

**SINTESIS KOMPOSIT MONTMORILLONIT-TiO₂ DAN APLIKASINYA
UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK GULA**

Skripsi

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:
Atin Saraswati
10630032**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2014**

**SINTESIS KOMPOSIT MONTMORILLONIT-TiO₂ DAN APLIKASINYA
UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK GULA**

Skripsi

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:
Atin Saraswati
10630032**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2014**



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Atin Saraswati

NIM : 10630032

Judul Skripsi : Sintesis Komposit Montmorillonit-TiO₂ dan Aplikasinya untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula

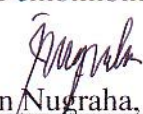
sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut diatas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami menyampaikan terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 4 Juni 2014

Pembimbing


Irwan Nugraha, M. Sc

NIP. 198203292011011005



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Atin Saraswati

NIM : 10630032

Judul Skripsi : Sintesis Komposit Montmorillonit-TiO₂ dan Aplikasinya untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 26 Juni 2014

Konsultan,

Endarujati Sedyadi, M.Sc



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Atin Saraswati

NIM : 10630032

Judul Skripsi : Sintesis Komposit Montmorillonit-TiO₂ dan Aplikasinya untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 26 Juni 2014

Konsultan,

Endarujati Sedyadi, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah :

Nama : Atin Saraswati
NIM : 10630032
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

“Sintesis Komposit Montmorillonit-TiO₂ dan Aplikasinya untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula”

Adalah hasil karya sendiri dan sepanjang sepengetahuan penulis tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian tertentu yang diambil sebagai bahan acuan yang secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 4 Juni 2014

Penulis



Atin Saraswati
NIM. 10630032



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UTN.02/D.ST/PP.01.1/1894/2014

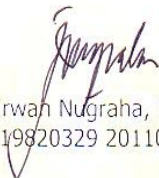
Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : SINTESIS KOMPOSIT MONTMORILLONIT-TiO₂ DAN APLIKASINYA UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK GULA

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Alin Saraswati
NIM : 10630032
Telah dimunaqasyahkan pada : 20 Juni 2014
Nilai Munaqasyah : A


Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :


Ketua Sidang


Irwan Nugraha, M.Sc
NIP. 19820329 201101 1 005

Penguji I

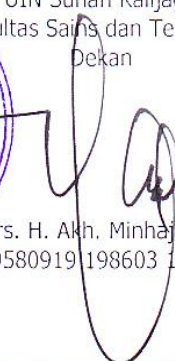

Eendaruji Sediyadi, M.Sc

Penguji II


Pedy Artsanti, M.Sc

Yogyakarta, 26 Juni 2014
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan




Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP. 19580919198603 1 002

HALAMAN MOTTO

*“And when you want something,
the entire universe conspires in helping you to achieve it...”*

(Paulo Coelho)

“ bukan pintar atau sukses sebenarnya hasil akhir dalam hidup.
Namun, lebih penting pada bagian, bagaimana kita menyikapi, menikmati setiap
proses yang ada.”

Young, enthusiastic and charismatic

(Saraswati)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Untuk mama,

Orang pertama yang selalu percaya bahwa aku bisa

Untuk Ayah,

yang telah mengajarkan aku tentang bagaimana bekerja keras

Untuk almamater,

Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga

Yogyakarta

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah mencipta segala kehidupan yang telah memberi kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit Montmorillonit-TiO₂ dan Aplikasinya untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula” ini dapat terselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penulisan skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Akh. Minhaji, MA., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Esti Wahyu Widowati, M.Si., M. Biotech. Selaku Ketua Program Studi Kimia yang telah memberikan motivasi dan pegarahan selama studi.
3. Bapak Irwan Nugraha, M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah secara ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Terima kasih telah menjadi bapak sekaligus teman diskusi, yang membiarkan kami mencari apa yang kami inginkan. Maaf kami hanya bisa mempersembahkan ini.
4. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penulisan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.

5. Untuk Bapak, kerja kerasmu bahkan jauh lebih berat dibanding skripsi dan tugas-tugasku. Untuk mama atas doamu yang tak pernah putus.
Jika *syukur* memiliki derajat lebih mulia dibanding *cinta*, agar engkau tahu, aku bersyukur menjadi anakmu.
6. Ifah, Putri, Ulfah terima kasih sudah menjadi lebih dari sekedar teman. Terima kasih sudah tidak bertanya apa-apa yang tidak ingin kujawab. Bagiku kalian lebih dari mengerti.
7. Mas Arif terimakasih telah memberi cara pandang yang berbeda mengenai hidup dan segala perlakuannya.
8. Teman-teman *Material Chemistry Reseach Group* (Afid, Ulfah, Kuni, Maya, Ardi) atas segala kebersamaan.
9. Mas Rusdi terimakasih telah jadi editor sekaligus teman diskusi yang menyenangkan.
10. Teman-teman kimia 2010 aku bersyukur menjadi bagian dari kalian.

Demi kesempurnaan skripsi ini, kritik dan saran sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

Yogyakarta, 4 Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
NOTA DINAS KONSULTAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori	7
1. Montmorillonit	7
2. Fotokatalis TiO ₂	10
3. Komposit	14
4. Metode Sonokimia	15
5. Limbah Cair Pabrik Gula	16
6. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	18
7. Karakterisasi Komposit Montmorillonit-TiO ₂	19
a. Analisis Difraksi Sinar-X	19
b. Spektroskopi Infra merah	21
c. Analisis Serapan Gas	23
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	26

B. Alat-alat Penelitian	26
C. Bahan Penelitian	26
D. Cara Kerja Penelitian	27
1. Preparasi Montmorillonit	27
2. Sintesis Komposit Montmorillonit-TiO ₂	27
3. Karakterisasi Komposit Montmorillonit-TiO ₂	28
4. Adsorpsi Limbah Cair Pabrik Gula menggunakan montmorillonit	28
5. Fotodegradasi Limbah Cair Pabrik Gula menggunakan Komposit Montmorillonit-TiO ₂	29
6. Analisis COD berdasarkan SNI 06-6989.73-2009	29
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Preparasi Montmorillonit	30
B. Sintesis Komposit Montmorillonit-TiO ₂	31
C. Karakterisasi Komposit Montmorillonit-TiO ₂	33
1. Hasil Analisis Difraksi Sinar-X	33
2. Hasil Spektrofotometer FT-IR	36
3. Analisis Luas Permukaan, Volume Pori, Rerata Jejari Pori dan Distribusi Ukuran Pori	39
D. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Montmorillonit dan Komposit Montmorillonit-TiO ₂	44
 BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	49
B. Saran	50
 DAFTAR PUSTAKA	51
 LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Harga Energi Celah Pita (E_g).....	12
Tabel 4.1	Puncak refleksi TiO_2 dan montmorillonit pada Montmorillonit- TiO_2	35
Tabel 4.2	Daerah serapan FTIR untuk TiO_2 , montmorillonit dan montmorillonit- TiO_2	39
Tabel 4.3	Data luas permukaan spesifik, volume total pori dan rerata jejari pori montmorillonit dan Montmorillonit- TiO_2 yang diperoleh dari analisis serapan gas	40
Tabel 4.4	Persentase Distribusi Pori Montmorillonit dan Montmorillonit - TiO_2	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Montmorillonit	8
Gambar 2.2	Sebagian Koordinasi Ti-O pada struktur <i>anatase</i> dan <i>rutile</i>	11
Gambar 2.3	Mekanisme Kerja Fotokatalis TiO ₂	13
Gambar 2.4	Gambar Skematik Berkas Sinar-X yang Memantul dari Bidang Kristal	21
Gambar 2.5	Klasifikasi Isotermal Adsorpsi IUPAC	24
Gambar 4.1	Difaktogram TiO ₂ , Montmorillonit-TiO ₂ dan Montmorillonit	34
Gambar 4.2	Spektra Inframerah TiO ₂ , Montmorillonit-TiO ₂ dan Montmorillonit	37
Gambar 4.3	Isotermal Adsorpsi-Desorpsi Montmorillonit dan Montmorillonit-TiO ₂	42
Gambar 4.4	Distribusi ukuran pori montmorillonit dan Montmorillonit-TiO ₂ ..	43
Gambar 4.5.	Hasil Pengukuran nilai COD limbah cair pabrik gula secara adsorpsi menggunakan montmorillonit dan fotodegradasi menggunakan komposit montmorillonit-TiO ₂	45
Gambar 4.6	Penurunan nilai COD limbah cair pabrik yang diolah secara adsorpsi menggunakan montmorillonit dan fotodegradasi menggunakan kompositb montmorillonit-TiO ₂	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan Nilai COD.....	55
Lampiran 2	Data Hasil Adsorpsi-Fotodegradasi Limbah Cair Pabrik Gula	60
Lampiran 3	Perhitungan Persentase Distribusi Pori.....	62
Lampiran 4	JCPDS Kristal TiO ₂ Fase <i>Anatase</i>	63
Lampiran 5	Difaktogram Bentonit <i>Raw Material</i>	64
Lampiran 6	Spektra IR Bentonit <i>Raw Material</i>	65
Lampiran 7	Dokumentasi Penelitian	66

SINTESIS KOMPOSIT MONTMORILLONIT-TiO₂ DAN APLIKASINYA UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK GULA

Atin Saraswati

10630032

ABSTRAK

Telah disintesis komposit Montmorillonit-TiO₂ untuk pengolahan limbah cair pabrik gula. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses sintesis komposit Montmorillonit-TiO₂ serta untuk mengetahui waktu optimum dalam proses adsorpsi dan fotodegradasi limbah cair pabrik gula.

Penelitian diawali dengan preparasi montmorillonit dengan metode *siphoning*, sintesis komposit Montmorillonit-TiO₂ dengan metode sonokimia dan pengolahan limbah cair pabrik gula secara adsorpsi dan fotodegradasi. Hasil pembentukan komposit dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Gas Sorption Analyzer* (GSA). Aktivitas komposit Montmorillonit-TiO₂ yang dihasilkan diaplikasikan untuk mendegradasi limbah cair pabrik gula dengan variasi waktu peyinaran UV (panjang gelombang 365 nm) selama 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Kinerja komposit dibandingkan dengan adsorpsi limbah cair pabrik gula menggunakan montmorillonit pada variasi waktu yang sama.

Terbentuknya komposit Montmorillonit-TiO₂ ditunjukkan dengan refleksi TiO₂ pada $2\theta \geq 25,09$. Serapan gugus fungsional montmorillonit mengalami beberapa perubahan bilangan gelombang dari 3448,72 cm⁻¹ ke 3425,58 cm⁻¹, 1041,56 cm⁻¹ ke 1033,85 cm⁻¹ dan pada bilangan gelombang 800-400 cm⁻¹. Luas permukaan spesifik mengalami perubahan dari 66,383 m²/g menjadi 62,291 m²/g, volume total pori dari 1,101 x 10⁻¹ cc/g menjadi 1,598 x 10⁻¹ cc/g dan rerata jejari pori dari 33,1568 Å menjadi 51,3058 Å. Kinerja montmorillonit alam dalam mengadsorpsi limbah cair pabrik gula optimum menurunkan nilai COD sebesar 41,19% setelah dikontakkan selama 90 menit, sedangkan kinerja komposit montmorillonit-TiO₂ dalam mendegradasi limbah cair pabrik gula menurunkan nilai COD sebesar 50,81 % setelah dikontakkan selama 90 menit.

Kata kunci : *Montmorillonit-TiO₂, Metode sonokimia, Limbah cair pabrik gula*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia yang semakin pesat tidak dapat dipisahkan dari masalah pencemaran lingkungan akibat limbah yang dihasilkan. Berbagai industri saat ini termasuk industri gula, membuang limbah ke sungai tanpa ada pengolahan terlebih dahulu atau sudah dilakukan pengolahan tetapi masih belum memenuhi baku mutu limbah cair yang sudah ditetapkan oleh pemerintah. Dengan demikian limbah tersebut dapat mengganggu lingkungan sekitar (Isyuniarto dkk., 2007).

Proses produksi gula tidak terlepas dari limbah (*waste*) dan produk samping (*by-product*) yang dihasilkan selama proses pengolahan. Limbah yang dihasilkan pabrik gula berupa limbah padat yaitu ampas tebu dan limbah cair yang berasal dari air pendingin, air proses dari pencucian pada penghilangan warna dan pencucian endapan. Pengolahan tebu menjadi gula dapat menghasilkan limbah cair sebanyak 1-2 m³/ton tebu (Cliffon, 1994).

Limbah cair pabrik gula dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan jika tidak ditangani secara tepat karena mengandung sejumlah besar karbohidrat, protein, lemak, dan sisa-sisa bahan kimia yang digunakan baik dalam pengolahan dan pembersihan. Masalah yang mungkin timbul dalam operasi pabrik gula akibat limbah cair diantaranya polusi di badan air karena kontaminasi, deoksigenisasi oleh efluen limbah cair serta bau menyengat akibat biodegradasi limbah dalam bentuk gas hidrogen sulfida (LPP, 2006).

Beberapa teknik dan metode penanggulangan limbah cair pabrik gula telah dikembangkan. Isyuniarto dkk. (2007) telah melakukan penelitian mengenai proses ozonisasi pada limbah cair pabrik gula, akan tetapi dalam prosesnya tetap dikombinasikan dengan koagulasi tawas, adsorpsi dengan zeolit dan ditambah lagi dengan biaya operasional reaktor yang cukup tinggi. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendegradasi limbah cair pabrik gula adalah fotokatalis. Pemilihan fotokatalis merupakan suatu cara yang prospektif untuk digunakan karena fotokatalis dapat mendegradasi polutan organik hingga tingkat mineralisasi. Aktivitas fotokatalis TiO_2 cukup efisien karena mampu bekerja dengan bantuan energi matahari (Kabra dkk., 2004).

TiO_2 merupakan salah satu fotokatalis yang aktivitasnya cukup tinggi dengan energi celah pita 3,2 eV. Sifatnya yang tidak toksik serta mudah didapat menjadikan TiO_2 cukup potensial digunakan sebagai alternatif degradasi limbah (Andayani dan Sumartono, 2007). Namun, tingginya aktivitas fotokatalis TiO_2 tidak diimbangi oleh kemampuannya dalam mengadsorpsi senyawa target, sehingga proses degradasi fotokatalitik tidak berjalan dengan baik karena peluang kontak TiO_2 dengan polutan kurang maksimal, sehingga untuk menutupi kekurangan tersebut maka TiO_2 dapat dimodifikasi dengan mengembangkannya pada suatu material pendukung yang memiliki kemampuan adsorpsi yang cukup tinggi. Beberapa jenis material berpori yang dapat digunakan sebagai adsorben diantaranya silika gel, karbon aktif, zeolit dan bentonit (alumino silikat).

Bentonit adalah sejenis lempung yang banyak mengandung mineral Montmorillonit. Montmorillonit terdiri atas alumina-silika yang memiliki

konfigurasi 2:1 dengan sifat khas *swelling* (dapat mengembang) (Tan, 1991). Montmorillonit merupakan salah satu alternatif adsorben yang baik karena selain aktivitas adsorbsinya cukup tinggi, sumber montmorillonit cukup melimpah didapatkan di Indonesia (Fatimah, 2014).

Salah satu metode pengembunan TiO_2 pada montmorillonit dapat dilakukan dengan bantuan gelombang ultrasonik. Waluyo dkk. (2013) melaporkan penggunaan gelombang ultrasonik merupakan metode yang sangat baik untuk membantu menghasilkan ukuran partikel yang lebih kecil dan waktu reaksi yang lebih singkat. Penggunaan gelombang ultrasonik telah menarik banyak sekali perhatian dan menjadi sangat populer dalam membentuk reaksi kimia yang bersih, aman dan murah. Oleh karena itu, metode sintesis dengan gelombang ultrasonik telah dinyatakan sebagai metode sintesis *green chemistry* yang lebih ramah lingkungan.

Timuda (2009) melakukan sintesis nanopartikel TiO_2 dengan bantuan gelombang ultrasonik dengan variasi waktu. Ukuran partikel TiO_2 dilaporkan menjadi semakin kecil seiring dengan meningkatnya waktu radiasi gelombang ultrasonik. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan sintesis komposit yang terdiri dari material berpori montmorillonit dan fotokatalis TiO_2 yang dipreparasi dengan bantuan gelombang ultrasonik. Harapannya komposit Montmorillonit- TiO_2 yang disintesis dengan prinsip *green chemistry* dengan bantuan gelombang ultrasonik akan mempermudah dispersi TiO_2 dalam montmorillonit yang lebih efektif dan efisien serta meningkatkan aktivitas degradasi fotokatalitiknya terhadap limbah cair pabrik gula.

B. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dalam pembahasannya, maka diambil batasan masalah sebagai berikut :

1. Montmorillonit yang digunakan sebagai pengemban berasal dari Na-Bentonit.
2. TiO_2 yang digunakan adalah TiO_2 P25 *Degussa*.
3. Metode pembentukan komposit yang digunakan adalah metode sonokimia.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan di atas, rumusan masalah yang dapat diusulkan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pembentukan komposit Montmorillonit- TiO_2 dengan metode sonokimia?
2. Bagaimana karakteristik komposit Montmorillonit- TiO_2 ?
3. Bagaimana kinerja montmorillonit dalam mengadsorpsi limbah cair pabrik gula serta bagaimana kinerja komposit Montmorillonit- TiO_2 dalam mendegradasi limbah cair pabrik gula ?

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui proses pembentukan komposit Montmorillonit- TiO_2 dengan metode sonokimia.
2. Mengetahui karakteristik komposit Montmorillonit- TiO_2 dengan metode yang digunakan.

3. Mengetahui kinerja montmorillonit dalam mengadsorpsi limbah cair pabrik gula serta bagaimana kinerja komposit Montmorillonit-TiO₂ dalam mendegradasi limbah cair pabrik gula?

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat :

1. Memberi informasi mengenai sintesis komposit Montmorillonit-TiO₂ menggunakan metode yang lebih *green chemistry* (ramah lingkungan), yakni dengan metode sonokimia.
2. Memberikan alternatif solusi penanganan limbah cair pabrik gula agar tidak mencemari lingkungan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sintesis komposit Montmorillonit-TiO₂ dilakukan dengan metode sonokimia menghasilkan komposit dengan ciri-ciri: Jarak antar lapis montmorillonit mengalami peningkatan akibat adanya TiO₂, interaksi antara montmorillonit dan TiO₂ dalam komposit adalah interaksi secara fisik, luas permukaan komposit menurun, akan tetapi volume total pori dan jejari pori komposit Montmorillonit-TiO₂ mengalami peningkatan.
2. Karakteristik komposit Montmorillonit-TiO₂ ditunjukkan dengan refleksi TiO₂ pada $2\theta \geq 25,09$. Serapan gugus fungsional montmorillonit mengalami beberapa perubahan bilangan gelombang dari 3448,72 cm⁻¹ ke 3425,58 cm⁻¹, 1041,56 cm⁻¹ ke 1033,85 cm⁻¹ dan pada bilangan gelombang 800-400 cm⁻¹. Luas permukaan spesifik mengalami perubahan dari 66,383 m²/g menjadi 62,291 m²/g, volume total pori dari 1,101 x 10⁻¹ cc/g menjadi 1,598 x 10⁻¹ cc/g dan rerata jejari pori dari 33,1568 Å menjadi 51,3058 Å.
3. Kinerja montmorillonit dalam mengadsorpsi limbah cair pabrik gula optimum menurunkan nilai COD sebesar 41,19% setelah dikontakkan selama 90 menit, sedangkan kinerja komposit montmorillonit-TiO₂ dalam mendegradasi limbah cair pabrik gula menurunkan nilai COD sebesar 50,81 % setelah dikontakkan selama 90 menit.

B. Saran

1. Dalam pembentukan komposit montmorillonit-TiO₂ sebaiknya dilakukan terlebih dahulu penentuan frekuensi dan waktu yang optimum dalam penggunaan gelombang ultrasonik, karena setiap bahan memiliki respon yang berbeda-beda terhadap gelombang ultrasonik.
2. Limbah cair pabrik gula yang akan di adsorpsi maupun difotodegradasi sebaiknya diolah terlebih dahulu secara flokulasi dan koagulasi sehingga dapat diadsorpsi dan difotodegradasi secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G. Santika S.S. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional: Surabaya.1984.
- Adamis dan Williams. *Bentonite, Kaolin, and Selected Clay Minerals*. World Health Organization: Geneva, 2005.
- Andayani, W. dan Sumartono, A. Penguraian Pentaklorofenol Secara Fotokatalitik Menggunakan TiO₂ Imobil, *Indo. J. Chem.* 2007, 7, 1, 17-24.
- Chang, Raymond. *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti, Edisi Ketiga*. Erlangga: Jakarta, 2003.
- Cliffton, P. *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia. Sumber Pengendalian dan Baku Mutu*. Environmental Management Development in Indonesia. Jakarta, 1994.
- Cotton, F .A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., dan Bochmann, M. *Advanced Inorganic Chemistry*. 6th ed. John Willey and Sons Inc., Van Couver, 1999.
- Day,R. A., dan Underwood, A. L., *Analisis Kimia Kuantitatif (Penerjemah Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Ph. D.)*, Penerbit Erlangga: Jakarta 1999.
- Darmansyah. *Evaluasi Sifat Fisik dan Mekanik Material Komposit Serat-Resin Berbahan Dasar Serat Nata de Coco dengan Penambahan Nanofiller*. Thesis. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Indonesia, 2010.
- Fatimah, I., dan Wijaya, K., *Sintesis TiO₂/Zeolit sebagai Fotokatalis pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapoika secara Adsorpsi-Fotodegradasi*. TEKNOIN. 2005, 10, 4, 257-267.
- Fatimah, I., Wijaya, K. *Titania Dioksida Terdispersi pada Zeolit Alam (TiO₂-zeolit) dan Aplikasinya untuk Degradasi Congo Red*, *Indo. Journal Chem.* 2006, 6 (1): 38-42.
- Fatimah, I. *Kinetika Kimia*. Graha Ilmu: Yogyakarta. 2013. Fatimah, I. *Composite of TiO₂-montmorillonite from Indonesia and Its photocatalytic Properties in Metthylene Blue and E.Coli Reduction*. *J.Mater. Environ. Sci.* 2012., 3 (5): 983-992.
- Fatimah, I. *Adsorpsi dan Katalisis Menggunakan Material Berbasis Clay*. Graha Ilmu: Yogyakarta. 2014.
- Fujishima, A., Irie, H., Hashimoto, K., *TiO₂ Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospect*. *Japanese Journal Of Applied Physics.* 2005, 44: 8269-8285. Hoffman, Michael, R., Martin, Scot, T., Choi, W., and Bahnemann, Detlef, W., *Environmental applications of Semiconductor Photocatalysis*, *Chem. Rev.*, 1995, 69-96.
- Hui, L. K. *Photodegradation-Adsorption of Organic Dyes Using Immobilized Chitosan Supported Titanium Dioxide Photocatalyst*. Disertasi. Universitas Putra Malaysia. Kuala Lumpur. 2007.

- Ismunandar, *Padatan Oksida Logam: Struktur, Sintesis dan Sifat-sifatnya*. Penerbit ITB: Bandung. 2006.
- Isyuniarto, Usada, Widdi., Suryadi dan P., Agus. *Proses Ozonisasi Limbah Cair Pabrik Gula*. Jurnal Kimia Indonesia. 2007. Vol. 2 (1), h. 1-5
- Jitputti J, Pavasupree S, Suzuki Y, Yoshikawa. Synthesis of TiO₂ Nanotubes and Its Photocatalytic Activity for H₂ Evolution. *Japanese Journal of Applied Physics*. 2008. 47(1): 751–756.
- Kabra K., Chaudhary R. and Sawhney R.L., *Treatment of Hazardous Organic dan Inorganic Compound through Aqueous-Phase Photocatalysis: A Review*, Ind. Eng. Chem. Res. 2004, 43, 7683-7696.
- Khan, R., and Marshal, D. *Nanocrystalline Bioactive TiO₂-chitosan Impedimetric Immunosensor for Ochratoxin-A*, Electrochemistry Communications. 2008, 10, 492-495.
- Khopkar, S.M. *Konsep Dasar Kimia Analitik, Alih Bahasa: A. Saptorahardjo*. UI Press: Jakarta. 2007.
- Lowell, S., dan Shields, J. E. *Powder Surface Area and Porosity*. 2nd ed. Chapman and Hall Ltd. London. 1984.
- LPP. *Penuntun Analisis Limbah Cair Pabrik Gula*. LPP: Yogyakarta. 2006.
- Mattews. F.L. *Composite Material: Engineering and science*. Woodhead Publishing Limited. England. 1999.
- Misriyani. Sintesis Komposit Mn-TiO₂-SiO₂ sebagai Fotokatalis pada Degradasi Metien Biru. Tesis. UGM: Yogyakarta.
- Morris, M.C., McMurdie, H. F., Evans, E. H. Standard X-Ray Diffraction Powder Patterns Section 18 Data for 59 Substances. *National Bureau of Standards*. Washington. 1981.
- Murray, H. H. *Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaloin, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite and Commons Clays*. 1th ed. Amsterdam: Elsevier. 2007.
- Nugraha, I. dan Somantri, A., 2013, Karakterisasi Bentonit Alam Indonesia Hasil Pemurnian dengan Menggunakan Spektroskopi IR, XRD dan SAA, *Prosiding Seminar Nasional Kimia: Peran Kimia dan Pendidikan Kimia dalam Rangka Mencapai Kemandirian Bangsa*: Yogyakarta, 2013. 441-448.
- Ogawa, M. *Preparation of Clay-Organic Intercalation Compound by Solid-Solid Reaction and Their Application to Photo-Functional Material*. Dissertation. Waseda University. Tokyo. 1992.
- Purnama, Irpan. Pengaruh Komposisi Berat TiO₂ dalam Campuran TiO₂-Kitosan dalam Menguraikan Zat Warna Metilen Biru. Skripsi S1. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. 2012.

- Pinnavaia, T. J., Kim, H., *Molecular Engineering of Lamellar Solids, I. Principles Derived from The Pillared Smectite Clays, Zeolite Microporous Solids: Syntesis, Structure and Reactivity*, Kluwer Academic Publishers, Amsterdam. 1992.
- Rusdi, Moh. Preparasi Komposit Film TiO₂-Kitosan untuk Fotodegradasi Zat Warna Methylen Orange. Skripsi S1. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. 2012.
- Ryu, Z., Zheng, J., Wang, M. dan Zhang, B. *Characterization of Pore size Distributions on Carbonaceous Adsorbents by DFT*. Carbon. 1999. 37. 1257-1264.
- Sastrohamidjojo, H. *Spektroskopi*, Edisi ketiga, Liberty, Yogyakarta. 2007.
- Subechi, A.A. Studi Degradasi Metilen Biru oleh Komposit kitosan-TiO₂. Skripsi S1. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. 2011.
- Suslick and Garreth J. Price. *Application of ultrasound to material chemistry*. Annu. Rev. Mater. Sci., 29. 1999, pp. 295-366.
- Sumerta, I Kadek, Karna Wijaya, Iqmal Tahrir. Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis TiO₂-Montmorilonit dan Sinar UV. *Makalah Seminar Nasional Pendidikan Kimia. Universitas Negeri Yogyakarta*. 2002.
- Suraputra, *Adsorpsi Gas Monoksida (CO) dan Penjernihan Asap Kebakaran menggunakan Zeolit Alam Lampung Termodifikasi TiO₂*. Skripsi S1. Universitas Indonesia. 2011.
- Tan, K.H. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 1991.
- Timuda, GE. Tesis: Sintesis Nanopartikel TiO₂ dengan Metode Sonokimia untuk Aplikasi Sel Surya Tersensitasi Dye Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Manggis dan Plum sebagai Photosensitizer. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. 2009.
- Utracki, L.A., *Clay-Containing Polymeric Nanocomposites*, Rapra Technology Limited, Shawbury United Kingdom. 2004.
- Waluyo, Tomi Budi, Suryadi, Nurul T. R., Pembuatan Partikel Nano Fe₂O₃ dengan Kombinasi Ball-milling dan Ultrasonic-Milling. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVII HFI Jateng & DIY ISSN: 0853-0823*, Solo. 2013.
- West, A.R., *Solid State Chemistry and its Application*, John Willey and Sons, Ltd., New York. 1984.
- Yuniasih, Solikhatun. *Fotodegradasi Fenol dengan Sinar UV Menggunakan Katalis TiO₂-Montmorillonit*. Skripsi S1. UGM Yogyakarta. 2006.
- Yates, J.T., A.L. Linsebigler and G. Lu. *Photocatalysis on TiO₂ Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results*. Chems. Rev 1995. 95: 735-758.

Zhang, Y.Y, Jiang, H., Zhang, Y., Xie, J. F., *The Dipersity-Deoendent Interaction between Montmorillonite Supported nZVI and Cr(VI) in aqueos solution. Chemical Enggineering Journal.* 2013, 229, 412-419.

Zubaeta, C.E., Paula, V.M, Carina Luengo, Mariana, D., Olga Pieroni, Pablo, C.S. *Reactive Dyes Remotion by Porous TiO₂-Chitosan Material, Journalof Hazard Mater.* 2008, 152, 765-777.

Lampiran 1. Perhitungan Nilai COD

1. Nilai COD awal Limbah Cair Pabrik Gula

$$\begin{aligned} \text{N FAS} &= 0,0228 \text{ N} \\ \text{Blangko} &= 6,40 \text{ ml} \\ \text{Volume titrasi} &= 3,93 \text{ ml (Pengenceran 50x)} \\ \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml} \\ &= (6,40 - 3,93)0,0228 \times 8 \times \frac{1000}{5} \\ &= 2,47 \times 0,0228 \times 8 \times 200 \\ &= 91,06 \times 50 \text{ (pengenceran)} \\ &= 4553,40 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

2. Limbah cair pabrik gula adsorpsi montmorillonit 30 menit

$$\begin{aligned} \text{N FAS} &= 0,0228 \text{ N} \\ \text{Blangko} &= 6,40 \text{ ml} \\ \text{Volume titrasi} &= 2,17 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\ \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml} \\ &= (6,40 - 2,17)0,0228 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \\ &= 4,23 \times 0,0228 \times 8 \times 400 \\ &= 308,6208 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\ &= 3086,20 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

3. Limbah cair pabrik gula adsorpsi montmorillonit 60 menit

$$\begin{aligned} \text{N FAS} &= 0,0228 \text{ N} \\ \text{Blangko} &= 6,40 \text{ ml} \\ \text{Volume titrasi} &= 2,20 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\ \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml} \\ &= (6,40 - 2,20)0,0228 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,20 \times 0,0228 \times 8 \times 400 \\
 &= 306,432 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\
 &= 3064,32 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

4. Limbah cair pabrik gula adsorpsi montmorillonit 90 menit

$$\begin{aligned}
 \text{N FAS} &= 0,0227 \text{ N} \\
 \text{Blangko} &= 6,20 \text{ ml} \\
 \text{Volume titrasi} &= 2,53 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\
 \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml} \\
 &= (6,20 - 2,53)0,0227 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \\
 &= 3,67 \times 0,0227 \times 8 \times 400 \\
 &= 266,5888 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\
 &= 2665,89 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

5. Limbah cair pabrik gula adsorpsi montmorillonit 120 menit

$$\begin{aligned}
 \text{N FAS} &= 0,0227 \text{ N} \\
 \text{Blangko} &= 6,20 \text{ ml} \\
 \text{Volume titrasi} &= 1,94 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\
 \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml} \\
 &= (6,20 - 1,94)0,0227 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \\
 &= 4,26 \times 0,0227 \times 8 \times 400 \\
 &= 309,4464 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\
 &= 3094,46 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

6. Limbah cair pabrik gula adsorpsi montmorillonit 150 menit

$$\begin{aligned}
 \text{N FAS} &= 0,0176 \text{ N} \\
 \text{Blangko} &= 8,32 \text{ ml} \\
 \text{Volume titrasi} &= 2,38 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\
 \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (8,32 - 2,38) 0,0176 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \\
 &= 5,94 \times 0,0176 \times 8 \times 400 \\
 &= 334,541 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\
 &= 3345,41 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

7. Limbah cair pabrik gula fotodegradasi dengan komposit montmorillonit-TiO₂
30 menit

$$\begin{aligned}
 \text{N FAS} &= 0,0227 \text{ N} \\
 \text{Blangko} &= 6,20 \text{ ml} \\
 \text{Volume titrasi} &= 2,33 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\
 \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml} \\
 &= (6,20 - 2,33)0,0227 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \\
 &= 3,87 \times 0,0227 \times 8 \times 400 \\
 &= 281,1168 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\
 &= 2811,17 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

8. Limbah cair pabrik gula fotodegradasi dengan komposit montmorillonit-TiO₂
60 menit

$$\begin{aligned}
 \text{N FAS} &= 0,0227 \text{ N} \\
 \text{Blangko} &= 6,20 \text{ ml} \\
 \text{Volume titrasi} &= 2,43 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\
 \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml} \\
 &= (6,20 - 2,43)0,0227 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \\
 &= 3,77 \times 0,0227 \times 8 \times 400 \\
 &= 273,8528 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\
 &= 2738,53 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

9. Limbah cair pabrik gula fotodegradasi dengan komposit montmorillonit-TiO₂
90 menit

$$\begin{aligned}
 \text{N FAS} &= 0,0268 \text{ N} \\
 \text{Blangko} &= 5,3 \text{ ml} \\
 \text{Volume titrasi} &= 2,7 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\
 \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml} \\
 &= (5,3 - 2,7)0,0268 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \\
 &= 2,6 \times 0,0268 \times 8 \times 400 \\
 &= 222,976 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\
 &= 2229,76 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

10. Limbah cair pabrik gula fotodegradasi dengan komposit montmorillonit-TiO₂
120 menit

$$\begin{aligned}
 \text{N FAS} &= 0,0227 \text{ N} \\
 \text{Blangko} &= 6,20 \text{ ml} \\
 \text{Volume titrasi} &= 2,20 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\
 \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml} \\
 &= (6,20 - 2,20)0,0227 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \\
 &= 4,00 \times 0,0227 \times 8 \times 400 \\
 &= 290,56 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\
 &= 2905,60 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

11. Limbah cair pabrik gula fotodegradasi dengan komposit montmorillonit-TiO₂
150 menit

$$\begin{aligned}
 \text{N FAS} &= 0,0268 \text{ N} \\
 \text{Blangko} &= 5,3 \text{ ml} \\
 \text{Volume titrasi} &= 1,60 \text{ ml (Pengenceran 10x)} \\
 \text{Nilai COD} &= (\text{titrasi blangko} - \text{titrasi sampel}) \text{ N FAS} \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \text{ ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (5,3 - 1,60) 0,0268 \times 8 \times \frac{1000}{2,5} \\ &= 3,7 \times 0,0268 \times 8 \times 400 \\ &= 317,312 \times 10 \text{ (pengenceran)} \\ &= 3173,12 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Lampiran 2. Data Hasil Adsorpsi-Fotodegradasi Limbah Cair Pabrik Gula

1. Hasil Pengukuran nilai COD (adsorpsi dengan montmorillonit)

Waktu (menit)	Nilai COD (mg/L)
0	4533,4
30	3086,2
60	3064,3
90	2665,89
120	3094,46
150	3345,41

2. Hasil Pengukuran nilai COD (Fotodegradasi dengan komposit montmorillonit/TiO₂)

Waktu (menit)	Nilai COD (mg/L)
0	4533,4
30	2811,17
60	2738,52
90	2229,76
120	2905,60
150	3173,12

3. Persentase Penurunan nilai COD (Adsorpsi)

Waktu (menit)	Persen Penurunan COD
0	0
30	31,92
60	32,41
90	41,19
120	31,74
150	26,21

4. Persentase Penurunan nilai COD (Fotodegradasi)

Waktu (menit)	Persen Penurunan COD
0	0
30	37,99
60	39,59
90	50,81
120	35,91
150	30,01

Lampiran 3. Perhitungan Persentase Distribusi Pori

1. Montmorillonit

$$\begin{aligned} \text{Mikropori} &= \frac{\text{Batas mikro}-0}{\text{Batas makro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,010910 - 0}{0,08834} \times 100\% = 0,123500 \times 100\% = 12,35\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mesopori} &= \frac{\text{Batas meso}-\text{Batas mikro}}{\text{Batas makro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,077546 - 0,010910}{0,08834} \times 100\% = 0,754312 \times 100\% = 75,43\% \end{aligned}$$

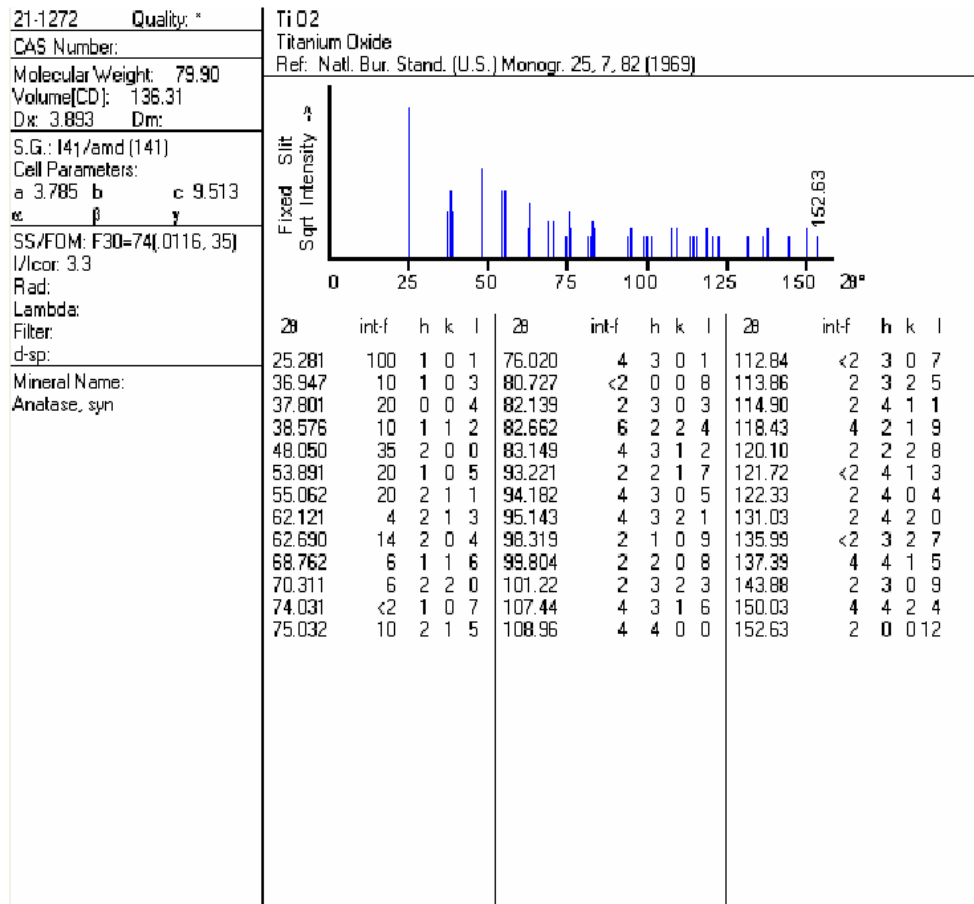
$$\begin{aligned} \text{Makropori} &= \frac{\text{Batas makro}-\text{Batas meso}}{\text{Batas makro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,08834 - 0,077546}{0,08834} \times 100\% = 0,122187 \times 100\% = 12,22\% \end{aligned}$$

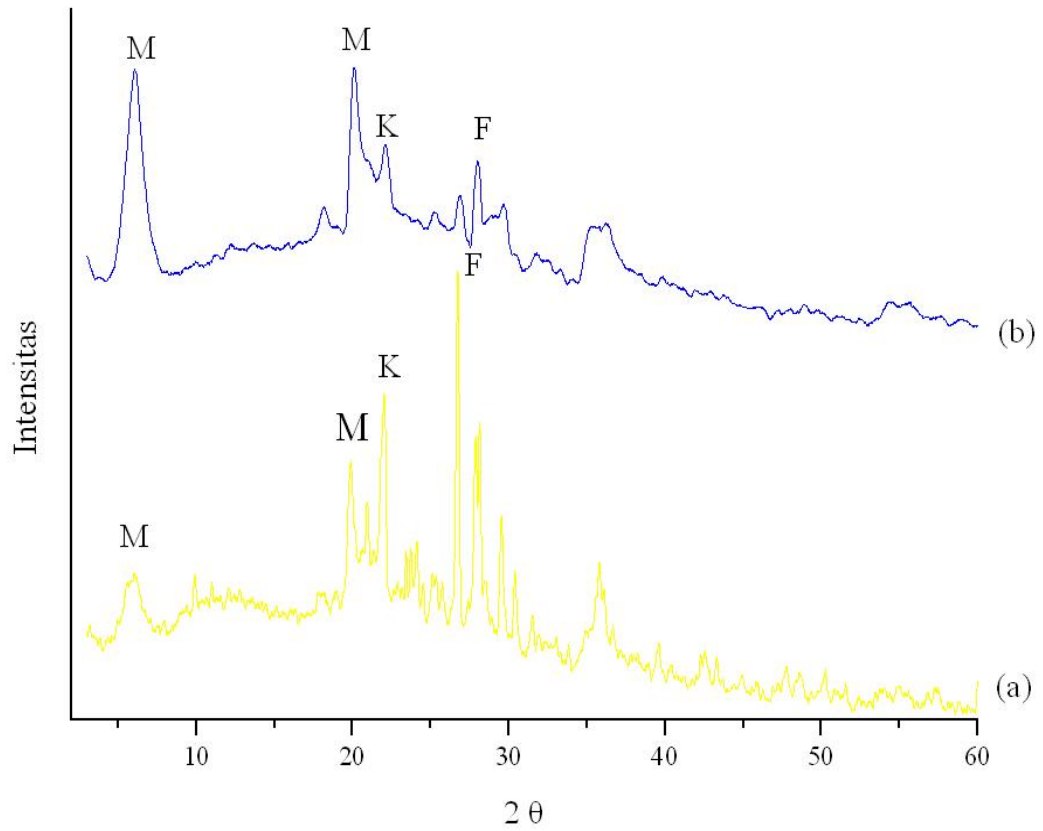
2. Komposit Montmorillonit-TiO₂

$$\begin{aligned} \text{Mikropori} &= \frac{\text{Batas mikro}-0}{\text{Batas makro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,0087396 - 0}{0,14119} \times 100\% = 0,061899 \times 100\% = 6,18\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mesopori} &= \frac{\text{Batas meso}-\text{Batas mikro}}{\text{Batas makro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,11651 - 0,0087396}{0,14119} \times 100\% = 0,763300 \times 100\% = 76,33\% \end{aligned}$$

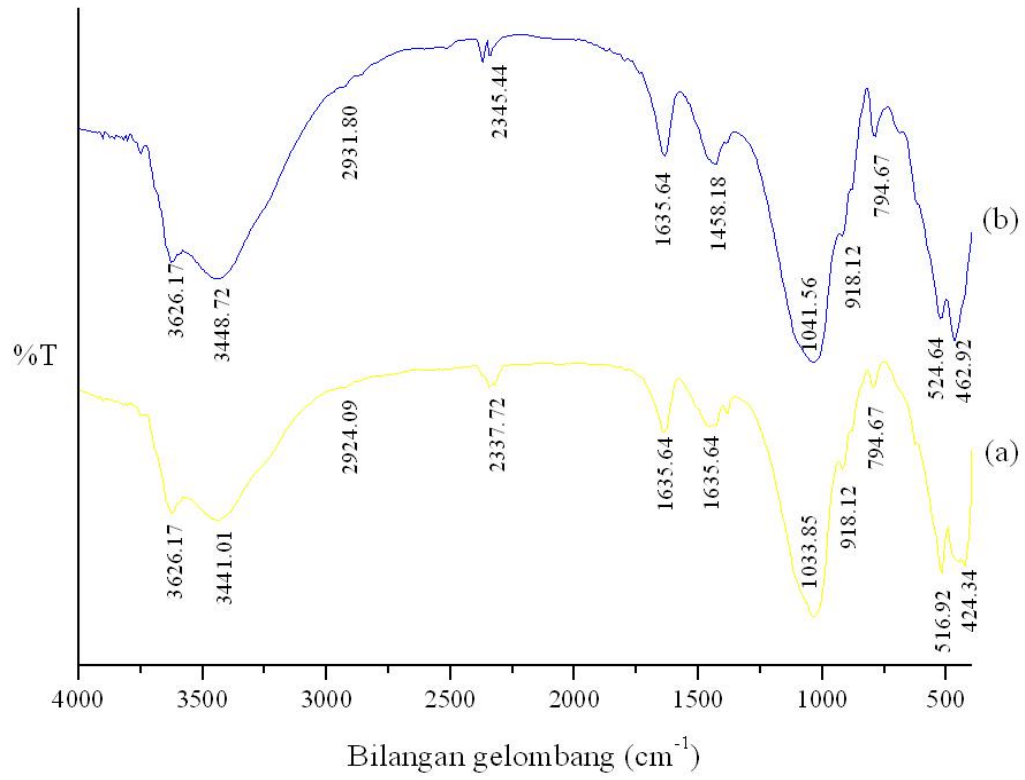
$$\begin{aligned} \text{Makropori} &= \frac{\text{Batas makro}-\text{Batas meso}}{\text{Batas makro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,14119 - 0,11651}{0,14119} \times 100\% = 0,174799 \times 100\% = 17,47\% \end{aligned}$$

Lampiran 4. JCPDS Kristal TiO₂ Fase *Anatase*

Lampiran 5. Difaktogram Bentonit *Raw Material*

Keterangan : (a) Bentonit Raw Material

(b) Montmorillonit Hasil Pemurnian

Lampiran 6. Spekta IR Bentonit *Raw Material*

Keterangan : (a) Bentonit Raw Material

(b) Montmorillonit Hasil Pemurnian

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



(a) Suspensi Montmorillonit



(b) Limbah Cair Pabrik Gula



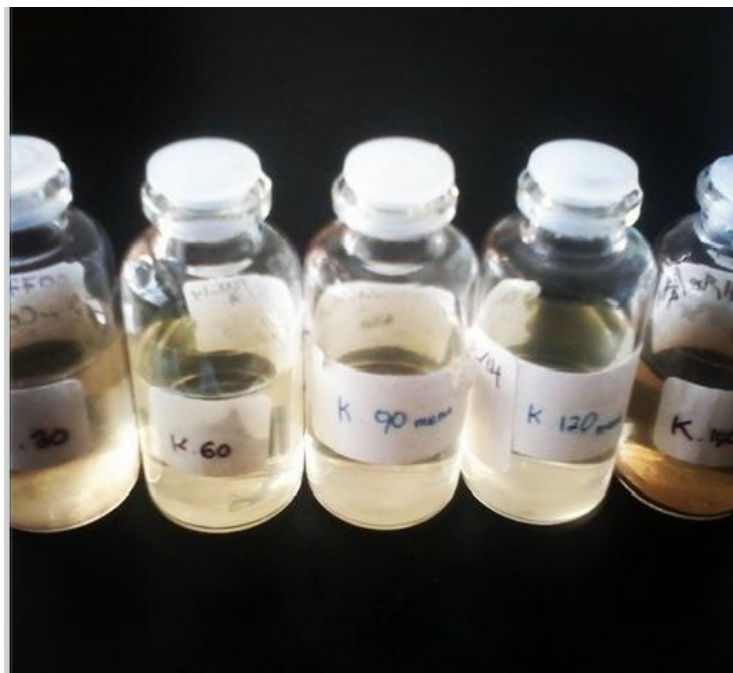
(c) Proses Sonikasi TiO_2



(d) Seperangkat alat untuk uji parameter COD



(e) Limbah Cair Pabrik Gula setelah diadsorpsi oleh Montmorillonit



(f) Limbah Cair Pabrik Gula Setelah difotodegradasi oleh komposit
Montmorillonit-TiO₂