

Studi Kinetika dan Adsorpsi Zat Warna Kation (Metilen Biru) dan Anion (Metil Orange) pada Magnetit Terlapis Asam Humat

Adsorption and Kinetic Studies of Cationic (Methylene Blue) and Anionic (Methyl Orange) Dyes onto Magnetite Coated with Humic Acid

Kustomo^{1*}, Sri Juari Santosa²

¹Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang, Jawa Tengah 50185

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Yogyakarta 55281

*Alamat email: kustomo@walisongo.ac.id

Abstrak - Sintesis magnetit terlapis asam humat (Fe_3O_4 -HA) telah dilakukan untuk adsorpsi dari dua jenis zat warna, yaitu metilen biru (MB) dan metil orange (MO). Penelitian ini diawali dengan ekstraksi asam humat (HA) yang diperoleh dari hasil isolasi tanah gambut Rawa Pening, Ambarawa, Jawa Tengah dan dilanjutkan dengan sintesis Fe_3O_4 -HA menggunakan metode kopresipitasi dengan agen pengendap NH_4OH pada campuran garam $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ dan HA hasil ekstraksi. Fe_3O_4 -HA hasil sintesis kemudian dikarakterisasi dengan spektroskopi FTIR dan difraktogram XRD. Proses adsorpsi dilakukan pada waktu keseimbangan optimum MB dan MO dengan menggunakan kinetika adsorpsi orde satu semu, orde dua semu, dan kinetika Santosa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi MB dan MO oleh Fe_3O_4 -HA mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu dengan nilai konstanta keseimbangan adsorpsi (k) secara berurutan adalah $107304,348 \text{ L mol}^{-1}$ untuk MB, dan $80361,011 \text{ L mol}^{-1}$ untuk MO. Data adsorpsi ini diperoleh pada kondisi pH optimum pada MB dan MO secara berurutan pada pH 7 dan 2, serta tercapai waktu keseimbangan untuk MB dan MO secara berurutan pada 30 dan 15 menit.

Kata kunci: Fe_3O_4 -HA, adsorpsi, MB, MO

Abstract - Synthesis of magnetite coated with humic acid (Fe_3O_4 -HA) has been done to adsorb two different dyes, i.e. methylene blue, MB (cationic dye) and methyl orange, MO (anionic dye). First though, this research start with an extraction of humic acid which was obtained from the isolation of peat soil in Rawa Pening, Ambarawa, the Province of Central Java and continued with the synthesis of Fe_3O_4 -HA by coprecipitation method using NH_4OH as precipitating agent from a mixture of $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ and extracted HA. The result of synthesis Fe_3O_4 -HA have been characterized by spectroscopy FTIR and difractogram XRD. Dyes adsorption process was thoroughly studied from equilibrium points of MB and MO which was tested for the pseudo-first order, pseudo-second order, and Santosa kinetics. The results of this research showed that adsorption MB and MO onto Fe_3O_4 -HA were followed the model of kinetic adsorption pseudo-second with the value of adsorption equilibrium constant (k) is $107,304.348 \text{ L mol}^{-1}$ for adsorption methylene blue (MB) and $80361.011 \text{ L mol}^{-1}$ for adsorption methyl orange (MO). This adsorption data was obtained at the condition of pH maksimum for adsorption MB and MO subsequently at pH 7 and 2, and the equilibrium time for adsorption MB and MO at 30 and 15 minutes, respectively.

Keywords: Fe_3O_4 -HA, adsorption, MB, MO

© 2019 Jurnal Jejaring Matematika dan Sains. This work is licensed under a [CC BY-NC 4.0](#)

Sejarah Artikel

Diterima : 18 Desember 2019

Disetujui : 24 Desember 2019

PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang semakin pesat menimbulkan dampak berupa limbah-limbah industri yang semakin bertambah pula baik volume maupun jenisnya. Industri tekstil merupakan salah satu jenis industri di Indonesia. Zat warna dalam industri tekstil merupakan salah satu bahan baku utama yang memberikan kontribusi besar dalam pencemaran lingkungan, sekitar 10 - 15% dari zat warna yang sudah

digunakan tersebut tidak dapat dipakai ulang dan harus dibuang [1]. Selain itu, zat warna yang telah dibuang sebagai limbah ke lingkungan merupakan pencemar organik yang bersifat *non biodegradable* terhadap lingkungan [2]. Zat warna tekstil umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzena. Diketahui bahwa gugus benzena sangat sulit didegradasi, walaupun dimungkinkan dibutuhkan waktu yang lama. Senyawa azo bila terlalu lama berada di

lingkungan, akan menjadi sumber penyakit karena sifatnya karsinogen dan mutagenik [3].

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi terbaru di bidang nanoteknologi telah memberikan andil dalam pembuatan nanopartikel oksida besi yang memiliki luas permukaan besar dan sifat magnetik material yang memudahkan pemisahan zat warna menjadi lebih efisien dalam waktu singkat dengan menggunakan bantuan medan magnet luar [4,5]. Nanopartikel oksida besi telah menjadi perhatian para peneliti saat ini karena prosedur sintesis yang terlibat lebih sederhana dan dengan biaya modal yang rendah dibandingkan dengan tersedia secara komersial karbon aktif [6]. Fe_3O_4 merupakan salah satu besi oksida yang memiliki sifat magnetik yang besar dan memiliki warna hitam [7]. Fe_3O_4 sebagai salah satu material dengan sifat magnetik yang dimilikinya telah banyak digunakan sebagai media perekam seperti audio dan video tape, kaset perekam dan cairan magnetik (*magnetic fluids*). Dalam dunia medis, Fe_3O_4 banyak digunakan termasuk di antaranya adalah diagnosis medis, sensor, terapi kanker, katalis, *microwave radio frequency hypothermia*, dan *magnetic sensing* [8].

Penelitian senyawa Fe_3O_4 nanopartikel memang telah dikembangkan sebagai adsorben untuk penghilangan logam berat dan limbah zat warna di dalam lingkungan perairan. Akan tetapi, belum banyak yang mengkaji tentang proses modifikasi pelapisan Fe_3O_4 dengan senyawa lain karena Fe_3O_4 sangat mudah teroksidasi oleh udara dan juga mudah membentuk agregat di dalam sistem berair [9]. Oleh karena itu, stabilitas Fe_3O_4 perlu diatasi dengan modifikasi lapisan permukaan Fe_3O_4 dengan bahan pelapis yang sesuai [5,10,11]. Asam humat (HA) yang diekstraksi dari tanah gambut ini diharapkan selain memiliki kemampuan dalam menstabilkan Fe_3O_4 juga memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi terhadap zat warna tersebut [12].

Fokus penelitian ini adalah untuk mempelajari kinetika adsorpsi dari sintesis magnetit terlapisi asam humat (Fe_3O_4 -HA) pada adsorpsi zat warna azo kation (metilen biru) dan anion (metil orange). Uji karakterisasi dilakukan dengan Spektrofotometer Infra merah (FTIR) dan difraktometer sinar-X (XRD) untuk mengetahui keberhasilan sintesis dan pengujian aplikasinya. Dengan diperolehnya informasi dari hasil penelitian ini, diharapkan akan dapat memberikan manfaat dan dilanjutkan penelitian secara berkesinambungan terkait pengolahan limbah perairan (*waste water treatment*) menggunakan material magnetit terlapisi asam humat (Fe_3O_4 -HA).

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *stirer and hot plate* (Nouva), pengaduk magnet, neraca analitik (Mettler Toledo AL204), sentrifugator (K PLC series), lumpang dan mortal agat, pH-meter elektrik (Hanna Instrument 211), oven (Fischer Scientific model

655F), ayakan tepung, ayakan 100 mesh, magnet eksternal dan *shaker* (VRN 200), termometer (Yenako), labu ukur, labu takar, pipet ukur (Pyrex), dan instrumen analisis yang digunakan dalam penelitian ini meliputi spektrofotometer inframerah (Shimadzu FTIR Prestige 21), spektrofotometer AAS (Perkin Elmer 3110), spektrofotometer UV-Vis (Optima SP-300), difraktometer sinar-X (XRD Rigaku JICA Multiflex 2kW), serta alat penunjang berupa alat gelas dan plastik laboratorium.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam humat (HA) yang diekstraksi dari tanah gambut Rawa Pening, Ambarawa, Jawa Tengah. Larutan NaOH, HCl 37%, NH_4OH 25%, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, NaNO_3 , HNO_3 , larutan standar Fe, Hidrat Metilen Biru (BM=355,5), Hidrat Metil Orange (BM=327), indikator pH universal (dibuat oleh E.Merck), aquades (CV. Progo Yogyakarta), $\text{Ba}(\text{OH})_2$, larutan buffer pH 4 dan pH 7 (CV. Chemix Pratama, Yogyakarta), kertas Whatman 42 diameter 90mm (E. Merck) dan gas N_2 (CV. Perkasa)

B. Prosedur Penelitian

Ekstraksi asam humat Tanah gambut dikeringkan pada suhu kamar, kemudian dipisahkan dari ranting dan akar. Tanah digerus dan diayak dengan ayakan tepung dilanjutkan dengan ayakan 100 mesh. Seratus gram tanah gambut 100 mesh ditambahkan 1 liter NaOH 0,1 M dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 30 menit. Campuran didiamkan selama 24 jam pada wadah plastik dan ditutup rapat. Campuran disentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang diperoleh diasamkan dengan HCl 0,1 M hingga pH 1 dan disentrifugasi kembali pada 5000 rpm selama 30 menit. Endapan yang diperoleh diuapkan pada suhu 60°C hingga diperoleh padatan berwarna cokelat. Setelah kering, padatan digerus dengan lumpang dan mortal agat hingga halus lalu dilakukan karakterisasi asam humat dengan FTIR, XRD, dan SEM.

Sintesis magnetit terlapisi asam humat (Fe_3O_4 -HA) Sebanyak 2,78 gram (0,01 mol) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan dalam 100 mL aquades dicampurkan dengan 5,41 gram (0,02 mol) $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang telah dilarutkan dalam 100 mL aquades. Larutan dipanaskan pada 90°C sambil diaduk dan dialiri gas N_2 . Ditambahkan larutan 10 mL NH_4OH (25% v/v) dan 1 gram HA secara cepat dan berurutan. Campuran diaduk pada 90°C selama 30 menit. Pengadukan dihentikan dan campuran didiamkan pada 90°C selama 30 menit. Campuran didinginkan pada suhu kamar, kemudian disaring dan endapan yang diperoleh dicuci dengan 50 mL aquades sebanyak 3 kali (dengan bantuan medan magnet eksternal). Endapan hasil pencucian dipanaskan menggunakan oven pada suhu 60°C, kemudian dikarakterisasi dengan FTIR dan XRD untuk mengetahui keberhasilan dari sintesis Fe_3O_4 -HA.

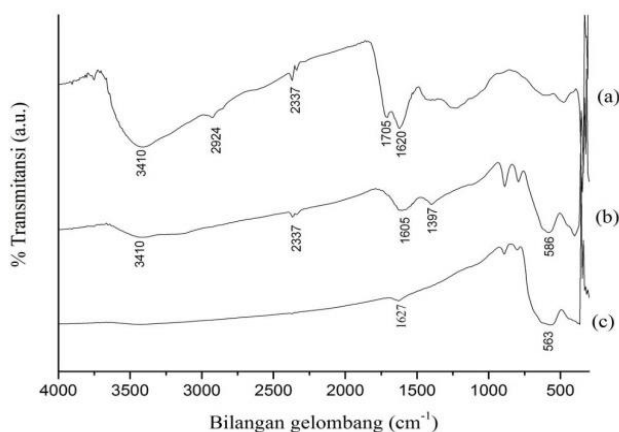
Penentuan kinetika adsorpsi Sebanyak 20 mg Fe_3O_4 -HA dicampurkan dengan 20 mL larutan adsorbat zat warna (MB dan MO), masing-masing dengan konsentrasi yang sama (10 mg L^{-1}) pada pH optimum.

Campuran kemudian digojog dengan variasi waktu 1; 2; 5; 10; 15; 30; 50; 100; 150; 200; 250; dan 300 menit. Campuran disaring dengan menggunakan kertas Whatman 42 (dengan bantuan medan magnet eksternal pada bagian bawah botol). Filtrat yang diperoleh dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis sesuai dengan panjang gelombang maksimal masing-masing.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi HA, Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -HA dengan FTIR

Menurut Maity (2007) melaporkan bahwa Fe_3O_4 memiliki pita serapan yang lebar dan menyebar pada bilangan gelombang sekitar $590-579\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi ulur Fe–O. Karakterisasi spektroskopi infra merah magnetit terlapisi asam humat (Fe_3O_4 -HA) hasil penelitian ini disajikan pada Gambar 1. Dalam penelitian ini, pita serapan utama terjadi pada bilangan gelombang 586 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi ulur Fe–O magnetit. Perbedaan signifikan dalam spektra IR ini terlihat pada bilangan gelombang 1397 cm^{-1} untuk vibrasi ulur –CO dari Fe_3O_4 -HA yang tidak ditemukan pada spektra Fe_3O_4 , disertai hilangnya puncak serapan pada bilangan gelombang 2924 cm^{-1} yang merupakan vibrasi ulur –C–H alifatik, yang menunjukkan pengikatan HA pada Fe_3O_4 dan hilangnya puncak serapan bilangan gelombang 1700 cm^{-1} , yang menunjukkan ikatan anion –COO⁻ dengan permukaan Fe_3O_4 [13]. Hal ini menunjukkan bahwa gugus karboksilat berperan penting dalam ikatan dari HA ke permukaan Fe_3O_4 . Terlihat pula pada spektra Fe_3O_4 -HA puncak serapan pada bilangan gelombang 3410 cm^{-1} yang merupakan vibrasi ulur gugus –OH yang menunjukkan adanya ikatan hidrogen pada permukaan Fe_3O_4 yang tidak ditemukan pada spektra Fe_3O_4 [14].



Gambar 1. Spektra IR (a) asam humat, (b) Fe_3O_4 -HA dan (c) Fe_3O_4

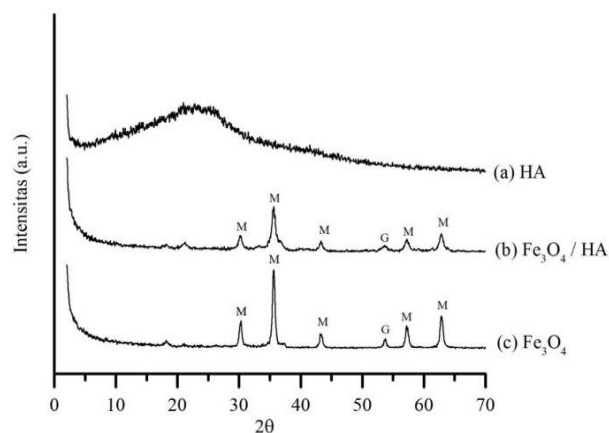
Analisis spektroskopi IR Fe_3O_4 -HA seperti yang disajikan pada gambar 1 menunjukkan keberhasilan pelapisan HA pada permukaan Fe_3O_4 . Di sisi lain, Fe_3O_4 -HA memiliki intensitas serapan pada daerah 3400 dan 1600 cm^{-1} yang lebih tinggi daripada Fe_3O_4 , hal ini dikarenakan Fe_3O_4 -HA memiliki sumbu gugus

–OH yang melimpah dari gugus-gugus karboksilat dan fenolat HA.

B. Karakterisasi HA, Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -HA dengan XRD.

Karakterisasi dengan difraktometer sinar-X bertujuan untuk mengetahui kristalinitas, puncak-puncak utama dan ukuran dari partikel HA, Fe_3O_4 , dan Fe_3O_4 -HA yang telah disintesis. Pada gambar 2 disajikan puncak-puncak karakteristik difraktogram asam humat (HA), magnetit (Fe_3O_4), dan magnetit terlapisi asam humat (Fe_3O_4 -HA). Pada difraktogram asam humat (HA) tidak ditunjukkan dan tidak diketahui nilai intensitas tertentu pada 2θ manapun pada rentang $0^\circ-70^\circ$. Hal ini menunjukkan asam humat telah murni dan tidak terdapat bahan pengotor atau terdapat bahan pengotor tapi keberadaannya sangat sedikit/kecil sekali sehingga tidak ditunjukkan intensitas tertentu.

Pada difraktogram magnetit terlapisi asam humat (Fe_3O_4 -HA) terlihat nilai intensitas yang berada pada daerah $20^\circ-70^\circ$, yaitu pada $30,09^\circ$; $35,42^\circ$; $43,05^\circ$; $56,94^\circ$ dan $62,51^\circ$. Puncak-puncak karakteristik tersebut sesuai dengan Indeks Miller pada JCPDS nomor 00-019-0629, yaitu memiliki nilai (hkl): (220), (311), (400), (511) dan (440). Pada $53,23^\circ$ terdapat karakter gutit (α - $FeOOH$) yang merupakan pengotor umum pada Fe_3O_4 yang disintesis dengan menggunakan metode kopresipitasi.



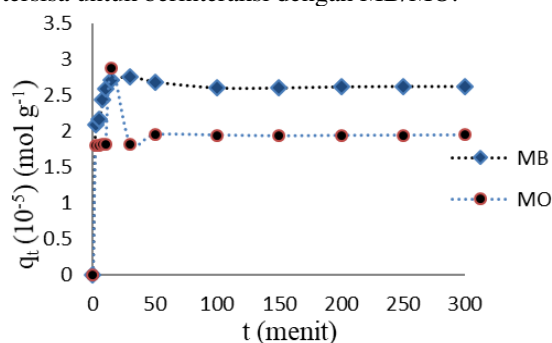
Gambar 2. Difraktogram (a) HA; (b) Fe_3O_4 -HA; dan (c) Fe_3O_4
(Keterangan: M=Magnetit, G=Gutit)

Berdasarkan difraktogram dapat diketahui bahwa Fe_3O_4 -HA memiliki puncak-puncak yang sama dengan Fe_3O_4 , tetapi mengalami penurunan intensitas. Hal tersebut menunjukkan bahwa magnetit pada Fe_3O_4 -HA memiliki struktur yang sama dengan Fe_3O_4 , tetapi mengalami penurunan kristalinitas. Penurunan kristalinitas magnetit pada Fe_3O_4 -HA mengindikasikan bahwa permukaan Fe_3O_4 berinteraksi dengan HA, sehingga dapat disimpulkan bahwa imobilisasi HA oleh Fe_3O_4 telah berhasil dilakukan. Penurunan kristalinitas ini dibuktikan dengan perhitungan % kristalinitas pada Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -HA.

C. Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi zat warna kation (MB) dan anion (MO) diperoleh dengan menginteraksikan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ dan masing-masing zat warna (MB dan MO) pada berbagai variasi waktu hingga diperoleh kesetimbangan adsorpsi. Waktu interaksi yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi merupakan ukuran dari laju reaksi. Semakin cepat waktu yang diperoleh untuk mencapai kesetimbangan, maka laju reaksi adsorpsi semakin besar. Kesetimbangan adsorpsi diperoleh ketika penambahan waktu interaksi tidak memberikan penambahan jumlah ion yang teradsorpsi pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ secara signifikan.

Hasil pengamatan pengaruh waktu interaksi antara zat warna (MO/MB) dengan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ disajikan pada gambar 3. Berdasarkan gambar 3 diketahui bahwa jumlah zat warna (MO/MB) yang teradsorpsi pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ meningkat dengan bertambahnya waktu interaksi sampai terjadi kesetimbangan. Pada menit-menit awal adsorpsi zat warna (MO/MB) terjadi secara cepat, kemudian semakin lambat hingga diperoleh kesetimbangan pada menit ke-30 untuk adsorpsi MB dan pada menit ke-15 untuk adsorpsi MO. Kesetimbangan yang terjadi dibuktikan dengan tidak bertambahnya jumlah MB/MO yang teradsorpsi pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ secara signifikan. Pada menit awal sampai menit ke 2, adsorpsi berlangsung cepat karena situs aktif $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ belum banyak berinteraksi dengan MB/MO, sehingga memudahkan MB/MO dalam mengisi situs aktif tersebut. Sebaliknya, setelah menit ke 2 penambahan MB/MO semakin lambat. Hal ini dikarenakan keberadaan situs aktif yang digunakan untuk berinteraksi semakin sedikit, sehingga dibutuhkan waktu yang relatif lebih lama bagi situs aktif yang tersisa untuk berinteraksi dengan MB/MO.



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak adsorpsi MB dan MO oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$

Tabel 1. Hasil perhitungan kinetika adsorpsi MB/MO pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$

Model kinetika	Parameter	MB	MO
Orde satu semu	r^2	0,9559	0,9441
	q_e (mol gram ⁻¹)	$1,3240 \times 10^{-5}$	$0,3974 \times 10^{-5}$
	k_1 (menit ⁻¹)	0,20542	0,01935
Orde dua semu	r^2	0,9999	0,9996
	q_e (mol gram ⁻¹)	$2,623 \times 10^{-5}$	$0,903 \times 10^{-5}$
	k_2 (g mol ⁻¹ menit ⁻¹)	800.669,128	69.253,907
Santosa	r^2	0,8984	0,9676
	k_s (mol ⁻¹ menit ⁻¹)	51.611,00	870,89

Konstanta laju reaksi merupakan salah satu parameter penting dalam mempelajari kinetika adsorpsi. Dalam penelitian ini, penentuan konstanta laju adsorpsi MB/MO pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ ditentukan menggunakan model kinetika orde satu semu Lagergren [15], orde dua semu [16], dan persamaan kinetika adsorpsi Santosa [17].

Persamaan kinetika orde satu semu Lagergren dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Log } (q_e - q_t) = \text{Log } q_e - k_1 t$$

dimana q_t , q_e , dan k_1 masing-masing merupakan jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada waktu t , jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan (mol g⁻¹) dan konstanta laju adsorpsi (menit⁻¹). Model kinetika orde semu 1 dilakukan dengan membuat kurva linier antara $\text{log } (q_e - q_t)$ versus t , dengan slope $-k_1$ dan intersep $\text{log } q_e$ untuk menghitung jumlah adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa adsorben pada saat kesetimbangan.

Ho (2006) mengemukakan model kinetika adsorpsi orde dua semu yang didasarkan terhadap kapasitas serapan pada fase padatan. Persamaan Ho dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

Model kinetika orde semu dua dilakukan dengan membuat kurva $\frac{t}{q_t}$ versus t , dengan slope $\frac{1}{q_e}$ dan

intersep $\frac{1}{k_2 q_e^2}$. Dengan dibuat grafik antara $\frac{t}{q_t}$ versus t ,

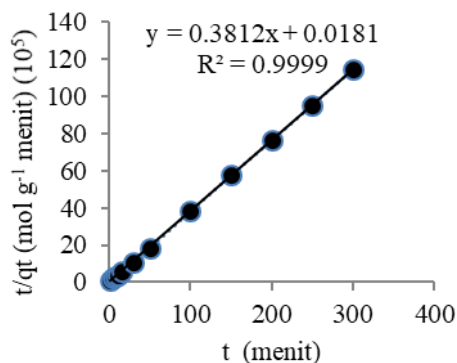
maka diperoleh harga q_e (terhitung) dan k_2 , dimana q_e merupakan jumlah adsorbat yang terserap pada kesetimbangan (mol g⁻¹), q_t merupakan jumlah adsorbat yang terserap pada waktu t (mol g⁻¹) dan k_2 merupakan konstanta laju adsorpsi (g mol⁻¹ menit⁻¹).

Santosa (2014) membuat model kinetika dengan persamaan:

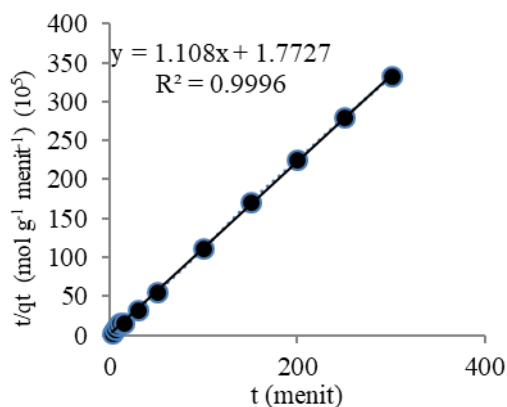
$$\frac{1}{C_{Ae}} \ln \frac{C_A(C_{Ao} - C_{Ae})}{C_{Ao}(C_A - C_{Ae})} = k_s t$$

di mana C_{Ao} (mol L⁻¹), C_A (mol L⁻¹), C_{Ae} (mol L⁻¹) dan k_s (L mol⁻¹ menit⁻¹) masing-masing adalah konsentrasi awal adsorbat, konsentrasi akhir adsorbat, konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan dan konstanta laju adsorpsi Santosa. Kemudian dibuat grafik antara $\frac{1}{C_{Ae}} \ln \frac{C_A(C_{Ao} - C_{Ae})}{C_{Ao}(C_A - C_{Ae})}$ vs t , sehingga diperoleh slope k_s . Perbandingan model kinetika adsorpsi MB/MO pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ secara berurutan disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa model kinetika orde dua semu memberikan faktor korelasi (r) yang lebih baik dibanding model kinetika orde satu semu dan Santosa. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa proses adsorpsi MB dan MO pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ mengikuti model kinetika orde dua semu, dengan konstanta laju adsorpsi MB sebesar $800.669,128 \text{ g mol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$, sedangkan konstanta laju adsorpsi MO sebesar $69.253,907 \text{ g mol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$.



Gambar 4. Model kinetika adsorpsi orde dua semu untuk adsorpsi MB pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$



Gambar 5. Model kinetika adsorpsi orde dua semu untuk adsorpsi MO pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$

SIMPULAN

Sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ dapat dilakukan pada kondisi basa dengan metode kopresipitasi menggunakan campuran garam besi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan 1:2 dan ekstraksi HA pada suhu

60°C . Pada uji kinetika adsorpsi zat warna MB dan MO pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ berlangsung kondisi optimal oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$ pada waktu kontak keseimbangan MB dan MO secara berurutan yaitu 30 dan 15 menit dengan mengikuti kinetika adsorpsi orde dua semu.

REFERENSI

- [1] Selvam, P., Dapurkar, S.E., Badamali, S.K., Murugasan, M., and Kuwano, H., 2003, Coexistence of Paramagnetic and Supraparamagnetic Fe(III) in Mesoporous MCM-41 Silicates, *Catal.Today.*, 69, 68-74
- [2] Wihasti, Eka, P., 2015, Pembuatan nanofiber paduan kitosan-pektin-polivinil alkohol (PVA) dengan electrospinning sebagai adsorben biru metilen, *Tesis*, Jurusan Kimia FMIPA UGM.
- [3] Inbaraj, S.B., and Chen, B.H., 2011, Dye adsorption characteristic of magnetite nanoparticle coated with a biopolymer poly (γ-glutamic acid), *J. Bioresource Tech.*, 102 (2011) 8868-8876
- [4] Afkhami, A., Tehrani, M.S., Bagheri, H., 2010, Modified maghemite nanoparticles as an efficient adsorbent for removing some cationic dyes from aqueous solution, *J.Desalination*, 263, 240-248.
- [5] Afkhami, A., Moosavi, R., Madrakian, T., 2010, Preconcentration and spectrophotometric determination of low concentrations of malachite green and leucomalachite green in water samples by high performance solid-phase extraction using maghemite nanoparticles. *J.Desalination*, 82, 785-789.
- [6] Weng, C.H., Lin, Y.T., Yeh, C.L., Sharma, Y.C., 2010. Magnetic Fe_3O_4 nanoparticles for adsorptive removal of acid dye (new coccine) from aqueous solutions. *Water Sci. Technol.* 62, 844-851.
- [7] Cornell, R.M. and Schwertmann, U., 2003, Iron oxide in the laboratory, VCH, New York.
- [8] Ghandoor, H. El., Zidan, H.M., Khalil, M.M.H. dan Ismail, I.M., 2012, Synthesis and Some Physical Properties of Magnetite (Fe_3O_4) Nanoparticles, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7 (2012) 5734.
- [9] Maity, D. dan D.C. Agrawal, Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles Under Oxidizing Environment and Their Stabilization in Aqueous and Non aqueous Media, 2007, *J. Magn. Mater.*, 308, 46-55.
- [10] Mak, S.Y., Chen, D.H., 2004. Fast adsorption of methylene blue on polyacrylic acidbound iron oxide magnetic nanoparticles. *Dyes Pigm.* 61, 93-98.
- [11] Gupta V., Ali I., Saini, V.K., Gerven, T.V., Bruggen B.V., dan Vandecasteele C., 2005, Removal of dyes form Wastewater using Bottom ash, *Ind. Eng. Chem. Res.* 44, 3655-3664
- [12] Peng, L., Qin, P.F., Lei, M., Zeng, Q., Song, H.J., Yang, J., Shao, J.H., Liao, B.H. dan Gu, J.D, 2012, Modifying Fe_3O_4 Nanoparticles with Humic Acid for Removal of Rhodamine B in Water, *J. Hazard. Mater.*, 2012, 209-210, 193-198.
- [13] Carlos, L., Einschlag, F.S.G., González, M.C. dan Mártire, D.O., 2013, Application of Magnetite Nanoparticles for Heavy Metal Removal from Wastewater, *InTech.*, <http://dx.doi.org/10.5772/54608>. [17] Ho, Y-S., 2006, Review of Second-Order Models for Adsorption Systems, *J. Hazard. Mater.*, B136, 681-689.

-
- [14] Petcharoen, K. and Sirivat, A., 2012, Synthesis and Characterization of Magnetite Nanoparticles via the Chemical Co-precipitation Method, *Mater. Sci. Eng., B* 177,421-427.
- [15] Zhang, Xiang, Panyue, Z., Zhen, Wu, Ling, Z., Guangming, Z., 2013, Adsorption of Methylene Blue onto humic acid-coated Fe₃O₄ nanoparticles, *J. of Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 435 (2013) 85-90.
- [16] Ho, Y-S., 2006, Review of Second-Order Models for Adsorption Systems, *J. Hazard. Mater.*, B136, 681-689.
- [17] Santosa, S.J., 2014, Sorption Kinetics of Cd(II) Species on Humic Acid-based Sorbent, *CLEAN: Soil, Air, Water*.