

KESETIMBANGAN ADSORPSI ISOTERMIS LOGAM FE (II) PADA ARANG TONGKOL JAGUNG

Saripah Sobah¹⁾, Adam²⁾, Joko Triyatno³⁾, dan Yano Hurung Anoi³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang, Jl Brigjend Katamso No. 40, Bontang

²⁾PT. Ecolab Internasional, Jl. Sultan Iskandar Muda Kav.V-TA Pondok Indah, Jakarta Selatan.

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang, Jl Brigjend Katamso No. 40, Bontang

Email: sobahbtg@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the optimum absorption time of corn cob charcoal in absorbing Fe (II) ions, and the effect of pH of the solution on Fe concentration was absorbed in batch isothermic conditions using the Langmuir equation. The study was carried out under atmospheric conditions, temperature 27°C. A total of 0.6 g of char is added to 50 ml of Fe solution with various concentrations and then stirred using a magnetic stirrer at a speed of 150 rpm. Equilibrium data is taken after the process last for 24 hours, while to determine the contact time is selected at 5, 10, 15, 20, and 25 minutes. The optimum absorption time of corn cob charcoal in absorbing Fe (II) ions is 20 minutes. The amount of Fe absorbed increases with increasing pH.

Keywords: adsorption isothermal, corn cob charcoal, Fe metal.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah tongkol jagung masih sangat terbatas, umumnya hanya dimanfaatkan sebagai bahan makanan ternak atau sebagai bahan bakar. Tongkol jagung merupakan bagian terbesar dari limbah jagung yaitu sekitar 40-50% dari berat jagung. Tongkol jagung sebagian besar tersusun atas lignoselulosa yang terdiri atas lignin, selulosa, dan hemiselulosa serta senyawa lain yang umum terdapat pada tumbuhan. Senyawa-senyawa tersebut memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi sehingga berpotensi untuk diolah menjadi karbon aktif (Lorenz & Kulp, 1991).

Salah satu pemanfaatan karbon aktif adalah sebagai adsorben. Penelitian adsorpsi menggunakan limbah tongkol jagung juga pernah dilakukan oleh Haryanto dkk (2016). Pada Penelitian tersebut disimpulkan bahwa adsorpsi ion Cd^{2+} menggunakan karbon aktif dari tongkol jagung menunjukkan laju adsorpsi yang signifikan pada 10 menit pertama pada proses adsorpsi. Setelah itu, laju adsorpsi melemah secara drastis dan cenderung konstan/setimbang. Kapasitas adsorpsi tertinggi terjadi pada ukuran 70 mesh dengan persen adsorpsi

75-80%, dengan kecepatan pengadukan 250 rpm. Pada keadaan setimbang dengan waktu kontak 24 jam, Cd^{2+} yang teradsorpsi adalah 4,43 mg/g atau sekitar 88,51.

Pada Penelitian ini karbon aktif dari tongkol jagung digunakan untuk mengadsorpsi logam Fe^{2+} . Besi (Fe) merupakan logam berat yang banyak digunakan pada industri seperti elektroplating, baja maupun sebagai logam pendukung dalam berbagai industri. Fe juga ditemukan sebagai kontaminan pada industri pertambangan, pengolahan air bersih, pemukiman, dan limbah.

Fe yang ada di dalam tanah akan diserap oleh akar tanaman dalam bentuk ion Fe^{3+} dan ion Fe^{2+} , dan dalam senyawa khelat (Sembiring dkk, 2015). Fe di dalam tanah dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Mengonsumsi Fe dalam dosis di atas ambang batas dapat menyebabkan toksisitas yang dapat menyebabkan kerusakan hati dan gagal ginjal (Widowati, 2008)

Kadar Fe di dalam air perlu diturunkan karena dampak yang ditimbulkan akibat keracunan logam ini cukup berbahaya. Berdasarkan Permenkes

Republik Indonesia No 492 tahun 2010, tentang persyaratan air minum, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Fe adalah 0,3 mg/l. Pada baku mutu air limbah kadar maksimum Fe adalah 5 mg/ L (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 09 tahun 2006).

Penyisihan Fe bisa dilakukan dengan proses adsorpsi, pertukaran ion, teknologi membran dan presipitasi. Adsorpsi merupakan salah satu proses pengolahan air yang efektif dan sering digunakan untuk menghilangkan logam berat (Kandik, 2013). Para ahli menyatakan bahwa karbon aktif dapat mengadsorpsi ion-ion logam di dalam larutan (Banat dan Kandik, 2015)

Adsorpsi adalah akumulasi suatu zat pada bidang batas dua fase yang dapat berupa kombinasi cair-cair, padat-cair, gas-cair, dan gas-padat. Fase penjerap disebut adsorban dan zat yang dijerap disebut adsorbat. (Noll dan Kandik, 1992).

Luas permukaan padatan tiap satuan berat padatan memiliki peranan yang sangat penting dalam berbagai proses adsorpsi oleh padatan secara umum. Permukaan padatan dalam hal ini tidak hanya permukaan luarnya saja melainkan juga pori-pori bagian dalam padatan. Pori-pori ini berukuran sangat kecil, namun menyediakan permukaan yang sangat luas bagi berlangsungnya proses adsorpsi. (Treybal, 1955)

Adsorpsi padatan telah banyak diterapkan dalam berbagai permasalahan lingkungan. Ini disebabkan karena kemampuannya dalam menghilangkan polutan dari suatu aliran cairan maupun gas, tingginya tingkat kemurnian yang dapat diperoleh membuat proses ini sering digunakan pada bagian akhir suatu pengolahan di dalam industri. (Noll dan Kandik, 1992). Adsorpsi secara umum dapat dibagi menjadi dua yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia (Treybal, 1955)

Model kesetimbangan adsorpsi yang digunakan untuk mempresentasikan data percobaan adsorpsi isoterm yang biasa digunakan adalah persamaan Langmuir yaitu:

$$q = \frac{q_{max} bC}{1 + bC} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

q = jumlah senyawa i terserap tiap satuan berat zeolit.

q_{max} = konstanta yang menyatakan jumlah luas permukaan adsorpsi yang telah tertentu dan tidak tergantung pada temperatur.

b = konstanta kesetimbangan untuk senyawa i

C = konsentrasi setimbang i dalam fase larutan (Al Duri, 1995)

Cara regresi linear digunakan untuk menentukan tetapan persamaan tersebut yaitu:

$$\frac{1}{Qe_i} = \frac{1}{q_i^o b_i} \cdot \frac{1}{C_i} + \frac{1}{q_i^o} \dots\dots\dots (2)$$

Apabila :

$$y = \frac{1}{Qe_i} ; x = \frac{1}{C_i} ; A = \frac{1}{q_i^o b_i} ; B = \frac{1}{q_i^o}$$

maka :

$$y = Ax + B$$

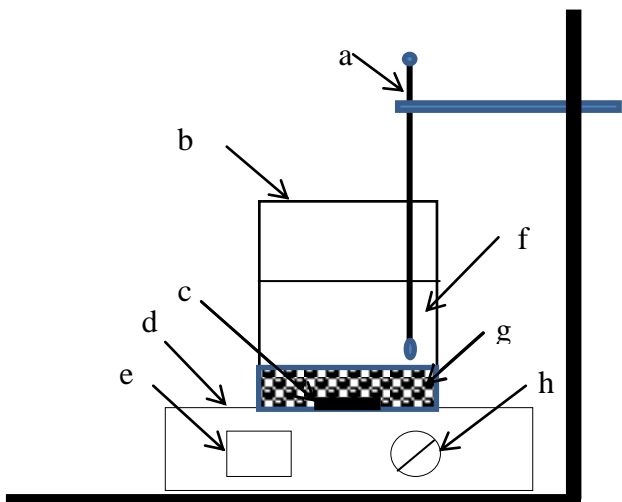
METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel air reagent logam Fe dari Nalco dan arang tongkol jagung, Natrium karbonat untuk mengaktifkan arang tongkol jagung, bahan pembuat buffer terdiri dari Natrium fosfat Monobasis dengan berat molekul 138,01 g/gmol, Natrium fosfat dibasis dengan berat molekul 177,9 g/gmol, Asam Borat dengan berat molekul 61,84 g/gmol, dan boraks dengan berat molekul 381,43 g/gmol.

Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan rangkaian alat adsorpsi dan kolorimeter.



Gambar 1. Rangkaian Alat Adsorpsi ion Fe dengan arang dari Tongkol Jagung

Keterangan gambar:

- a. Termometer
- b. Gelas beaker 50ml
- c. Stirer
- d. Magnetik Stirer
- e. Pengatur suhu
- f. larutan
- g. Arang
- h. Pengatur putaran

Prosedur Penelitian

Arang tongkol jagung yang akan digunakan sebagai adsorben diayak terlebih dahulu untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan yaitu 100 mesh, dan 10-12 mesh. Arang tongkol jagung yang sudah sesuai ukurannya dicuci dengan air suling dan larutan Natrium Karbonat kemudian dikeringkan pada temperatur 110°C selama 6 jam.

Waktu kontak ditentukan dengan membuat larutan standar Fe dengan konsentrasi 40 mg/L sebanyak 100 mL. sebanyak 0,6 gr arang ditambahkan ke dalam 50 mL larutan Fe lalu diaduk dengan menggunakan magnetik stirer pada kecepatan 150 rpm, masing-masing selama 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit pada suhu 27°C.

Variasi pH yang digunakan adalah 6, 8, 9 dan 10 dengan massa arang 0,6 gr, 100 mL larutan Fe dengan variasi konsentrasi pada suhu kamar selama 24 jam pada suhu 27°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Waktu Kontak

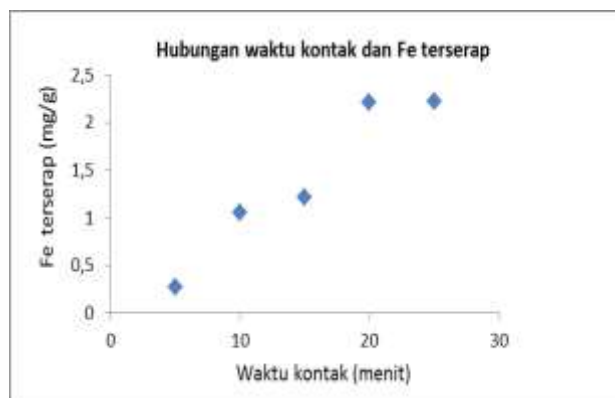
Waktu kontak optimum penyerapan kondisi suhu 27°C, berat arang 0,6 gram, kecepatan pengadukan 150 rpm, dan volume larutan Fe 100 mL, disajikan pada Tabel 1 dan gambar 2.

Tabel 1. Hubungan antara waktu kontak dan jumlah Fe yang terserap (T= 27°C, m=0,6 gram, v=100 mL, kecepatan pengadukan 150 rpm, pH=10)

| Waktu (menit) | Konsentrasi Fe (mg/L) | | Fe Terserap (mg/l) | Fe terserap tiap satuan berat, qt (mg/g) |
|---------------|-----------------------|---------|--------------------|--|
| | Awal | Akhir | | |
| 5 | 41,8700 | 41,6000 | 0,27 | 0,4500 |
| 10 | 42,3700 | 41,3200 | 1,05 | 1,7500 |
| 15 | 43,6200 | 42,4100 | 1,21 | 2,0167 |
| 20 | 42,4500 | 40,2400 | 2,21 | 3,6833 |
| 25 | 42,5400 | 40,3200 | 2,22 | 3,7000 |

Tabel 1 menunjukkan jumlah Fe yang terserap meningkat dari menit ke 5 sampai menit ke 20, kemudian melambat pada menit ke 25 sehingga dapat disimpulkan bahwa pada menit ke 25 telah tercapai kesetimbangan. Pada tahap awal laju penyerapan Fe besar kemudian perlahan-lahan kapasitas adsorben menurun karena mengalami kejenuhan sampai adsorben tidak dapat lagi mengadsorpsi (Syauqiyah dkk, 2011)

Adsorpsi Langmuir berasumsi bahwa pada permukaan adsorben terdapat sisi aktif yang sebanding dengan luas adsorben. Pada keadaan sisi aktif belum jenuh dengan adsorbat maka peningkatan konsentrasi adsorbat yang dipaparkan akan meningkat secara linear dengan jumlah adsorbat yang teradsorpsi (Oscik, 1982).



Gambar 2. Hubungan antara waktu kontak dengan Fe yang terserap

Pada penelitian ini terlihat adsorben masih menunjukkan kemampuannya menyerap ion Fe hingga menit ke-20. Hal ini menunjukkan bahwa sisi aktif belum jenuh hingga menit ke 20. Pada rentang waktu kontak 20-25 menit, bertambahnya waktu kontak tidak diikuti dengan bertambahnya jumlah Fe terserap secara signifikan, artinya sisi aktif adsorben sudah mulai jenuh.

Penelitian ini menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Mandasari dan Purnomo, 2016 dengan judul Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa waktu optimum penyerapan ion Fe adalah 15 menit dengan jumlah ion Fe terserap sebesar 0,179 mg/g

adsorban. kapasitas penyerapan terus menurun hingga menit ke 45.

Pengaruh pH terhadap Jumlah Fe Terserap

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi Fe terlihat pada Tabel 2 dan gambar 3. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin tinggi pH maka semakin besar ion Fe yang teradsorpsi.

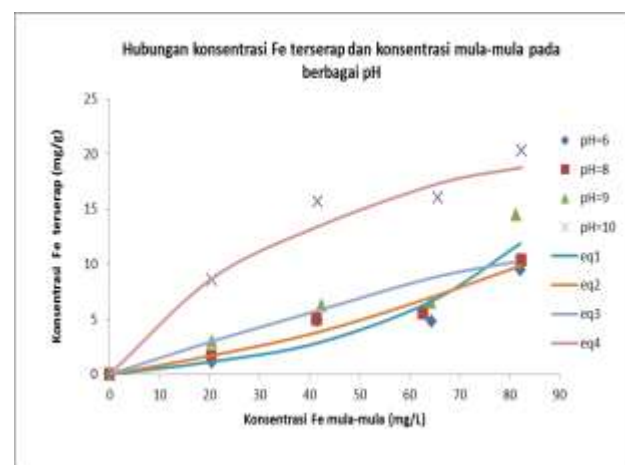
Pada pH asam yaitu pH 6, jumlah ion Fe^{2+} yang teradsorpsi kecil. Hal ini disebabkan karena pada kondisi asam jumlah ion H^+ meningkat sehingga akan terjadi tolak menolak antara permukaan adsorben dengan ion logam. Peristiwa tersebut menyebabkan proses adsorpsi menjadi rendah (Nurhasni, dkk., 2012).

Tabel 2. Pengaruh pH terhadap jumlah Fe yang terserap ($T= 27^{\circ}C$, $m=0,6$ gram, $v=100$ mL, kecepatan pengadukan 150 rpm)

| pH | Konsentrasi Fe (mg/L) | | Massa Fe terserap mg/L | Massa Fe terserap tiap satuan berat (mg/g) | fenol terserap tiap satuan berat zeolit, mg/g dengan Pers. Langmuir |
|----|-----------------------|---------|------------------------|--|---|
| | Awal | Akhir | | | |
| 6 | 20,5200 | 19,8600 | 0,6600 | 1,1000 | 1,1533 |
| 6 | 41,6300 | 38,7200 | 2,9100 | 4,8500 | 2,8490 |
| 6 | 64,4200 | 61,5400 | 2,8800 | 4,8000 | 6,6409 |
| 6 | 82,1400 | 76,4500 | 5,6900 | 9,4833 | 11,8682 |
| 8 | 20,3500 | 19,3600 | 0,9900 | 1,6500 | 1,6956 |
| 8 | 41,4200 | 38,4000 | 3,0200 | 5,0333 | 3,7870 |
| 8 | 62,6500 | 59,3000 | 3,3500 | 5,5833 | 6,7430 |
| 8 | 82,2500 | 76,0300 | 6,2200 | 10,3667 | 9,8519 |
| 9 | 20,4900 | 18,7000 | 1,7900 | 2,9833 | 2,9869 |
| 9 | 42,3700 | 38,6200 | 3,7500 | 6,2500 | 5,8772 |
| 9 | 64,3200 | 60,4000 | 3,9200 | 6,5333 | 8,7403 |
| 9 | 81,2500 | 72,5500 | 8,7000 | 14,5000 | 10,2185 |
| 10 | 20,5200 | 15,400 | 5,1200 | 8,5333 | 8,6978 |
| 10 | 41,6200 | 32,200 | 9,4200 | 15,7000 | 13,3975 |
| 10 | 65,700 | 56,1000 | 9,6000 | 16,0000 | 17,2896 |
| 10 | 82,400 | 70,2200 | 12,1800 | 20,3000 | 18,7666 |

Adsorpsi ion Fe^{2+} mengalami peningkatan pada pH 9 hingga 10. Hal ini dikarenakan berkurangnya kompetisi diantara proton (H) dan ion logam bermuatan positif (Fe^{2+}) di permukaan karbon aktif yang menghasilkan tolakan rendah terhadap ion Fe^{2+} , sehingga ion logam dapat dengan mudah terjepit dalam karbon aktif (Kobyia dkk, 2005)

Meningkatnya adsorpsi ion Fe pada kondisi basa juga disebabkan karena ion hidroksida dapat menurunkan konsentrasi ion logam berat. Menurut Ayres (1994) hal ini disebabkan karena ion logam berat akan bereaksi dengan ion hidroksida sehingga membentuk padatan logam hidroksida.



Gambar 3. Hubungan pH dan konsentrasi Fe terserap pada berbagai konsentrasi dengan menggunakan persamaan Langmuir.

Penelitian adsorpsi Isotermis ion Fe pada karbon aktif juga dilakukan oleh Das dkk, 2020 yang menunjukkan bahwa persamaan Langmuir dapat mewakili proses adsorpsi tersebut dengan nilai R^2 sebesar 0,99 dengan jumlah Fe^{2+} yang diserap 14,38%.

Penelitian tentang penurunan kadar Fe dan Mn menggunakan serbuk gergaji yang dilakukan oleh Mandasari dan Purnomo juga menunjukkan bahwa adsorpsi Isotermis dapat ditentukan dengan model persamaan Langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,917 dengan kapasitas adsorpsi 0,182 mg Fe/g adsorban dengan efiseinsi removal sebesar 22,13%.

Penelitian Penyerapan Ion Fe pada tanah yang dilakukan oleh Apriyanti dkk menunjukkan

model nilai R² untuk persamaan Freunlich dan Langmuir masing-masing sebesar 0,951 dan 0,730.

Pada penelitian ini digunakan model persamaan Langmuir dengan Ralat rata-rata maksimal 27,4% dan minimal 8,05%. dengan penyerapan optimum pada pH 10 yaitu 20,3 mg Fe/g adsorban pada kondisi suhu 27°C dengan kecepatan pengadukan 150 rpm.

Tabel 3. Persamaan Isoterm pada pengaruh pH (T=27°C, t=24 jam, kecepatan pengadukan=150 rpm, v=100 mL, massa arang 0,6 gram)

| No | pH | Tetapan Persamaan Isoterm | | Ralat rata-rata, % |
|----|----|---------------------------|----------------------|--------------------|
| | | <i>b₁</i> | <i>q₁</i> | |
| 1 | 6 | -4,9109 | -0,0096 | 27,40 |
| 2 | 8 | -12,8055 | -0,0060 | 13,31 |
| 3 | 9 | 64,1743 | 0,0026 | 17,35 |
| 4 | 10 | 30,7683 | 1,0000 | 8,05 |

KESIMPULAN

1. Waktu Penyerapan optimum arang tongkol jagung dalam menyerap logam Fe adalah 20 menit.
2. Semakin besar pH larutan maka semakin banyak pula logam Fe yang terserap.
3. Pada kondisi temperatur 27°C, waktu 24 jam, kecepatan pengadukan=150 rpm, volume larutan 100 mL, massa arang 0,6 gram, data percobaan dapat diwakili dengan persamaan Langmuir yaitu:

$$q = \frac{q_{max} bC}{1 + bC}$$

Dengan harga konstanta masing-masing sebagaimana tersaji pada tabel 3

4. Arang tongkol jagung dapat digunakan sebagai adsorban untuk menyerap ion Fe terlarut pada limbah cair maupun pada air baku.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Duri, B., 1995, A Review in Equilibrium in Single and Multicomponent Liquid Adsorption System, Review in Chemical Engineering, 11, p.p.101-143

Apriyanti H., Chandra IN., Elvinawati, Karakteristik Isoterm Adsorpsi dari ion Logam Besi (Fe) pada Tanah di Kota Bengkulu, Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia ALOTROP, 2018, 2(1): 14-19.

Ayres DM, Davis AP, Gietka PM. Removing heavy metals from wastewater. Engineering Research Center Report, University of Maryland, 1994.

Das S., Mishra S., Isotherm Modelling, Kinetic and Thermodynamic Exploration of Iron adsorption from Aqueous Media by Activated Carbon Developed from Limonia Acidissima Shell, Material Chemistry and Physics Journal, Vol. 245 (2020).

Haryanto, B., Panjaitan, F., Haloho, H., Rawa,R., Ridho, M., 2016, Kajian Kemampuan Adsorpsi Batang Jagung (Zea mays.) terhadap Ion Logam (Cd²⁺), Jurnal Teknologi Pertanian Andalas Vol. 20, No.1 Maret 2016. ISSN 1410-1920.

Kan, C., Aganon, M., Futralan, C., and Dalida, M., “Adsorption of Mn from Aqueous Solution Using Fe and Mn Oxide-coated Sand,” Journal of Environmental Sciences, Vol. 25, No. 7 (2013) 1483-1491.

Karim MA., Juniar H., Ambarsari MFP., Adsorpsi Ion Logam Fe dalam Limbah Tekstil Sintesis dengan Menggunakan Metode Batch, Jurnal Distilasi Vol. 2 No. 2 (2017) hal 68-81.

Koby M., Demirbas E., Senturk E. and Ince M. (2005) Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by activated carbon prepared from apricot stone. Bioresour. Technol. 96, 1518–1521.

Lorenz KJ, Kulp K. 1991. Handbook of Cereal Science and Technology. New York: Marcel Dekker.

Mandasari I., Purnomo A., 2016, Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No 1, (2016) Noll,K.E., Gaurnaris,V. and Hou, W.S.1992. Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control. pp.1-8. Lewish Publisher Inc. Michigan.

Nurhasni., Firdiyono, F., dan Sya'ban Q., 2012,
Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam
Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon
Aktif, Valensi, 2 : 516-525.

Oscik, J. (1982) Adsorption, Ellis Harwood,
Limited, England.

Syauqiah, Isna., Amalia., Mayang., Kartini, A.,
Hetty. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan
Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi
Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif.
INFO TEKNIK, Vol 12, No. 1.

Treybal, R.E., 1981, Mass Transfer Operatio, 3ed.,
pp. 565-567, McGraw-Hill, Inc., Kogakusha
Ltd., Tokyo.