# PREPARASI KOMPOSIT Mg/Al-$NO_3$ HIDROTALSIT-MAGNETIT KALSINASI DENGAN METODE KOPRESIPITASI DAN APLIKASINYA UNTUK ADSORBEN ZAT WARNA *REMAZOL YELLOW FG*

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat

untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Kimia

oleh

Nur Imaniah

4311412046

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2016**

# PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, Juni 2016
Nur Imaniah

4311412046

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Juni 2016

| Pembimbing I | Pembimbing II |
|---|---|
| Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si | Drs. Subiyanto H., M.Si |
| NIP. 197704112005012014 | NIP. 195104211975011002 |

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Preparasi Komposit Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit-Magnetit Kalsinasi dengan Metode Kopresipitasi dan Aplikasinya untuk Adsorben Zat Warna *Remazol Yellow FG*

disusun oleh

Nur Imaniah

4311412046

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 23 Juni 2016

Panitia

Ketua

Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si. Akt.
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Dr. Nanik Wijayati, M.Si
NIP.196910231996032002

Ketua Penguji

Dr. F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si
196912171997022001

Anggota Penguji/
Pembimbing I

Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si
197704112005012014

Pembimbing II

Drs. Subiyanto H., M.Si
195104211975011002

# MOTTO

Kesuksesan ada pada pikiran Anda, Anda sendiri yang membatasi kesuksesan (Teguh A.J.)

Tidak perlu menjadi orang lain sempurna jika ingin sempurna, cukup mencoba disitu Anda akan mengetahui diri Anda yang sebenarnya (Nia)

# PERSEMBAHAN

PERSEMBAHAN :

Kedua orang tuaku tercinta, kakak dan adikku tersayang (Teguh Ahmad Junaedi, Riadhy Suhartopo, Komang Tri Nur Cinta, M. Umar Ali Akbar, Arliva Sari, dan M. Fazza Aditya) serta S. Iman Saputra yang selalu menjadi semangat dan kekuatan disetiap langkahku dan sepenuh hati yang tulus memberikan dukungan serta do'a yang tak henti-hentinya.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul "Preparasi Komposit Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit-Magnetit Kalsinasi Dengan Metode Kopresipitasi Dan Aplikasinya Untuk Adsorben Zat Warna *Remazol Yellow FG*".

Selama mengerjakan skripsi hingga terselesaikannya skripsi ini, penulis banyak mendapatkan saran, motivasi, dan arahan. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan jalan di setiap kesulitan
2. Prof. Dr.Zaenuri, S.E., M.Si. Akt. yang telah memberikan izin penelitian
3. Dr. Nanik Wijayati, M.Si yang telah memberikan izin penelitian
4. Triastuti Sulistyaningsih, M.Si, Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Drs. Subiyanto Hadisaputro, M.Si, Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam penyusunan Skripsi ini
6. Dr. F. Widhi Mahatmanti, M.Si, penguji utama yang telah memberikan banyak masukan dalam penyusunan Skripsi ini.
7. Orangtua yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan dukungan selama ini.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

8. Teman-teman Kimia Rombel 2 angkatan 2012 yang senantiasa saling membantu, menyemangati, berjuang, saling mendoakan dan merasakan indahnya kebersamaan.
9. Teman Seperjuangan (Ambar, Asih, Novi, Aulia, Afifah, Fiqih, Aning, Nina, Fani, Ihda, Luckies dll) yang senantiasa membantu dan menyemangati, terimakasih atas motivasi kalian.
10. Adik tingkat Prodi Kimia, yang senantiasa membantu dan menyemangati.
11. Almamater tercinta.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak seluruhnya sempurna, untuk itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

Semarang, Juni 2016

Penulis

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# ABSTRAK

Imaniah, Nur. 2016. Preparasi Komposit Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit-Magnetit Kalsinasi Dengan Metode Kopresipitasi Dan Aplikasinya Untuk Adsorben Zat Warna *Remazol Yellow Fg*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Drs. Subiyanto H., M.Si.

Kata kunci : hidrotalsit-magnetit, kinetika, isoterm, adsorpsi, zat warna *Remazol yellow FG*

Telah dilakukan preparasi metode kopresipitasi Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit-Magnetit (HT-M) dan Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit-Magnetit Kalsinasi (HT-M kal) pada pH 12 dengan temperatur 70°C. Karakteristik HT-M dan HT-M kal diketahui dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-Ray Diffaraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscop* (SEM). Penelitian ini mempelajari pH optimal, waktu kontak optimal, dan konsentrasi optimal HT-M terhadap adsorpsi zat warna *Remazol yellow FG*. Selain itu dipelajari juga kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsinya. Hasil penelitian menunjukkan hasil FTIR, XRD, dan SEM dari HT-M dan HT-M kal, tidak jauh berbeda hasilnya. Zat warna teradsorpsi optimum oleh HT-M sebanyak 7,67 x $10^{-5}$ mol/gram pada pH 4, waktu kontak 90 menit,dan konsentrasi optimum 50 ppm, sedangkan HT-M kal mengadsorpsi optimum pada pH 3 dengan waktu kontak 90 menit, dan konsentrasi optimum 50 ppm dengan jumlah zat teradsorpsi 7,74 x $10^{-5}$ mol/gram. Model kinetika reaksi lebih mengikuti model pseudo orde dua Ho dengan masing-masing HT-M dan HT-M kal harga $R^2$–nya sebesar 0,9031 dan 0,9897, $k_2$ 1.896 g $mol^-$ $menit^{-1}$ dan 18.732 g $mol^-$ $menit^{-1}$ serta $q_e$ didapatkan 6,27 x $10^{-5}$ mol/g dan 7,11 x $10^{-5}$ mol/g. Isoterm adsorpsinya lebih mengikuti isoterm adsorpsi Freundlich dengan masing-masing adsorben yaitu HT-M memiliki harga $R^2$ sebesar 0,9999 dan $K_F$ sebesar 2,2347 L/mg, sedangkan HT-M kal memiliki harga $R^2$ sebesar 1 dan $K_F$ sebesar 2,2347L/mg.

# ABSTRACT

Imaniah, Nur. 2016. Composite Preparation Mg/Al-$NO_3$ Hydrotalcite-Magnetite Calcination by Coprecipitation Method and its Application to *Remazol Yellow FG* Adsorbent Pigment. Thesis, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Sciences, State University of Semarang. First Supervisor Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Sc. and Second Supervisor Drs. Subiyanto H., M.Sc.

*Keywords: hydrotalcite-magnetite, kinetics, isotherms, adsorption, Remazol yellow FG pigment*

*Had been applied the preparation of Coprecipitation method Mg/Al-$NO_3$ Hydrotalcite-Magnetite (HT-M) and Mg/Al-$NO_3$ Hydrotalcite-Magnetite Calcination (HT-M kal) at pH 12 with temperature of 70 ° C. The characteristics of HT and HT-M-M cal proved using Fourier Transform Infra Red (FTIR), X-Ray Diffaraction (XRD) and Scanning Electron microscop (SEM). This research studies the optimal pH, optimal contact time, and the optimal concentration of HT-M against Remazol yellow FG adsorption pigment. In addition, this research studied the adsorption kinetics and its adsorption isotherm. The research results showed that FTIR, XRD and SEM of HT-M and HT-M cal, does not have many different results. The pigment optimally adsorbed by the HT-M as much as 7.67 x 10-5 mol/g at pH 4, contact time duration 90 minutes, and the optimum concentration of 50 ppm, while the HT-M kal adsorb optimum at pH 3 with a contact time of 90 minutes, and the optimum concentration of 50 ppm with the amount of the substance adsorbed 7.74 x 10-5 mol / gram. Kinetics reaction model patterned after the second order pseudo Ho with each HT-M and HT-M cal with $R^2$ price 0.9031 and 0.9897, $k_2$ 1.896 g $mol^-$ $min^{-1}$ and 18.732 g $mol^-$ $min^{-1}$ and $q_e$ obtained 6.27 x 10-5 mol/g and 7.11 x $10^{-5}$ mol/g. Its adsorption isotherm closely follow Freundlich adsorption isotherms with each adsorbent that is HT-M has an $R^2$ price of 0.9999 and $K_F$ at 2.2347 L/mg, whereas the HT-M kal has an $R_2$ price of 1 and $K_F$ for 2,2347L / mg.*

# DAFTAR ISI


Halaman

HALAMAN JUDUL ..... i

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN ..... ii

PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... iii

HALAMAN PENGESAHAN ..... iv

MOTTO DAN PERSEMBAHAN ..... v

PRAKATA ..... vi

ABSTRAK ..... viii

DAFTAR ISI ..... ix

DAFTAR TABEL ..... xii

DAFTAR GAMBAR ..... xiii

DAFTAR LAMPIRAN ..... xv

BAB 1 PENDAHULUAN ..... 1

1.1. Latar Belakang ..... 1

1.2. Rumusan Masalah ..... 7

1.3. Tujuan ..... 7

1.4. Manfaat ..... 8

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA ..... 9

2.1 Magnetit ..... 9

2.2 Hidrotalsit ..... 10

2.3 Hidrotalsit Magnetit ..... 14

2.4 Adsorpsi ..... 15

2.5 Kinetika Adsorpsi ..... 16

2.5.1 Kinetika Pseudo Orde Satu Lagergren (Ho, 2006) ..... 18

2.5.2 Kinetia Pseudo Orde Dua Ho (Ho, 2006) ..... 18

2.5.3 Kinetika Santosa (Santosa, 2014) ..... 19
2.6 Isoterm Adsorpsi ..... 19
2.6.1 Isoterm Adsorpsi Langmuir ..... 20
2.6.2 Isoterm Adsorpsi Freundlich ..... 21
2.7 Zat Warna *Remazol yellow FG* ..... 22
2.8 XRD *(X-ray Diffraction)* ..... 24
2.9 SpektrofotometerUV-VIS ..... 27
2.10 FTIR *(FourierTransform Infra Red)* ..... 28
2.11 SEM *(scanning Electron Microscope)* ..... 29

BAB 3 METODE PENELITIAN ..... 31
3.1 Lokasi Penelitian ..... 31
3.2 Variabel penelitian ..... 31
3.2.1 Variabel Bebas ..... 31
3.2.2 Variabel Terikat ..... 32
3.2.3 Variabel Terkontrol ..... 32
3.3 Alat daan Bahan ..... 33
3.3.1 Alat ..... 33
3.3.2 Bahan ..... 33
3.4 Metode ..... 33
3.4.1 Sintesis Magnetit ($Fe_3O_4$) ..... 33
3.4.2 Preparasi Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit- Magnetit ..... 34
3.3.3 Penentuan pH Optimum Adsorpsi Zat Warna *Remazol yellow FG* ..... 34
3.3.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Zat Warna *Remazol yellow FG* ..... 35
3.3.5 Penentuan Konsetrasi Optimum Adsorpsi Zat Warna *Remazol yellow FG* ..... 36
3.3.6 Karakterisasi Pasca Adsorpsi ..... 36

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 37
4.1 Preparasi dan Karakterisasi Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit- Magnetit .. 37

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

4.1.1 Preparasi Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit-Magnetit ..... 37
4.1.2 Karakterisasi Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit-Magnetit ..... 38
4.2 Kajian Adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ Hidrotalsit-Magnetit Terhadap Zat Warna *Remazol yellow FG* ..... 44
4.2.1 Optimasi pH ..... 44
4.2.2 Optimasi Waktu dan Kinetika Adsorpsi ..... 47
4.2.3 Optimasi Konsentrasi dan Isoterm Adsorpsi ..... 49
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN ..... 51
5.1 Simpulan ..... 51
5.2 Saran ..... 51
DAFTAR PUSTAKA ..... 52
LAMPIRAN ..... 58

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1 d-*spacing* dari Masing-masing Anion pada Daerah Antar Lapis Hidrotalsit ..... 15

4.1 Perbandingan Transmitansi Magnetit, HT-M, HT-M kal, HT-M pasca adsorpsi, dan HT-M kal pasca adsorpsi ..... 38

4.2 Perbedaan *Bassal Spacing* HT-M dan HT-M kal Sebelum dan Sesudah Mengadsorpsi..... 42

4.3 Model Kinetika Adsorpsi ..... 49

4.4 Hasil Perhitungan Isoterm Adsorpsi Zat Warna *Remazol Yellow FG* Menggunakan HT-M dan HT-M ..... 50

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman


2.1 Magnetit ..... 10

2.2 Skema struktur hidrotalsit ..... 11

2.3 Struktur Kimia *Remazol Yellow FG* ..... 23

2.4 Gugus-gugus kromofor dalam zat warna ..... 23

2.5 Pola XRD penelitian Cheng, *et al.*,(2010), JCPDS No. #75-0033 ($Fe_3O_4$), dan JCPDS No. #39-1346 ($\gamma$ $Fe_2O_4$) ..... 25

2.6 Spektra XRD M (magnetit), HT (hidrotalsit), dan MHT (magnetit-hidrotalsit) ..... 26

2.7 Spektra FTIR dari M(magnetit), HT(Hidrotalsit), dan MHT(magnetit-hidrotalsit) ..... 28

2.8 Gambar SEM dari (a) magnetit, (b) hidrotalsit, dan (c) hidrotalsit-magnetit ..... 30

4.1 (a)Magnetit, (b) HT-M, (c) HT-M kal, (d) HT-M pasca adsorpsi, dan (e) HT-M kal pasca adsorpsi ..... 38

4.2 Spektra FTIR magnetit (M), HT-M, HT-M kal, HT-M pasca adsorpsi, dan HT-M kal pasca adsorpsi ..... 39

4.3 Pola XRD magnetit (M), HT-M, HT-M kal, HT-M pasca adsorpsi, dan HT-M kal pasca adsorpsi ..... 41

4.4 Hasil SEM (a) Magnetit, (b) HT-M, dan (c) HT-M kal ..... 43

4.5 a) Magnetit (M) ditarik magnet, (b) M-HT ditarik magnet, dan (c) M-HT kal ditarik magnet ..... 43

4.6 (a) Serbuk Remazol *yellow FG*, (b) Larutan Induk 1000 ppm, dan (c) Larutan Kerja 100 ppm ..... 45

4.7 Grafik Variasi pH Terhadap Konsentrasi ..... 46

4.8 Grafik Variasi Waktu Terhadap Konsentrasi dengan Adsorben HT-M dan HT-M kal ..... 48

4.9 Grafik Variasi Konsentrasi Terhadap Konsentrasi Zat Teradsorpsi dengan Adsorben HT-M dan HT-M kal ..... 49

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman


1. Cara Kerja ..... 58
2. Pembuatan Larutan ..... 67
3. Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna *Remazol Yellow FG* ..... 70
4. Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi ..... 71
5. Variasi Waktu ..... 73
6. Variasi Konsentrasi ..... 75
7. Kinetika Reaksi ..... 77
8. Isoterm Adasorpsi ..... 83
9. Perhitungan Ukuran Partikel Menggunakan Persamaan Debye-Sherer ..... 87


UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# BAB 1

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, industri tekstil mengalami perkembangan yang cukup pesat. Badan Pusat Statistika melaporkan, Pertumbuhan produksi industri manufaktur mikro dan kecil triwulan I-2016 terhadap triwulan I-2015 pada bidang industri tekstil mengalami peningkatan sebesar 5,91% (BPS, 2016) terlihat bahwa semakin banyaknya muncul industri tekstil skala kecil menengah (IKM). Namun, industri tekstil skala kecil menengah masih dikelola secara sederhana, tanpa menggunakan sistem pengolahan limbah yang memadai. Biasanya limbah-limbah hasil industri tekstil tersebut langsung dibuang ke sungai (Abdullah, 2010).

Pencemaran air oleh limbah pencelupan industri tekstil disebabkan oleh berbagai bahan pencemar salah satunya adalah zat warna tekstil sintetik. Zat warna tekstil sintetik tidak seluruhnya terserap ke dalam pakaian dalam proses pencelupan. Sekitar 10-15% dari zat warna yang sudah digunakan tidak terserap ke dalam serat pakaian sehingga harus dibuang ke tempat penampungan limbah (Ferdian *et al*., 2007).

Zat warna tekstil sintetik yang dipakai pada umumnya adalah senyawa azo (-N=N-) yang memiliki struktur kompleks dan bersifat stabil. Oleh karena itu, tidak mudah luntur dan sulit didegradasi. Beberapa contoh zat warna azo yang sering digunakan dalam industri tekstil antara lain monoazo *Remazol Yellow* FG

(Mr $C_{18}H_{13}N_2S_4O_{12}Na_3$ = 659 g/mol, λ max = 414 nm), diazo *Remazol Black B* (Mr $C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6$ = 991g/mol λ max = 594 nm) dan poliazo *Direct Black 198* (Mr $C_{45}H_{34}N_{13}Na_3O_{11}S_3$ = 1098 g/mol, λ max= 566 nm). Industri tekstil zat warna menggunakan bukan hanya satu jenis zat warna, melainkan terdiri dari berbagai macam zat warna dan begitupula terhadap limbahnya juga mengandung banyak zat warna (Ariguna, *et al.*, 2014).

Penelitian dalam penuruan kadar zat warna di perairan sudah banyak dilakukan seperti penurunan kadar zat warna Rodhamin B dengan menggunakan adsorben komposit kitosan/polimetilmetakrilat/montmorillonite (Arief, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Abdullah (2010) mengenai penurunan zat warna *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben dari semen portland. Penelitian yang lain menyebutkan bahwa zat warna *Remazol Yellow FG* dapat diturunkan kadarnya di perairan dengan menggunakan fotokatalis komposit $TiO_2/SiO_2$ dengan foto degradasi (Purnawan *et al*., 2011). Selain itu, penurunan limbah zat warna di perairan juga dapat dilakukan dengan teknik elektrooksidasi (Ariguna *et al.*, 2014).

Beberapa kendala muncul dari metode yang telah ada di antaranya besarnya biaya untuk memproduksi material yang digunakan, penggunaan alat dan bahan tambahan dalam proses pengolahan yang berdampak pada peningkatan biaya hingga memperumit proses operasional, banyaknya zat warna yang tidak mudah terdegradasi secara biologi, serta beberapa zat warna yang bersifat racun bagi mikroorganisme maupun secara langsung merusak atau menghambat aktivitas mikroorganisme (Zhu *et al.*, 2005). Oleh sebab itu, banyak penelitian

yang lebih mengembangkan pada metode dengan biaya yang relatif murah, mudah dalam pembuatan dan pengoperasian, sehingga diharapkan menghasilkan material yang dapat diregenerasi (Wu *et al.*, 2012). Di antara metode yang sudah ada, metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang memenuhi kebutuhan tersebut (Ardhayanti, 2014).

Metode adsorpsi merupakan suatu metode yang menggunakan material adsorben. Tujuan dari pengolahan zat warna adalah menghasilkan limbah dengan konsentrasi lebih kecil sehingga aman dibuang ke lingkungan, untuk itu diperlukan adsorben dengan kapasitas adsorpsi yang besar. Berbagai polutan dalam limbah cair telah banyak dilaporkan dapat dihilangkan dengan menggunakan adsorben seperti karbon aktif, lempung, dan lempung termodifikasi. Akan tetapi, kinerja sorben tersebut belum memuaskan. Meskipun karbon aktif adalah sorben yang paling banyak digunakan karena kapasitasnya yang tinggi untuk menyerap spesies organik, namun karbon aktif mahal dalam operasional maupun sulit untuk diregenerasi (Orthman *et al.*, 2003). Selain itu, kestabilan karbon aktif secara mekanis dapat semakin berkurang serta merupakan adsorben yang non-selektif (Ilisz *et al.*, 2002). Begitu pula dengan lempung terpilar yang termodifikasi. Lempung terpilar sebenarnya cukup baik sebagai adsorben karena mampu menyerap hampir semua polutan, namun afinitas adsorpsinya pada polutan yang berkosentrasi rendah masih di bawah kemampuan karbon aktif (Meier *et al.*, 2001). Adsorben lain dengan kapasitas adsorpsi yang besar yang banyak digunakan dalam proses adsorpsi adalah hidrotalsit. Hidrotalsit memiliki beberapa kelebihan yaitu luas permukaan yang besar, memiliki kemampuan

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

menukar anion, proses pembuatan yang mudah, dan biaya yang murah (Chen *et al.*, 2011), serta dapat diregenerasi sebagai adsorben kembali setelah digunakan karena memiliki kemampuan *memory effect* (Extremera *et al.*, 2012)

Kemampuan suatu material untuk dapat digunakan kembali merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan material tersebut. Bahan yang mampu untuk digunakan kembali akan memberikan nilai ekonomi yang tinggi. Di samping itu, material yang dapat dimanfaatkan kembali *(reuse)* akan dapat mengurangi polutan bumi dengan tidak mengesampingkan fungsi dari material tersebut, sebaliknya material sintetik yang tidak dapat dimanfaatkan kembali hanya akan menambah polutan bumi yang berdampak pada lingkungan sekitar. Mg/Al hidrotalsit sebagai lempung anionik dengan anion dan air pada bagian antar lapis merupakan salah satu material yang dapat digunakan kembali dan memiliki kemampuan sebagai penukar ion dan anion pada daerah antar lapis serta sebagai adsorben. Oleh karena itu, material Mg/Al hidrotalsit sering mendapatkan perhatian dari para peneliti untuk digunakan sebagai adsorben dan penukar ion pada berbagai bidang, terutama pada bidang lingkungan yaitu pengolahan air bersih *(water treatment)* (Wasis, 2013).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mg/Al hidrotalsit juga dikenal sebagai Mg-Al *Layered Double Hydroxides* (He *et al.*, 2006) adalah salah satu mineral yang menarik dan prospektif yang jarang ditemukan di alam, tetapi bisa dengan mudah disintesis melalui metode kopresipitasi (Zhu *et al.*, 2005). Metode kopresipitasi merupakan metode yang paling banyak digunakan (Malek dan Yasin, 2012). Metode kopresipitasi mempunyai kelebihan yaitu dapat dilakukan pada temperatur kamar, peralatan

sederhana, relatif murah, dan memberikan rendemen yang memadai (Ermawati dan Ratnawati, 2011). Berdasarkan penelitian sebelumnya, metode kopresipitasi dapat digunakan untuk menghasilkan nanopartikel magnetit ($Fe_3O_4$) dan komposit Mg/Al $NO_3$ hidrotalsit-magnetit dengan kristalinitas tinggi serta ukuran partikel yang kecil. Semakin kecil ukurannya maka semakin besar luas permukaannya sehingga baik untuk adsorben (Sulistyaningsih *et al*,. 2013).

Pada perairan Mg/Al hidrotalsit memiliki kemampuan yang baik untuk memisahkan partikel-partikel koloid dengan ukuran yang sangat halus, sehingga sering digunakan untuk proses pengolahan air bersih. Namun demikian, material Mg/Al hidrotalsit tidak mampu memisahkan partikel-partikel koloid dengan waktu yang relatif cepat, sehingga diperlukan modifikasi terhadap material Mg/Al hidrotalsit (Wasis, 2013).

Magnetit ($Fe_3O_4$) atau oksida besi merupakan oksida besi yang paling kuat sifat magnetiknya (Teja dan Koh, 2008). Magnetit merupakan salah satu fase oksida besi yang memiliki sifat magnet terbesar atau ferimagnetik di antara fase-fase lainnya. Oksida besi termasuk salah satu mineral dalam tanah, bersifat atmosfer dan memiliki daya serap yang tinggi. Oksida besi memiliki 4 fase, yaitu magnetit, maghemit, hematit, dan geothit. Hanya magnetit dan maghemit yang bersifat magnet. Secara fisik, magnetit berwarna hitam, sedangkan maghemit berwarna coklat kemerah-merahan (Indrianingsih, 2006).

Mg/Al hidrotalsit dalam proses pengolahan air memiliki kemampuan untuk memisahkan partikel-partikel yang halus dalam perairan, namun tidak mampu memisahkan partikel-partikel tersebut dalam waktu yang relatif cepat.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Sementara magnetit memiliki sifat magnetik yang kuat maka pengembangan material Mg/Al hidrotalsit dengan magnetit sangat relevan dengan proses pengolahan air bersih (Wasis, 2013).

Penambahan magnetit dalam hidrotalsit diharapkan dapat mempermudah dan mempercepat proses pemisahan adsorben hidrotalsit dari limbah sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi hidrotalsit karena bertambahnya situs aktif dari magnetit (Ardhayanti, 2014). Selain itu, kehadiran nanopartikel magnetit di permukaan Mg/Al $NO_3$ hidrotalsit juga meningkatkan luas permukaan spesifik dan mempengaruhi keseragaman diameter pori (Sulistyaningsih *et al.*, 2013).

Pada penelitian sebelumnya komposit Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit digunakan untuk adsorpsi ion logam $[AuCl_4]^-$. Adsorpsi optimum dari komposit Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit terjadi pada pH 3 dengan persentase adsorpsi adalah 90,4% (Sulistyaningsih *et al.*, 2013).

Berdasarkan uraian di atas maka Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit merupakan salah satu pilihan yang dapat digunakan dalam penanggulangan pencemaran alam khususnya pencemaran limbah zat warna *Remazol Yellow FG*. Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit memiliki kemampuan mengadsorpsi zat warna karena sifatnya yang merupakan material supermagnetik (Maity dan Agrawal, 2006).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik dari hasil sintesis Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit- magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit- magnetit kalsinasi?
2. Berapakah pH optimum untuk media adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil sintesis terhadap zat warna *Remazol Yellow FG*?
3. Bagaimanakah kinetika adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit- magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil sintesis terhadap zat warna *Remazol Yellow FG*?
4. Bagimanakah isoterm adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil sintesis terhadap zat warna *Remazol Yellow FG*?

## 1.3 Tujuan

1. Mengetahui karakteristik dari hasil sintesis Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit- magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit- magnetit kalsinasi.
2. Mengetahui pH optimum untuk media adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil sintesis terhadap zat warna *Remazol Yellow FG*.
3. Mempelajari kinetika adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit- magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil sintesis terhadap zat warna *Remazol Yellow FG*.

4. Mempelajari isoterm adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil sintesis terhadap zat warna *Remazol Yellow FG*.

## 1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangan kepada masyarakat mengenai pengolahan limbah zat warna di perairan dengan menggunakan adsorben Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# BAB 2

# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Magnetit

Magnetit merupakan salah satu oksida besi selain maghemit dan hematit yang menunjukkan kemagnetan paling kuat di antara oksida–oksida besi yang lain sehingga banyak dimanfaatkan di berbagai bidang (Teja dan Koh, 2008). Penelitian ini menggunakan kata magnetit dengan simbol M untuk magnetit atau $Fe_3O_4$.

Nanopartikel magnetit memiliki banyak kegunaan seperti penghantar obat *(drug delivery)*, diagnosis MRI untuk kesehatan, materi rekaman dan katalis, di bidang lingkungan, dan lain-lain. Nanopartikel besi oksida memainkan peran utama dalam banyak bidang kimia, fisika dan ilmu material. $Fe_3O_4$ (magnetit) adalah salah satu dari nanopartikel magnetik. Ada berbagai cara untuk mempersiapkan nanopartikel $Fe_3O_4$, yang telah dilaporkan dalam berbagai makalah, seperti penggilingan, ultrasonik dibantu impregnasi, dan menggunakan ekstrak daun *Tridax procumbens* (Hariani *et al*., 2013).

Sintesis nanopartikel magnetit yang telah dikembangkan antara lain sol-gel, elektrokimia, hidrotermal, dan kopresipitasi. Metode kopresipitasi merupakan metode yang paling banyak dikembangkan karena dapat dilakukan pada temperatur kamar, peralatan sederhana, relatif murah, dan memberikan rendemen

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

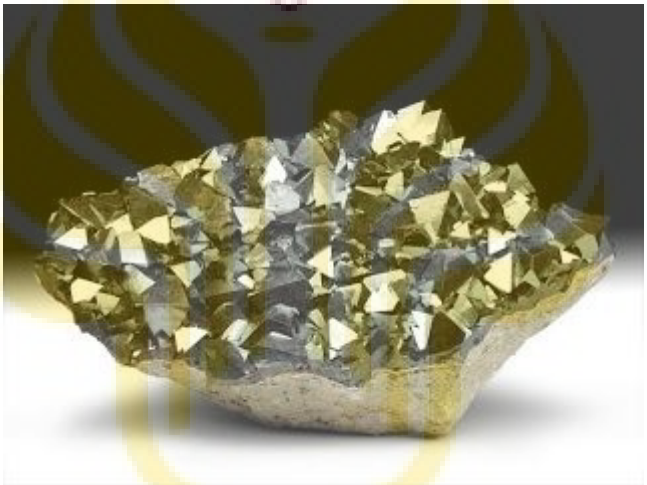
yang memadai (Ermawati dan Ratnawati, 2011). Reaksi kimia yang terjadi sebagai berikut :

$Fe^{2+} + 2OH \longrightarrow Fe(OH)_2$

$Fe^{3+} + 3OH \longrightarrow Fe(OH)_3$

$Fe(OH)_2 + 2Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe_3O_4 + 4H_2O$ (Wang *et al.*, 2009)

Berikut ini Gambar 2.1 menunjukan struktur dari magnetit yang ditemukan di alam.

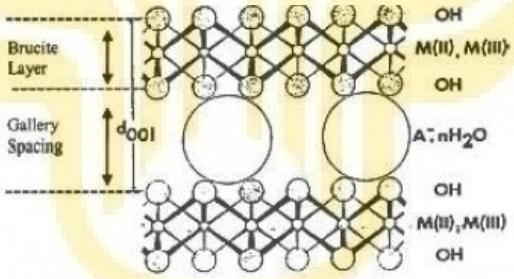


Gambar 2.1 Magnetit (http://www.erfolgkimia.com, 2013)

## 2.2 Hidrotalsit

*Layered Doubled Hydroxides* (LDHs), biasa disebut sebagai senyawa hidrotalsit. *Layered Doubled Hydroxides* (LDHs) ini menunjukan banyak tumpukan lapisan-lapisan dengan struktur yang *brucite*, bermuatan positif seperti akibat dari subtitusi parsial dari kation divalen oleh kation trivalen. Spesies anionik ditempatkan di dalam daerah interlamellar untuk keseimbangan muatan dan molekul air yang menempati bagian dari daerah *interlayer* yang kosong (Chang *et al*., 2011).

Hidrotalsit (HT) atau hidroksida berlapis ganda *(Layered Doubled Hydroxides*/LDHs) termasuk dalam lempung anionik yang memiliki struktur mirip lapisan *brucite* ($Mg(OH)_2$). Kation logam divalen berada di pusat oksigen oktahedral yang kemudian membentuk lapisan dua dimensi dengan cara penggunaan bersama sudut oktahedral. Penggantian sebagian kation logam divalen oleh logam trivalen mengakibatkan terbentuknya muatan positif pada lapisan HT. Muatan positif ini diseimbangkan oleh keberadaaan anion organik maupun anorganik pada daerah antar lapis. Daerah antarlapis yang masih kosong dan tidak terisi anion (Rahman, 2013). Gambar 2.2 menampilkan gambaran secara umum hidrotalsit atau LDH .




Gambar 2.2 Skema struktur hidrotalsit (Seftel *et al*., 2006)

Hidrotalsit memiliki rumus umum sebagai berikut :

$$[M(II)_{1-x}M(III)_x(OH)_2]^{x+} A^{n-}_{x/n} \cdot mH_2O$$

berdasarkan rumus di atas, M(II) adalah kation divalen ($Mg^{2+}$, $Ni^{2+}$, $Zn^{2+}$, dan $Co^{2+}$), M(III) adalah kation trivalen ($Al^{3+}$, $Fe^{3+}$, $Ga^{3+}$, dan $Cr^{3+}$) dan A adalah anion dengan muatan n ($HO^-$, $CO_3^{2-}$, $NO_3^-$, $Cl^-$, $SO_4^{2-}$) (Seftel *et al*., 2006).

Hidrotalsit adalah suatu kelompok material yang mudah untuk disintesis, meskipun hasil sintesis tidak selalu dalam keadaan fase murninya. Beberapa pendekatan untuk membuat hidrotalsit yang telah dilakukan oleh banyak peneliti

adalah metode pertukaran ion, metode kopresipitasi, metode rekonstruksi yang didasarkan pada sifat khas *memory effect* dari hidrotalsit, dan metode sintesis *sol-gel* menggunakan larutan etanol dan aseton (He *et al*., 2006).

Di antara metode sintesis yang ada, metode kopresipitasi merupakan metode sintesis yang banyak dilakukan. Metode ini menggunakan prekusor campuran larutan yang mengandung anion $M^{2+}$ dan $M^{3+}$ dan dilakukan pada kondisi pH tetap dengan mengatur kecepatan penambahan kation dan basa pada saat sintesis. Metode kopresipitasi dilakukan pada kondisi sangat jenuh dengan mengontrol pH larutan, agar proses pengendapan dua atau kation prekusor ($M^{2+}$ dan $M^{3+}$) dapat berlangsung secara bersamaan. Proses pengendapan dilakukan pada kondisi pH lebih besar atau sama dengan kondisi mengendapnya salah satu hidroksida yang mudah larut. Pembentukan ini dalam sintesis hidrotalsit diyakini sebagai penentu ukuran kristal material yang dihasilkan. Pada umumnya laju pembentukan inti yang lambat, diperoleh dari derajat kejenuhan yang rendah, akan menghasilkan kristal dengan ukuran besar. Namun, derajat kejenuhan yang tinggi juga akan berdampak pada pertumbuhan kristal yang kurang bagus (Li dan Zhou, 2006). Menurut Newmans dan Jones (1998) supaya terjamin pengendapan yang simultan dari kation matriksnya, sintesis dilakukan pada pH yang membuat kedua $M^{2+}$ dan $M^{3+}$ hidroksidanya dapat mengendap. Sementara menurut Kovanda *et al*. ( 2005), agar terjamin pengendapan yang berlangsung dengan cara simultan dari dua kation atau lebih serta supaya hidrotalsit mempunyai kristalinitas yang tinggi (lebih kristalin), sintesis dilakukan dalam keadaan kopresipitasi lewat jenuh dengan konsentrasi rendah *(low supersaturation).*

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Hidrotalsit yang disintesis menggunakan prekusor $Mg^{2+}$ serta $Al^{3+}$, yang disebut Mg/Al hidrotalsit, umumnya disintesis pada pH 10-13 (Cavani dalam Seron dan Delorme, 2008)

Salah satu sifat yang penting dari struktur hidrotalsit adalah jarak antara lapisan-lapisan (*layers*) yang paling dekat dikenal dengan *basal spacing* (d). Parameter ini tergantung pada besarnya sifat anion-anion dalam antar lapis (Seftel *et al*., 2006). Tabel 2.1 adalah d-*spacing* d(003) pada daerah antar lapis hidrotalsit:

Tabel 2.1. d-*spacing* dari Masing-masing Anion pada Daerah Antar Lapis Hidrotalsit

| Anion | d-*spacing* (Å) |
|---|---|
| $OH^-$ | 7,55 |
| $F^-$ | 7,66 |
| $Cl^-$ | 7,86 |
| Br- | 7,95 |
| $NO_3^-$ | 8,79 |
| $I^-$ | 8,16 |
| $CO_3^{2-}$ | 7,65 |
| $SO_4^{2-}$ | 8,58 |
| $ClO_4^-$* | 11,9 |
| $CH_3COO^-$* | 12,7 |

Sumber : Miyata (1983) dan Liu *et al*.* (2006)

Anion pengisi antarlapis dari hidrotalsit ini berfungsi sebagai penyeimbang muatan. Anion-anion yang mudah dipertukarkan adalah $NO_3^-$, $CO_3^2$, dan $Cl^-$ (Goh *et al*., 2008)$^{\cdot}$. Mg/Al hidrotalsit adalah penyerap yang efisien karena hidrotalsit memiliki luas permukaan yang besar sekitar 100 $m^2g^{-1}$ dan memiliki efek sinergis antara lapisan-lapisan yang memungkinkan meningkatkan efektivitas dan jumlah situs penukaran anion (Orthman *et al*., 2003).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## 2.3 Hidrotalsit Magnetit

Salah satu jenis lempung anionik yang banyak dikembangkan dan diteliti sebagai sorben adalah senyawa Mg/Al hidrotalsit yang dikenal juga sebagai Mg/Al *layered double hydroxide* (Mg/Al LDHs) (He *et al*., 2006). Hal ini disebabkan Mg/Al hidrotalsit (HT-M) atau lempung anionik mempunyai sejumlah sifat yang membuatnya sesuai untuk menjadi sorben karena memiliki luas permukaan yang besar, dapat disisipi logam secara homogen dan memiliki efek sinergis antar lapis (Orthman *et al*., 2003).

Hidrotalsit memiliki kapasitas penyerapan zat warna yang tinggi, namun efisiensi pemisahan dalam larutan masih rendah. Sementara itu teknologi magnetik saat ini menarik banyak perhatian karena prosedur ini mampu memisahkan dengan mudah dan efisien dengan menggunakan magnet ekternal saja. Dengan demikian, kombinasi dari magnetit dan hidrotalsit telah dikembangkan baru-baru ini untuk meningkatkan pemisahan dan pendispersian kembali adsorben dalam larutan (Chen *et al*,. 2012).

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa nanopartikel besi oksida dapat dimodifikasi dengan hidrotalsit (Chang *et al*., 2011). Hidrotalsit magnetik biasanya disintesis melalui dispersi substrat magnet dalam matriks hidrotalsit dan substrat yang paling disukai adalah magnetit ($Fe_3O_4$) dan magnesium ferit ($MgFe_2O_4$) (Wang, *et a*l., 2009). Hidrotalsit magnetit dapat disintesis menggunakan beberapa metode di antaranya secara ultrasonik dan kopresipitasi (Wang *et al*, 2009), pengembangan *mechanochemical* dengan dua langkah penggilingan (Zhang dan Fang, 2007), serta secara mekanik dan sonokimia yang

didapatkan pendispersian partikel-partikel magnetit yang homogen dalam struktur hidrotalsit (Chang *et al.*, 2011).

Hidrotalsit-magnetit dapat terbentuk pada pH yang basa. Sintesis hidrotalsit-magnetit yang dilakukan Wang, *et al.* (2009) menggunakan pH 11. Penelitian lain menyebutkan bahwa sintesis hidrotalsit-magnetit secara kopresipitasi pada pH 10 (Mi *et al*., 2011)

Interaksi yang terjadi antara Mg/Al hidrotalsit dan magnetit membentuk Mg/Al hidrotalsit-magnetit pada proses sintesis menggunakan ultrasonik adalah elektrostatik dengan muatan positif pada Mg/Al HT hidrotalsit dengan muatan negatif pada magnet (Chen *et al*., 2011).

Hidrotalsit-Magnetit kalsinasi telah dipelajari sebagai adsorben yaag potensial untuk mengadsorpsi anion dalam larutan (Chen, 2011). Kalsinasi pada suhu tinggi seperti yang telah dilaporkan Kang (2013), struktur hidrotalsit menjadi rusak dan sebagain besar hidrotalsit berubah menjadi oksida-oksidanya dengan melepaskan anion pada lapisan interlayernya.

## 2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah gejala penggumpalan molekul-molekul dari suatu zat pada permukaan zat lain sebagai akibat dari perbedaan gaya pada permukaan zat tersebut (Aktins dan Paula, 1998). Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya elektrostatis atau gaya tarik menarik antar molekul pada permukaan zat padat. Penyerapan zat dari larutan, mirip dengan penyerapan gas oleh zat padat. Penyerapan bersifat selektif, yang diserap hanya zat terlarut atau pelarut. Bila dalam larutan ada dua zat atau lebih, zat yang satu akan diserap lebih

kuat dari yang lain. Molekul yang teradsorpsi dapat dianggap membentuk fasa dua dimensi dan terakumulasi pada permukaan (Alberty dan Daniels, 1983).

Adsorpsi dibedakan menjadi adsorpsi fisik dan kimia. Pada adsorpsi fisik bekerja gaya Vanderwaals pada antar muka adsorben dengan molekul–molekul lain sebagai adsorbat. Interaksi Vanderwaals berjarak cukup jauh sehingga antar ikatan keduanya cukup lemah. Dengan demikian energi yang dilepaskan apabila molekul–molekul teradsorpsi secara fisik hanya berskala sekitar 20 kJ/mol saja, atau hanya sebesar energi kondensasi. Sedangkan pada adsorpsi kimiawi molekul adsorbat melekat di permukaan adsorben, akibatnya terjadi ikatan kimiawi, biasanya adalah ikatan kovalen (Alberty dan Daniels, 1983).

Penyerapan zat dari larutan mirip dengan penyerapan gas oleh zat padat. Penyerapan bersifat selektif, yang diserap hanya zat terlarut atau pelarut. Bila dalam larutan ada dua zat atau lebih, zat yang satu akan diserap lebih kuat dari yang lain. Zat-zat yang dapat menurunkan tegangan muka antara, lebih kuat diserap. Makin kompleks zat yang telarut, makin kuat diserap oleh adsorben. Makin tinggi temperatur, makin kecil daya serap, namun demikian pengaruh temperatur tidak sebesar seperti pada adsorpsi gas (Sukardjo, 1984).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## 2.5 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi menyatakan adanya proses penyerapan suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam, karena tidak ada gaya-gaya lain yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini

menyebabkan zat padat dan zat cair, mempunyai gaya adsorpsi. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam absorben sedangkan pada adsorpsi zat yang diserap hanya terdapat pada permukaannya (Sukardjo, 1990).

Gas yang dapat diserap makin bila bila temperatur kritis semakin tinggi atau gas tersebut mudah dicairkan. Semakin luas permukaan dari suatu adsorben yang digunakan, maka semakin banyak gas yang dapat diserap. Luas permukaan sukar ditentukan, hingga biasanya daya serap dihitung tiap satuan massa adsorben. Daya serap zat padat terhadap gas tergantung dari jenis adsorben, jenis gas, luas permukaan adsorben, temperatur, dan tekanan gas (Aktins dan Paula, 1998).

Proses adsorpsi yang terjadi pada kemisorpsi, partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasinya dengan substrat. Peristiwa adsorpsi disebabkan oleh gaya tarik molekul-molekul di permukaan adsorben (Keenan, 1999).

Peristiwa adsorpsi yang terjadi jika berada pada permukaan dua fasa yang bersih ditambahkan komponen ketiga, maka komponen ketiga ini akan sangat mempengaruhi sifat permukaan. Komponen yang ditambahkan adalah molekul yang teradsorpsi pada permukaan (dan karenanya dinamakan permukaan aktif). Jumlah zat yang terserap setiap berat adsorben tergantung konsentrasi dari zat terlarut. Namun demikian, bila adsorben sudah jenuh, konsentrasi tidak lagi berpengaruh. Adsorpsi dan desorpsi (pelepasan) merupakan kesetimbangan (Atkins, 1990).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Adsorpsi merupakan proses yang bergantung pada waktu sehingga penentuan laju adsorpsi sangat penting dilakukan untuk mendesain dan mengevaluasi adsorben yang digunakan dalam proses pengolahan limbah. Penentuan laju adsorpsi dapat diperoleh dari model kinetika adsorpsi yang banyak digunakan diantaranya adalah model kinetika pseudo orde satu dan pseudo adsorpsi orde dua.

### 2.5.1 Kinetika Pseudo Orde Satu Lagergen (Ho, 2006)

Model kinetika ini terbatas digunakan ketika proses adsorpsi dilakukan dengan konsentrasi awal larutan yang berlebih dibandingkan ketersediaan situs aktif pada adsorben (Santosa, 2014).

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t$$

$q_t$ dan $q_e$ merupakan besarnya konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi per unit massa adsorben pada waktu 't' dan pada saat kesetimbangan telah tercapai (mg/g); $k_1$ merupakan konstanta laju Lagergen (menit$^{-1}$). Penerapan model kinetika Lagergren dilakukan dengan membuat plot antara ln ($q_e$-$q_t$) terhadap t yang menghasilkan slope $-k_1$, untuk menghitung konstanta laju adsorpsi; dan intersep, ln $q_e$, untuk menghitung jumlah adsorbat yang teradsorpsi per unit massa adsorben pada saat kesetimbangan.

### 2.5.2 Kinetika Pseudo Orde Dua Ho (Ho, 2006)

Model kinetika ini mengasumsikan bahwa kapasitas adsorpsi sebanding dengan jumlah situs aktif yang terisi pada perrmukaan adsorben sehingga saat dikatakan bahwa kemisorpsi merupakan langkah penentu laju adsorpsi terjadi

proses pertukaran maupun penggunaan bersama elektron antara adsorben dan adsorbat (Ho dan McKay, 1999).

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

$k_2$ merupakan konstanta laju adsorpsi Ho (g/mg.menit); $q_t$ dan $q_e$ merupakan besarnya konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi per unit massa adsorben pada waktu 't' dan pada saat kesetimbangan telah tercapai (mg/g). Penerapan model kinetika Ho dilakukan dengan membuat plot antara $\frac{t}{q_t}$ dengan t yang akan menghasilkan slope $\frac{1}{q_e}$ untuk menghitung kapasitas adsorpsi zat warna oleh adsorben saat kesetimbangan; dan intersep $\frac{1}{k_2 q_e^2}$ untuk menghitung konstanta laju adsorpsi.

### 2.5.3 Kinetika Santosa (Santosa, 2014)

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

$C_{Ao}$ (mol/L), $C_A$ (mol/L) dan $C_{AE}$ (mol/L) merupakan besarnya konsentrasi awal adsorbat, konsentrasi akhir adsorbat, serta konsentrasi adsorbat pada saat keseimbangan telah tercapai; $k_s$ {$(mol/L)^{-1}menit^{-1}$} merupakan konstanta laju adsorpsi santosa dilakukan dengan membuat plot antara $\frac{1}{C_{Ae}} \ln\left(\frac{C_A(C_{Ao}-C_{Ae})}{C_{Ao}(C_A-C_{Ae})}\right)$ dengan t yang akan menghasilkkan slope $k_s$.

## 2.6 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi digunakan untuk menentukan interaksi antara adsorbat dengan adsorben. Beberapa model isoterm adsorpsi telah dikenalkan. Namun,

model isoterm Langmuir dan Freundlich merupakan model isoterm yang banyak digunakan dalam memprediksi mekanisme dan kapasitas adsorpsi suatu adsorben.

### 2.6.1 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Isoterm Langmuir sangat cocok untuk proses adsorpsi unimolekular dan adsorpsi reversibel, karena isoterm Langmuir mengacu pada adsorpsi monolayer yang diasumsikan bahwa situs aktif adsorben bersifat homogen (Amri, 2004).

Isoterm adsorpsi Langmuir mengasumsikan terbentuknya lapisan monolayer (satu lapis) adsorbat yang menutupi permukaan adsorben yang homogen. Proses adsorpsi terjadi pada wilayah homogen yang spesifik dalam adsorben yaitu ketika satu molekul zat warna menempati wilayah tertentu maka tidak akan terjadi proses adsorpsi selanjutnya di wilayah tersebut. Interaksi yang terjadi adalah satu situs aktif untuk satu adsorbat. Titik keseimbangan akan diperoleh ketika kapasitas telah mencapai maksimum, yaitu tidak adanya peningkatan kapasitas adsorpsi dengan bertambahnya waktu interaksi (Allen *et al*., 2004).

Isoterm adsorpsi Langmuir didasarkan pada asumsi bahwa :

a. Pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif yang proposional dengan luas permukaan adsorben. Pada masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul saja, dengan demikian adsorpsi terbatas pada pembentukan lapis tunggal (monolayer).
b. Pengikatan adsorbat pada permukaan adsorben dapat terjadi secara kimia atau fisika, tetapi harus cukup kuat untuk mencegah perpindahan molekul teradsorpsi pada permukaan (adsorpsi terlokalisasi).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

c. Energi adsorpsi tergantung pada penutupan permukaan.

Model isoterm adsorpsi Langmuir dapat diterapkan untuk mempelajari dan menjelaskan data adsorpsi yang diperoleh dari eksperimen. Data kesetimbangan biasanya digambarkan dalam bentuk kurva isoterm adsorpsi. Pendekatan dengan model terhadap kurva isoterm dapat membantu menganalisis karakteristik isoterm berupa kapasitas adsorpsinya (Amri, 2004).

Isoterm adsorpsi Langmuir diasumsikan sebagai *monolayer* yang mencakup adsorben dan semua tempat pada permukaan padatan molekul adsorbat. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{q_m K_L}$$

$C_e$ merupakan konsentrasi adsorbat dalam larutan pada saat kesetimbangan (mg/L); $q_m$ dan $q_e$ merupakan besarnya konsentrasi adsorbat maksimum yang teradsorpsi per unit massa pada saat kesetimbangan (mg/g); $K_L$ (L/mg) merupakan konstanta isoterm Langmuir (Ardhayanti, 2014).

### 2.6.2 Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa meningkatnya konsentrasi adsorbat akan mengakibatkan meningkatnya adsorbat yang berada pada adsorben (Allen *et al.*, 2004). Dengan model isoterm ini dimungkinkan untuk terbentuknya beberapa lapisan adsorbat pada situs aktif adsorben. Model isoterm adsorpsi ini digunakan pada sistem dengan interaksi antara adsorbat dengan adsorben adalah heterogen. Isoterm adsorpsi Freundlich berdasarkan pada penyerapan *multi layer* pada permukaan heterogen yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

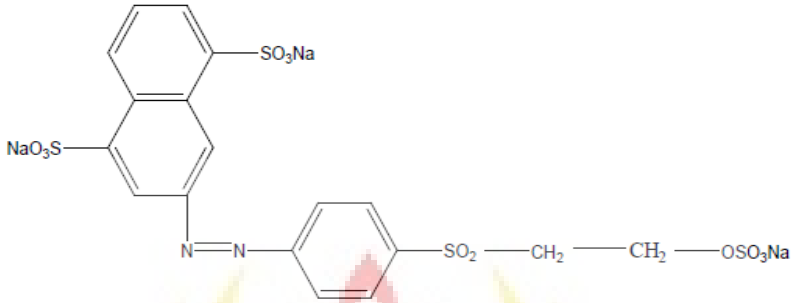
$K_f$ merupakan konstanta Freundlich (L/mg), $C_e$ merupakan konsentrasi adsorbat dalam larutan (mg/L), n merupakan parameter empirik yang berkaitan dengan intensitas adsorpsi. Ketika 1/n nilainya berada pada kisaran 0,1<1/n<1 maka proses adsorpsi disukai (Dong *et al*., 2010)

## 2.7 Zat Warna *Remazol Yellow FG*

Zat warna adalah senyawa organik berwarna yang digunakan untuk memberi warna pada suatu objek atau kain. Terdapat banyak sekali senyawa organik berwarna namun hanya beberapa yang sesuai untuk digunakan sebagai zat warna, senyawa itu harus tidak luntur. Zat tersebut harus dapat terikat pada objek atau kain. Sebagian zat warna adalah racun bagi tubuh manusia, tetapi ada zat warna yang relatif aman bagi manusia, yaitu zat warna yang digunakan dalam industri pangan, minuman, dan farmasi (Isminingsih (1982) dalam Abdullah, 2010).

Penggolongan zat warna berdasarkan pada sifat-sifatnya yaitu zat warna asam, basa, *direct*, mordan, komplek logam, azoat, belerang, bejana, dispersi, dan reaktif (Isminingsih (1982) dalam Abdullah, 2010). Selain itu, berdasarkan muatannya zat warna terbagi menjadi zat warna anionik dan kationik. Zat warna anionik sebagian besar digunakan pada industri tekstil antara lain *Remazol Briliant Blue* (RB), *Remazol Red* 133 (RR), *Rifacion Yellow HED* (FY) (Kara *et al*., 2006), dan *Remazol Yellow* FG (Abdullah, 2010). Salah satu jenis zat warna yang paling banyak digunakan dalam industri tekstil adalah *Remazol Yellow* FG.

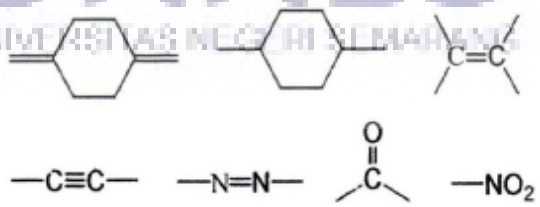
Zat warna ini menjadi pilihan karena gugus kromofornya mudah sekali dalam memberikan warna-warna yang cerah dan tahan uji (Abdullah, 2010).




Gambar 2.3. Struktur Kimia *Remazol Yellow FG* (Abdullah, 2010)

Zat warna reaktif terdiri dari tiga komponen dasar yaitu zat warna (dye), gugus perantara (B), dan gugus reaktif (R) sehingga rumus umumnya adalah dye-B-R. Gugus reaktif terdiri dari dua bagian, gugus pembawa dan komponen reaktif. Salah satu contoh zat warna reaktif dengan gugus reaktif golongan vinil sulfon telah diperkenalkan Hoechst tahun 1958 dengan nama dagang *Remazol* atau rumus umumnya adalah dye (Kirk dan Othmer, 1992).

Beberapa gugus kromofor yang biasa digunakan dalam zat warna pada gambar berikut :




Gambar 2.4. Gugus-gugus kromofor dalam zat warna (Abdullah, 2010)

Zat warna pada umumnya mengandung gugus kromofor yang stabil. Gugus–gugus kromofor dapat menyebabkan limbah cair industri tekstil hasil pengolahan yang sudah jernih dapat menjadi berwarna kembali dalam beberapa

menit kontak dengan udara (teroksidasi). Gugus kromofor senyawa azo (monoazo, disazo, trisazo) sukar diuraikan dan bersifat karsinogenik sehingga berbahaya bagi makhluk hidup sekitar (Priyo *et al*., 1999).

Limbah zat warna tekstil menjadi perhatian karena konsumsi tekstil akan mengikuti peningkatan populasi penduduk dan sebagian besar zat warna dibuat agar mempunyai retensi terhadap lingkungan seperti pengaruh pH dan temperatur (Albanis *et al*., 2000).

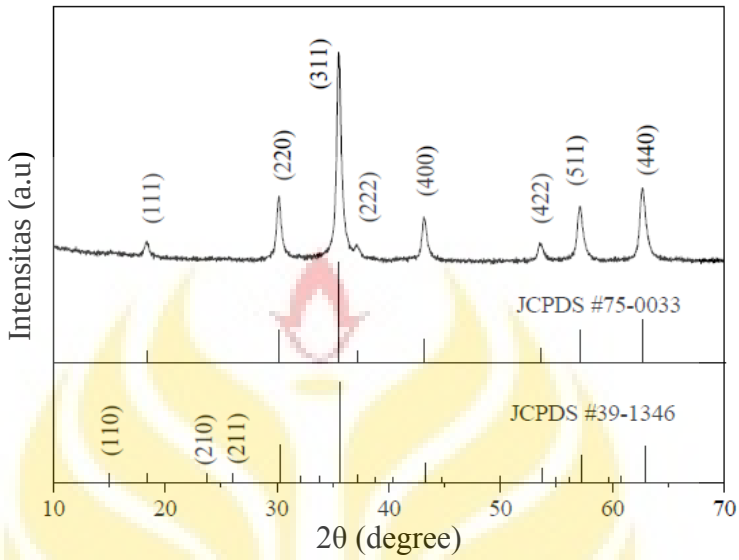
## 2.8 XRD *(X-Ray Diffraction)*

XRD merukapan metode analisis yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan radiasi elektromagnetik sinar-x. Dasar analisis metode difraksi sinar-x adalah pengukuran radiasi sinar-x yang terdifraksi oleh bidang kristal (Wahyuni, 2003).

Metode difraksi sinar-x cocok untuk pemeriksaan bahan kristal. Radiasi yang tersebar dapat juga diamati hanya pada arah balok yang terpantulkan dari bidang kristal di bawahnya satu sama lain yang diperkuat oleh interferensi. Menurut Bragg, dalam kristal nyata dengan jarak interplanar (kisi konstan) d, yang mengandung sejumlah besar bidang, hanya diberikan refleksi dari sudut yang terdeteksi, yaitu beberapa sinar-x yang dikirim dalam kristal dan selanjutnya tercermin melalui bidang paralel. Balok tercermin karena perbedaan jarak yang ditempuh oleh sinar s'-s adalah besarnya sama dengan panjang gelombang, interferensi (Pungor, 1994).

Analisis XRD yang dilakukan untuk mengidentifikasi fasa suatu produk dengan mengacu pada pola puncak standar difraksi sinar-x untuk $Fe_3O_4$. Puncak

khas magnetit yang dibandingkan antara sudut 25° hingga 60° antara pola XRD $Fe_3O_4$ hasil sintesis dengan pola difraksi XRD (Susilowati *et al*., 2012).



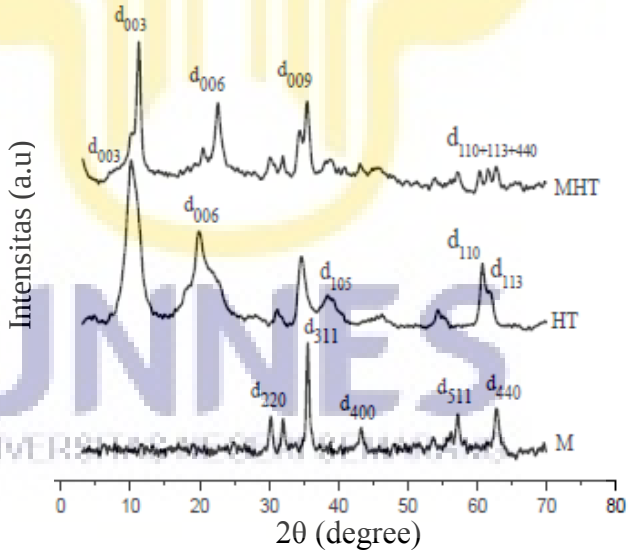

Gambar 2.5 Pola XRD penelitian Cheng, *et al.*,(2010), JCPDS No. #75-0033 ($Fe_3O_4$), dan JCPDS No. #39-1346 (γ $Fe_2O_4$)

Gambar 2.5 menunjukkan pola XRD standar magnetit menurut JCPDS *(Joint Committee on Powder Diffraction Standards)* dan penelitian dari Cheng, *et al.*, (2010). Yu, *et.al*, (2010) meringkas pola difraksi dari magnetit ($Fe_3O_4$) menurut JCPDS No. 19-0629 yang disajikan pada Tabel 2.2.

Pada penelitian lain melaporkan pola XRD dari magnetit, hidrotalsit, dan komposit hidrotalsit-magnetit diilustrasikan pada Gambar 2.6 Rangkaian puncak karakteristik untuk magnetit adalah puncak yang kuat terletak di 2θ = 30,2°, 35,6°, 43,3°, 57,1°, dan 62,7° yang dapat ditentukan ke refleksi (220), (311), (400), (511) dan (440). (Sulistyaningsih *et al.*, 2013).

Tabel 2.2. Data XRD $Fe_3O_4$ menurut JCPDS No. 19-0629

| JCPDS #75-033 | | |
|---|---|---|
| (hkl) | Intensitas (a.u.) | 2θ |
| 111 | 8 | 18,269 |
| 220 | 30 | 30,095 |
| 311 | 100 | 35,422 |
| 222 | 8 | 37,052 |
| 400 | 20 | 43,052 |
| 422 | 10 | 53,391 |
| 511 | 30 | 56,942 |
| 440 | 40 | 62,515 |
| 531 | 2 | 65,743 |
| 620 | 4 | 70,924 |
| 533 | 10 | 73,948 |
| 622 | 4 | 74,960 |
| 444 | 2 | 78,929 |
| 642 | 4 | 86,617 |




Gambar 2.6 Spektra XRD M (magnetit), HT (hidrotalsit), dan MHT (magnetit hidrotalsit) (Sulistyaningsih *et al*. 2013)

Ukuran rata-rata kristal magnetit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Debye-Sherrer (Wu *et al*., 2011). Persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$L=\frac{K\lambda}{\beta \cos\theta}$$

L adalah setara dengan diameter rata-rata inti kristal; K adalah faktor bentuk butiran (K = 0.94); λ adalah panjang gelombang insiden sinar-X; β menunjukkan FWHM *(Full Width at Half Maximum )* yang dinyatakan dalam radian (Wu *et al*., 2011).

Berdasarkan hasil pola XRD untuk hidrotalsit puncak muncul di 2θ: 11.17 °, 22,62 °, 35,39 °, 62,67 °. Puncak karakteristik dari hidrotalsit dan komposit hidrotalsit-magnetit menunjukkan bahwa keduanya memiliki struktur berlapis dengan *basal spacing* 7.91Å dan 8.86Å yang menunjukkan anion $NO_3$ di interlayer (Kloprogge *et al.*, 2002). Puncak hidrotalsit-magnetit yang sesuai dengan jarak basal (009) dibagi menjadi dua sub-puncak. Pada sudut difraksi kecil yang pertama menunjukkan puncak untuk hidrotalsit, sedangkan yang kedua pada sudut difraksi sedikit lebih besar merupakan inti kristal magnetit yang berada pada permukaan yang hidrotalsit (Chang *et al.*, 2011). Puncak yang tajam untuk magnetit (M) dan hidrotalsi-magnetit (M-HT), dapat disimpulkan bahwa diperoleh produk yang memiliki kristalinitas yang lebih baik (Sulistyaningsih *et al.*, 2013).

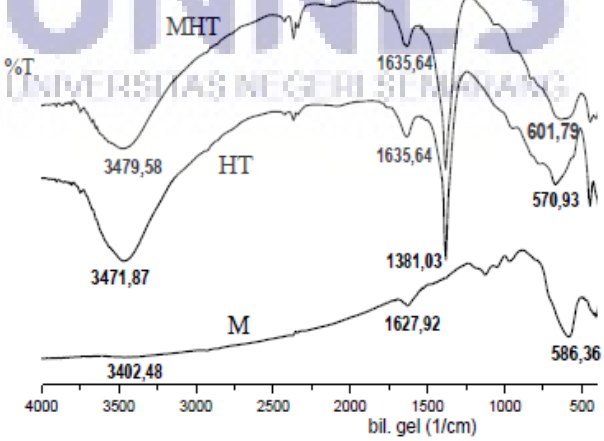
## 2.9 Spektrofotometer UV-VIS

Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmitan atau absorban suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrofotometer merupakan

gabungan dari alat optik dan elektronika serta sifat-sifat kimia fisiknya. Detektor dapat mengukur intensitas cahaya yang dipancarkan secara tidak langsung (cahaya yang diabsorbsi). Tiap media akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu tergantung pada senyawa atau warna yang terbentuk (Zysk, 2007). Pengukuran konsentrasi zat warna *Remazol Yellow FG* dilakukan pada panjang gelombang maksimum 414,50 nm (Purnawan *et al*., 2011).

## 2.10 FTIR *(Fourier Transform Innfra Red)*

Identifikasi jenis ikatan pada hasil sintesis bertujuan untuk mengetahui puncak khas dari suatu ikatan kimia pada partikel hasil sintesis. Identifikasi jenis ikatan dilakukan menggunakan FTIR. Daerah serapan FTIR pada senyawa magnetit hasil sintesis ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak vibrasi pada daerah 417 $cm^{-1}$ dan 548 $cm^{-1}$. Serapan pada daerah ini menunjukkan bahwa terdapat ikatan gugus logam dengan oksigen yaitu ikatan Fe-O dari $Fe_3O_4$ yang terbentuk. Pada daerah 3000-3600 cm-1 menunjukkan adanya gugus OH dari air (Sulistyaningsih, 2013).




Gambar 2.7 Spektra FTIR dari M(magnetit), HT(Hidrotalsit), dan MHT (magnetit-hidrotalsit) (Sulistyaningsih *et al*., 2013)

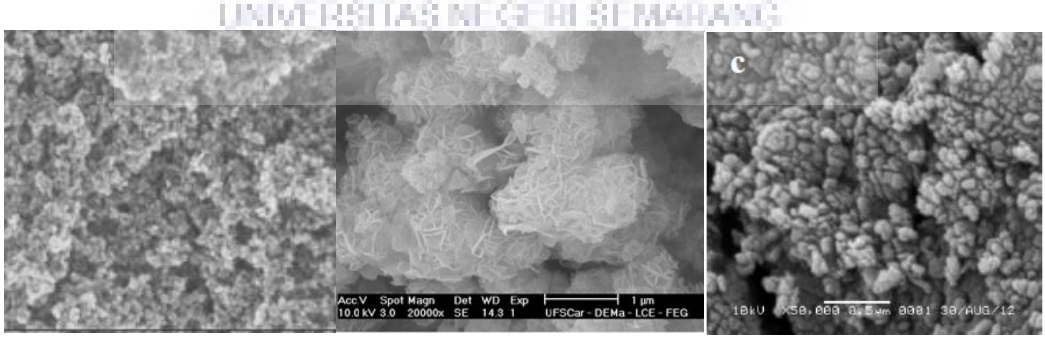
Analisis FTIR untuk magnetit digunakan untuk identifikasi gugus fungsional dan kemurnian magnetit sedangkan untuk hidrotalsit, digunakan untuk mendapatkan informasi tentang anion yang ada dalam interlayer antarlapisnya. Puncak pada 1.627 dan 3.402 $cm^{-1}$ dapat dikaitkan dengan getaran peregangan kelompok hidroksil pada permukaan nanopartikel magnetit (Petcharoen dan Sirivat, 2012). Dapat ditarik kesimpulan bahwa pada permukaan $Fe_3O_4$ terjadi hidrolisis dan membentuk $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ dan FeOOH (Lu *et al.*, 2010). Puncak serapan pada bilangan 3.402 $cm^{-1}$ lemah menunjukkan bahwa kristalisasi magnetit menurun. Spektrum FTIR hidrotalsit dan hidrotalsit magnetit muncul pita serapan kuat pada bilangan gelombang 1381 $cm^{-1}$ yang merupakan peregangan getaran $NO_3^-$. Hal ini menunjukkan bahwa anion nitrat hadir di antara lapisan hidrotalsit-magnetit (Kloprogge *et al.*, 2002). Serapan lemah pada bilangan gelombang 1635 $cm^{-1}$ menunjukkan vibrasi -OH dari $H_2O$ pada interlayer dan lebih luas jumlah gelombang serapan 3471 atau 3479 $cm^{-1}$ menunjukkan peregangan getaran –OH, Mg-OH dan Al-OH (Frost *et al.*,2009).

## 2.11 SEM *(Scanning Electron Microscope)*

Mikroskop elektron *scanning* (SEM) merupakan golongan mikroskop elektron yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya. SEM digunakan untuk mempelajari detil arsitektur permukaan sel (atau struktur renik lainnya), mengamati material dalam daerah makro dan submikron, dan obyek diamati secara tiga dimensi. SEM merupakan salah satu mikroskop elektron yang mampu menghasilkan gambar permukaan padatan dengan resolusi tinggi (Herguth dan Nadeau, 2004).

Pada SEM, gambar dibentuk oleh berkas elektron yang sangat halus yang difokuskan pada permukaan material. SEM tidak memiliki lensa obyektif, lensa intermediet, dan lensa proyektor untuk memperbesar gambar. Perbesaran dihasilkan dari perbandingan luas area material yang di*scan* terhadap luas area layar monitor. Peningkatan perbesaran SEM dapat dilakukan dengan men*scan* berkas elektron terhadap luas permukaan material yang cukup sempit. Ruang sampel harus selalu dalam kondisi vakum apabila SEM digunakan. Beberapa alasan kenapa hal ini harus dilakukan adalah apabila material dalam lingkungan yang terisi gas tertentu, berkas tidak dapat dihasilkan dan tetap karena ketidakstabilan yang terlalu besar dari berkas. Gas dapat bereaksi dengan sumber elektron yang dapat menyebabkan terjadinya ledakan atau menyebabkan elektron dalam berkas mengion dan mengakibatkan ketidakstabilan berkas. Transmisi berkas yang melewati kolom optik elektron dapat juga diganggu oleh adanya molekul lain. Molekul lain tersebut, yang dapat berasal dari material atau mikroskop, dapat menghasilkan senyawa dan melekat pada material. Hal ini dapat menyebabkan turunnya kontras gambar dan mengaburkan detil gambar (Herguth dan Nadeau, 2004). Contoh gambar SEM disajikan pada Gambar 2.8.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG




Gambar 2.8. Gambar SEM dari (a) magnetit (Pang, 2010) (b) hidrotalsit (Castro, *et al.*,, 2011), dan (c) hidrotalsit-magnetit (Sulistyaningsih *et al*., 2013)

# BAB 5

# SIMPULAN DAN SARAN

## 5.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karakteristik Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil preparasi berdasarkan spektra FTIR, pola XRD, dan SEM menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan.
2. pH optimum untuk media adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil sintesis terhadap zat warna *Remazol Yellow FG* terjadi pada pH 4 dan 3.
3. Kinetika adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil sintesis terhadap zat warna *Remazol Yellow FG* mengikuti model kinetika adsorpsi pseudo orde dua Ho.
4. Isoterm adsorpsi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi hasil sintesis terhadap zat warna *Remazol Yellow FG* lebih mengikuti model isoterm adsorpsi Freundlich.

## 5.2 SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk aplikasi Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit dan Mg/Al-$NO_3$ hidrotalsit-magnetit kalsinasi pada adsorpsi variasi suhu untuk mempelajari termodinamika adsorpsi.

# DAFTAR PUSTAKA


Abdullah, F.U. 2010. *Penurunan Kadar Zat Warna Remazol Yellow FG Menggunakan Adsorben Semen Portland.Skripsi*. Surakarta: Universitas Negeri Sebelas Maret.

Aktins, P. dan J. D. Paula. 1998. *Physical Chemistry*. New York: Oxford University Press.

Allen S.J., G. Mc Kay, dan J.F. Porter. 2004. Adsorption Isotherm Models for Basic Dye Adsorption by Peat in Single and Binary Component Systems. *Journal Colloid Interface Science* (280): 322-333.

Amri, A. 2004. Kesetimbangan Adsorpsi optional campuran Biner Cd(II) dan Cr(II) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*: 111-117.

Anonim. 2013. *Proses Pengolahan Bijih Besi*. Tersedia di http://www.erfolgkimia.com/2013/10/proses-pengolahan-besi.html. [diakses 21-11-2015].

Ardhayanti, L.I. 2014. *Sintesis Magnetit-Mg/Al Hidrotalsit dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi Zat Warna Navy Blue dan Yellow F3G.Tesis*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Arief, F.. 2012. *Sintesis Komposit Kitosan/Polimetilmetakrilat/ Montmorillonite Sebagai Adsorben Zat Warna.Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.

Ariguna, I.W.S.P., N.M. Wiratini, dan I.D.K.Sastrawidana. 2014. Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG Dan Limbah Tekstil Buatan Dengan Teknik Elektrooksidasi. *e-Journal Kimia Visvitalis* : (2): 127-137.

Castro, C.S., D. Cardoso, Pedro A. P. Nascente, dan J.M. Assaf.2011. MgAlLi Mixed Oxides Derived from Hydrotalcite for Catalytic Transesterification. *Catalytic Letter* (141):1316–1323.

Chang, Q., L. Zhu, Z. Luo, M. Lei, S. Zhang, dan H. Tang. 2011. Sono-assisted Preparation of Magnetic Maganesium-Aluminium Layered Double Hydroxide And Their Application For Removing Fluoride. *Ultrasonics Sonochemistry* : 553-561.

Chen, C., G. Poernomo, dan R. Xu. 2011. Self-assembled $Fe_3O_4$-Layered Double Hydroxide Colloidal Nanohybrids With Excelent Performance for Treatment of Organic Dyes in Water. *Journal of Materials Chemistry* (21): 1218-1225.

Chen, D., Y. Li, J. Zhang, W. Li, J. Zhou, J. Shao, dan L. Qian. 2012. Efficient Removal of Dyes by A Novel Magnetic $Fe_3O_4$/ZnCr-Layered Double Hydroxide Adsorbent From Heavy Metal Wastewater. *Journal of Hazardous Materials* (243): 152-160.

Cheng, W., K. Tang, Y. Qi, J. Sheng, dan Z. Liu. 2010. One-Step Synthesis of Superparamagnetic Monodisperse Porous $Fe_3O_4$ Hollow and Core-Shell Spheres. *Journal of Material. Chemistry* : 1-4.

Chuang, Y.H., S.J. Choi, J-M Oh, dan Park T., 2008. Removal of 2 Chlorophenol from Aqueous Solution by Mg/Al Layered Double Hydroxide (LDH) and Modified LDH. *Engineering ChemistryResourches.* (47) : 3813-3819).

De Sa, F.P., Cunha B.N.,dan Nunes L.M. 2013. Effect of pH on The Adsorption of Sunset Yellow FCF Food Dye Into A Layered Double Hydroxyde (Ca/Al-LDH-$NO_3$). *chemistry Engineering Journal* : (122-127).

Dong, L., Z. Zhu, Y. Qiu, dan J. Zhao. 2010. Removal of Lead From Aqueous Solution By Hydroxyapaite/Magnetite Composite Adsorbent. *Chemical Engineering Journal* (Elsevier) (165): 827-834.

Ermawati, R. dan E. Ratnawati. 2011. Sintesis Nanopartikel Magnetit Dengan Metode Dekomposisi Termal. *Jurnal Kimia dan Kemasan* : 96-101.

Extremera, R., I. Pavlovic, M.. Perez, dan C. Barriga. 2012. Removal of Acid Orange 10 by Calcined and Uncalcined Mg/Al Layered Double Hydroxides from Water and Recovery of The Adsorbed Dye. *Chemistry Engineering Journal* (213) : 392-400.

Frost, R. L. , S. J. Palmer, dan H. Spratt. 2009. Infrared and Near-infrared Spectroscopic Study of Synthetic Hydrotalcite on Adsorption With Variable Divalent/Trivalent Cationic Ratios. *Spectrochemistry Acta A : Molecule. Biomoecule Spectros* (72): 984-988.

Goh, K.H., T.T. Lim, dan Z. Dong. 2008. Application of Layered Double Hydroxide For Removal of Oxyanions. *Water Resourches* (42): 1343-1368.

Hariani, P.L., M.F. Ridwan, Marsi, dan D. Setiabudidaya. 2013. Synthesis and Properties of $Fe_3O_4$ Nanoparticles by Co-precipitation Method to Removal Procion Dye. *International Journal of Environmental Science and Development* : 336-340.

He, J., M. Wei, B. Li, D.G. Evans, dan D. Xue. 2006. Preparation of Layered Double Hydroxides. *Structure Bonding* : 89-119.

Herguth, W. R., dan G. Nadeau. 2004. *Applications of Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS) to Practical Tribology Problems.* Vallejo: SGS Herguth Laboratories.

Ho, Y-S. dan G. Mc Kay. 1999. Pseudo-second Order Model for Sorption Processes. *Processes Biochemistry* (34) : 451-465.

Ho, Y-S. 2006. Review of Second-Order Models for Adsorption System. *Journal Hazardous Materials* (B136) : 681–689.

Ilisz, I., A. Dombi, K. Mogyorosi, A. Farkas, dan I. Dekany. 2002. Removal of 2-chlorophenol From Water by Adsorption Combined With $TiO_2$ Photocatalysis. *Applied Catalitic B-Environment*(1214) : 1-10.

Indrianingsih, A. W. 2006. *Sintesis Magnetit ($Fe_3O_4$) dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi Pb(II) dalam Medium Air.Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Kara, S., C. Aidiner, E. Damribas, M. Kobya, dan N. Dizge. 2006. Modeling The Effect Adsorbent Dose And Particle Size On Adsorption Of Reactive Dyes By Fly Ash. *Journal Desalination* : 282-293.

Keenan. 1999. *Kimia Untuk Universitas.* Jakarta: Erlangga.

Kim, D. Y., M. Mikhaylova, Y. Zhang, dan M. Muhammed. 2003. Protective Coating of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles. *Chemistry Material* (15): 1617-1627

Kirk, dan Othmer. 1992. *Encyclopedia of Chemical Technology. 4 th ed.* . New York: John Willey and Sons.

Kloprogge, J.T., D. Wharton, L. Hickey, dan R.L. Frost. 2002. Infrared and Raman Study of Interlayer Anions $CO_3^{2-}$, $NO_3^-$, $SO_4^{2-}$ and $ClO_4^-$ in Mg/Al-hydrotalcite. *American Mineralogist* : 623-629.

Kovanda, F., D. Kolousek, Z. Cílová, dan V. Hulínský. 2005. Crystallization of Synthetic Hydrotalcit Under Hydrothermal Conditions. *Applied Clay Science* (28): 101-109.

Li, S.P., dan Z.P. Zhou. 2006. Synthesis And Characterization of The Mixed Mg/Al Hydrotalcite-Like Compounds. *Journal of Dispersion Science and Technology* (27): 1076-1084.

Liu, Z. R. Osada, Z. Bay, M, Iyi, Ebina N., Takada Y. Takada K, dan Sasaki T.2006. Synthesis, Anion Exchange, and Delamination of Co-Al Layered Double Hydroxide: Assembly of The Exfoliated Nanosheet/Polyanion Composite Films and Magneto-optical Studies. *Journal American Chemistry Society* (128): 4872-4880.

Lu, W., Y. Shen, A. Xie, dan W. Zhang. 2010. Green Synthesis and Characterization of Mganetite Nanoparticles Via The Chemical Co-Precipitation Method. *Materials Science and Engineering: B* (322): 1828-1833.

Maity, D, dan D.C.Agrawal. 2006. Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles Oxidizing Enviroment And Their Stabilitation in Aqueous And Non-Aqueous Media. *Elsevier*: 46-55.

Malek, A. H., dan Y. Yasin. 2012. Use of Layered Double Hydroxides to Remove Sunset Yellow FCF Dye from Aqueous Solution. *Chemical Science Transaction* (1) : 194-200.

Meier, L.P., R. Nueesch, dan F.T. Madsen. 2001. Organic Pillared Clay. *Journal Colloid Interf. Sci.* (238) : 24-32.

Mi, F., X. Chen, Y. Ma, S. Yin, F. Yuan, dan H. Zhang. 2011. Facile Synthesis of Hierarchical Core-Shell $Fe_3O_4$@MgAl-LDH@Au as Magnetically Recycleable Catalysts for Catalytic Oxidation of ALcohols. *Chemical Communications* (47): 12804-12806.

Miyata, S. 1983. Anion-Exchange Properties of Hydrotalcite-Like Compounds. *Clays Matter* (31): 529-533.

Newmans , S.P. , dan William Jones. 1998. Synthesis, Chracterization, and Aplications of Layered Double Hydroxide Containing Organic Guest. *New Journal Chemistry*: 105-115.

Orthman, J., H. Y. Zhu , dan G. Q. Lu. 2003. Use Anion Clay Hydrotalcite to Remove Coloured Organics from Aqueous Solutions. *Separation and Purification Technology* (30): 53-59.

Pang, S.C., W. H. Khoh, dan S.F. Chin. 2010. Nanoparticulate Magnetite Thin Films As Electrode Materials For The Fabrication OF Electrochemical Capacitors. *Journal Mateial Science* ( 45) : 5598–5604.

Petcharoen, K, dan A. Sirivat. 2012. Synthesis and Characterization of Magnetite Nanoparticles Via The Chemical Co-Presitipation Method. *Elsevier* : 421-427.

Priyo, A., W. Purwanto, dan Pramono E. P.. 1999. Daur Ulang Limbah Hasil Pewarnaan Indsutri Tesktil. *Jurnal Sains and Teknology Indonesia* : 4.

Pungor, E.1994. *A Practical Guide Instrumental Analysis.* New York: CRC Press.

Purnawan, C., Patiha, dan A. A. Qodri. 2011. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow Fg Dengan Fotokatalis Komposit $TiO_2/SiO_2$. *Jurnal Ekosains* (Universitas Sebelas Maret) 1 (3): 17-24.

Rahman, A. 2013. Structure Characterization and Application of Ni Hydrotalcite as Enviromentally Friendly Catalyst For Reductive Amination of Benzaldehyde. *Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies* (4): 75-82.

Seftel, E. M., E. Dvinov, D. Lutic, E. Popvinov, dan C. Ciocoiu. 2006. Synthesis of Hydrotalcite-Type Anionic Clays Containing Biomolecules. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* (7): 2869 - 2874.

Seron, A., dan F. Delorme. 2008. Synthesis of Layered Double Hydroxide (LDHs) With Varying pH : A Valuable Contribution To The Study of Mg/Al LDH Formation Mechanism. *Journal Physical Chemistry solids* (69): 1088-1090.

Sukardjo. 1984. *Kimia Anorganik.* Yogyakarta: Bina Aksara, 1984.

Sulistyaningsih, T., D.S.V. Silalahi, S.J. Santosa, D. Siswanta, dan B. Rusdiarso. 2013. Synthesis And Characterization of Magnetic Mg/Al-$NO_3$-HT Composite Via The Chemical Co-precipitation Method. IPCBEE. Singapore: IACSIT Press : 95-99.

Susilowati, E. N., F.Fajaroh, dan S. Wonorahardjo. 2012. Sintesis Nanopartikel Magnetit ($Fe_3O_4$) Secara Elektrokimia Dan Aplikasinya Sebagai Penyerap Pb(II). Jurnal Kimia : 1-10.

Teja, A.S. dan Koh P. 2008. Syntheis, Properties, and Aplication of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles . *Progress Crystal Growth and Characterization of Materials* : 64-70.

Wahyuni, E.T. 2003. *Hand Out Metode Difraksi Sinar-X.* Yogyakarta: Jurusan Kimia FMIPA UGM.

Wang, N., L. Zhu, D. Wang, M. Wang, Z. Lin, dan H. Tan. 2009. Sono-Assisted Preparation of Highly-efficient Peroxidase-Like $Fe_3O_4$ Magnetic Nanoparticles For Catalytic Removal of Inorganik Pollutants With $H_2O_2$. *Elsevier*: 526-834.

Wasis. 2013. *Sintesis dan karakterisasi Lempung Sintesis Magnetik Mg/Al Hydrotalcite Magnetit.Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Wu, S.*et al*. 2011. $Fe_3O_4$ Magnetic Nanoparticles Synthesis From Tailings by Ultrasonic Chemical Co-precipitation. *Materials Letter*: 1882-1884.

Wu, X., K.N. Hui, K.S. Hui, S.K. Lee,W. Zhaou, R. Chen, D.H. Hwang, Y.R. Cho, dan Y.G. Son. 2012. Adsorption of Basic Yellow 87 from Aqueous Solution onto Two Different Mesoporous Addsorbents. *Chemistry. Engineering Journal* (180) : 91-98.

Yu, B.Y. dan S.Y. Kwak. 2010. Assembly of Magnetite Nanoparticles into Spherical Mesoporous Aggregates with a 3-D Wormhole-Like Porous Structure. *Journal of Material Chemistry*: 1-9.

Zhang, A. , dan Y. Fang. 2007. Desorption Orientations of Methyl Orange on Negatively and Positively Charged Colloidal Silver Particles. *Journal of Colloid and Interface Science* (305): 270-274.

Zhu, M-X., Y-P. Li, M. Xie, dan H-Z. Xin. 2005. Sorption of AnionicDye by Uncalcined and Calcined Layered Double Hydroxides : A Case Study. *Journal Hazardous Materials* (B120) :163-171.

Zysk, A.M. 2007. Needle Based Reflection Refractometry of Scattering Samples Using Coherence Gated Detection. *Opticts Express* (University of Illinois at Urbana Champaign) (2).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG