83.3	0.86	87.8	0.97	86.1
5	50	0.98	86	0.094	98.7	0.034	99.5

Tabel 4. Hasil pengamatan sampel FeCl₂ 9 ppm dan persen adsorbansi

No	Tinggi level (cm)	Konsentrasi FeCl ₂ (ppm)					
		15 menit	%	25 menit	%	35 menit	%
1	10	7.89	12.3	7.60	15.6	5.97	33.7
2	20	6.38	29.1	6.23	30.8	4.09	54.55
3	30	4.98	44.7	4.43	50.8	3.21	64.3
4	40	2.78	69.1	2.13	76.3	1.98	78
5	50	1.89	79	1,34	85.1	0.84	90.7

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, ternyata aplikasi konsentrasi FeCl_2 (3 ppm, 5 ppm, 7 ppm dan 9 ppm), waktu kontak (15 menit, 25 menit dan 35 menit) dan tinggi level (10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm) berpengaruh terhadap penyerapan FeCl_2 dari air. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak dan tinggi level yang diaplikasikan, semakin besar pula luas permukaan sintesis TiO_2 serbuk kayu kelor dalam menyerap konsentrasi FeCl_2 dari air, sehingga penurunan konsentrasi FeCl_2 pada air akan berubah seiring dengan lama waktu kontak dan tinggi yang diaplikasikan.

Penyerapan FeCl_2 tertinggi pada level 50 dengan waktu kontak 35 menit pada konsentrasi FeCl_2 tertinggi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan Liongs, 2014, menunjukkan bahwa berkurangnya konsentrasi FeCl_2 setelah lama waktu kontak, disebabkan oleh berinteraksinya FeCl_2 dengan protein pada sintesis TiO_2 serbuk kayu kelor. Hal ini karena serbuk kayu kelor memiliki gugus fungsi karboksil ($-\text{COOH}$) dan gugus alkil (R-) yang bermuatan negatif. Gugus tersebut akan berinteraksi dengan FeCl_2 yang bermuatan positif, sehingga terjadi gaya tarik menarik dan membentuk flok yang mengendap seiring lamanya waktu kontak. Efektifitas penyerapan oleh sintesis TiO_2 serbuk kayu kelor oleh kandungan protein kationik yang mengandung zat aktif 4 alfa-4-rhamon-siloxy-benzil-isothioocyanate. Zat ini mampu menyerap mengkoagulasi dengan mekanisme adsorpsi dan netralisasi muatan negatif dari serbuk kayu kelor yang akan menarik FeCl_2 yang bermuatan positif dalam air (Nand *et al*, 2012).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Savitri dan Yulianti (2012), bahwa gugus aktif biji kelor kaya akan gugus karbonil dan isothiosianat. Gugus karbonil dan isothiosianat dikenal sebagai ligan kuat, yaitu gugus yang sangat aktif terhadap ion-ion logam yang bersifat elektrofil. Gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dengan ikatan rangkap dan sepasang elektron pada atom O berperan aktif mendonorkan elektronnya pada ion-ion logam. Gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dengan ikatan rangkap dan sepasang elektron bebas pada atom O berperan aktif mendonorkan elektronnya pada ion-ion logam. Demikian pula halnya gugus isothiosianat ($-\text{S}=\text{C}=\text{N}$) dengan 2 ikatan rangkap dan sepasang elektron bebas pada atom N berperan aktif pula mendonorkan elektronnya pada ion-ion logam.

Gugus $\text{C}=\text{O}$ karbonil dan isothiosianate (SCN^-) yang terkandung dalam gugus aktif serbuk biji kelor digolongkan sebagai basa lunak sementara menurut teori HSAB (Hard Soft Acid-Base) bahwa logam Besi dikategorikan sebagai asam lunak. Hal ini dikarenakan bahwa Besi yang bersifat asam lunak dapat membentuk ikatan yang stabil melalui proses koagulasi antara gugus $\text{C}=\text{O}$ karbonil dan isothiosianate (SCN^-) digolongkan sebagai basa lunak.

Berdasarkan Tabel 1, 2.3 dan 4, terlihat lama waktu kontak yang paling efektif dalam penyerapan FeCl_2 dari air yaitu 35 menit. Hal ini sesuai hasil penelitian yang dilakukan bahwa secara umum adsorpsi ion FeCl_2 oleh adsorben akan dipengaruhi oleh lama waktu interaksinya, semakin lama waktu interaksi, maka jumlah FeCl_2 yang teradsorpsi juga semakin banyak.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sintesis TiO_2 serbuk kayu kelor dapat digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi untuk penyerapan larutan FeCl_2 . Semakin

tinggi level adsorben dan semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, adsorbansi semakin tinggi. Penyerapan konsentrasi tertinggi pada tinggi level 50 dengan waktu kontak 35 menit untuk setiap variasi konsentrasi

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins PW. 1994. *Physical Chemistry*. Ed ke-5. England: Oxford Univ Pr.
- Bird T. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas* Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Couillard, D and Zhu, S, 1992, *Bacterial Leaching of Heavy Metals from Sewage Sludge for Agricultural Application*. Water, Air, and Soil Pollution, vol.63, p.67-80
- Chong.M.N,Cho.Y.J,Poh.P.E,Jin.B.2014. *Evaluation of Titanium Dioxide Photocatalytic Technology for The Treatment of Reactive Black 5 Dye in Synthetic and Real Grey Water Effluents*. Journal of Cleaner Production 89.
- F. Fu, Q. Wang, *Removal of Heavy Metal Ions from Wastewaters: A review*. Journal of Environmental Management, 92, 2011, 407-418.
- Lynch CT. 1990. *Practical Handbook of Material Science*. Ed ke-2. New York: CRC Pr.
- Lu.C.H.,Wu.W.H.,Kale.R.B.2008.*Microemulsion-Mediated Hydrothermal Synthesis of Photocatalytic TiO₂ Powders*.J.Hazard.Mat 154
- Mustapha Hassan Bichi.2013. *A Review of The Applications of Moringa oleifera Seeds Extract in Water Treatment*. Civil and Environmental Research. ISSN 2224-5790 (Paper) ISSN 2225-0514 (Online).Vol.3, No.8, 2013
- Nand, V., M. Maata, K. Koshy, and S. Sotheeswaran, 2012. *Water Purification Using Moringa Oleifera and Other Locally Available Seeds in Fiji for Heavy Metal Removal*. Faculty of Science and Technology. The University of the South Pacific Suva, Fiji. International Journal of Applied Science and Technology (2) 5. P. 4.
- Nugeraha, Sri Sumiyati, Ganjar Samudro. 2010. *Pengolahan Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara Menggunakan Biokoagulan*. Jurnal Presipitasi Vol. 7 No.2 September 2010, ISSN 1907-187X. p57-61.
- Progress on Drinking Water and Sanitation*. 2014 Update. Available online: http://www.unicef.org/publications/files/JMP_report_2014_webEng.pdf (Diakses 12 Agustus 2014).
- Satake M, Nagahiro T. 1990. *Modern Dictionary Physical Chemistry*. New Delhi: Discovering.
- Savitri, E.S. dan E. Yulianti. 2012. *Pemanfaatan Biji Kelor Moringa oleifera lamk. sebagai Bioflokulan Logam Berat Hg, Pb dan Cr pada Limbah Cair Industri Keramik Dinoyo Malang*. Universitas Islam Negeri Malang, Malang. Hal. 14-15.
- Surest Azhary. 2000. *Adsorpsi Besi (II) Divalen Metal Ion pada Karbon Aktif dari Kayu Gelam*. Program Studi Teknik Kimia Universitas Sriwijaya
- Sudarsan, J.S.Prasanna, G.Baskar, Radhika Babu George.G. 2015. *Role of Titanium Oxide Nanoparticle on Heavy Metal Reduction in Electroplating Waste Water Treatment*.

International Conference on Nanoscience and Nanotechnology-2015 SRM University,
Chennai, India

- Sutanto, T. D., M. Adfa, dan N. Tarigan, 2007. *Buah Kelor (Moringa oleifera lamk.) Tanaman Ajaib yang Dapat Digunakan untuk Mengurangi Kadar Ion Logam dalam Air*. Universitas Bengkulu, Indonesia. Jurnal Gradien (3) 1. Hal.1.
- Syarifuddin Liong,Umar Ruslan. 2014. *Efektifitas Serbuk Biji Kelor Moringa oleifera lamk dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) pada Air*. Jurnal Alam dan Lingkungan, Vol.5 (8)
- Yusrin, Ana Hidayati Mukaromah, Endang Tri Wahyuni. 2015. *Penurunan Kadar Fe dalam Air dengan Biji Kelor (Moringa oleifera)*. University Research Coloquium. ISSN 2407-9189