PENGARUH ETHANOLAMINA (MEA) DALAM PEMBENTUKAN TiO_2 DARI BAHAN AWAL Ti BUTOKSIDA

(**Skripsi**)

Oleh

Rika Rahayu

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019

ABSTRACT

EFFECT OF ETHANOLAMINA (MEA) IN THE FORMATION OF TiO_2 FROM THE INITIAL MATERIAL Ti BUTOXIDE

By

RIKA RAHAYU

Titanium dioxide has been prepared through the sol gel method using the addition of ethanolamine. The research was conducted to study the effect of MEA on the formation of TiO_2. The amount of MEA was varied to 0; 0.5; 1; 1.5; and 2 ml respectively. The samples were calcined at a temperature of 500 ºC. $TiO_2$was characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Transmission Electron Microscopy (TEM) and photocatalyst tests using UV lamps. The XRD characterization results showed that in the A sample an anatase phase was formed whereas in the Csample an anatase phase and a brookite phase were formed. The resultof TEM characterization using ImageJ software show that the particle size of TiO_2 is26,1 nm, respectively. The results of the characterization of the fastest photocatalyst catalyst test occurred in sample C which the variation of MEA is 1 ml.

Key words: *TiO_2, ethanolamine, ethanol, photocatalyst, sol gel.*

ABSTRAK

PENGARUH ETHANOLAMINA (MEA) DALAM PEMBENTUKAN TiO_2 DARI BAHAN AWAL Ti BUTOKSIDA

Oleh

RIKA RAHAYU

Titanium dioksida telah dipreparasi melalui metode *sol-gel* menggunakan penambahan ethanolamina. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh MEA dalam pembentukan TiO_2. Jumlah larutan MEA yang divariasikan maing-masing 0; 0,5; 1; 1,5; dan 2 ml. Sampel dikalsinasi pada suhu 500 ^oC.TiO_2 dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Transmission Electron Microscopy* (TEM) dan uji fotokatalis menggunakan lampu UV. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa pada sampel A terbentuk fasa anatase sedangkan pada sampel C terbentuk fasa anatase dan fasa brookite. Hasil karakterisasi TEM dengan menggunakan *software* ImageJ menunjukkan bahwa ukuran partikel TiO_2 adalah 26,1 nm. Hasil karakterisasi uji katalis fotokatalis tercepat terjadi pada sampel C dengan variasi MEA sebesar 1 ml.

Kata kunci. TiO_2, ethanolamina, etanol, fotokatalis, sol gel.

PENGARUH ETHANOLAMINA (MEA) DALAM PEMBENTUKAN TiO_2 DARI BAHAN AWAL Ti BUTOKSIDA

Oleh

RIKA RAHAYU

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019

Judul	: **PENGARUH ETHANOLAMINA (MEA) DALAM PEMBENTUKAN TiO_2 DARI BAHAN AWAL Ti BUTOKSIDA**
Nama	: Rika Rahayu
NPM	: 1417041070
Jurusan	: Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. PosmanManurung, Ph.D
NIP. 19590308 199103 1 001

Dr. Yanti Yulianti, M.Si.
NIP. 19751219 200012 2 003

2. Ketua Jurusan Fisika

Arif Surtono, S. Si., M. Si., M. Eng.
NIP. 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Posman Manurung, Ph. D.** .....

Sekretaris : **Dr. Yanti Yulianti, M.Si** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Drs. Ediman Ginting, M.Si** .....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Suratman, M. Sc.
NIP. 196406041990031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **09 Mei 2019**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain. Sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebut dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Mei 2019

Rika Rahayu
NPM. 1417041070

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 18 Agustus 1996, sebagai anak kesatu dari dua bersaudara, dari pasangan Iwan dan Apsah.

Penulis memulai pendidikan pada Taman Kanak-kanak (TK) di TK Kartini Bandarlampung pada tahun 2002. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri 3 Palapa Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan sekolah ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 9 Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2011. Lalu melanjutkan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 03 Bandar Lampung pada tahun 2014.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2014. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Sains Dasar Fisika. Pada tahun 2017 penulis melaksanakan Praktikum Kerja Lapangan (PKL) di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Pusat Sains dan Teknologi Akselerator, Yogyakarta. Dalam bidang organisasi yang pernah diikuti penulis sebagai anggota Minat dan Bakat Himafi FMIPA Unila.

MOTTO

Jangan risaukan penderitaan hari ini, jalani saja dan lihatlah apa yang akan terjadi di depan
(Rika Rahayu)

Jika kamu tidak tahan terhadap penatnya belajar, maka kamu akan menanggung bahayanya kebodohan
(Imam Syafi'i)

Ilmu itu lebih baik daripada harta, ilmu menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu penghukum (hakim) dan harta terhukum. Harta itu akan berkurang jika dibelanjakan tetapi ilmu akan bertambah jika diamalkan
(Ali bin Abi Thalib)

"Man jadda wa jada, Man shobaro zhafiro" Barang siapa yang bersungguh-sungguh maka ia akan mendapatkan hasilnya, dan Barang siapa yang bersabar maka akan mendapatkan keberuntungannya

PERSEMBAHAN

Dengan beribu rasa syukur Alhamdulillah kupanjatkan atas berkat, rahmat dan karunia yang Allah SWT berikan kepadaku, dengan penuh rasa cinta, kasih dan sayang serta dengan kerendahan hati, kepersembahkan imbuhan kecil dibelakang namaku untuk Ayah dan Ibu tercinta sebagai bukti keseriusanku untuk membalas segala pengorbanan kalian selama ini.

Ayah Iwan dan Ibu Apsah Tercinta, Yang telah tulus dan ikhlas membesarkan, mencintai, mengasihi, dan mendidikku dengan limpahan kasih sayang. Memberikan pengorbanan, motivasi, nasihat serta doa disetiap sujudnya. Ayah yang tiada henti meneteskan keringat demi keberhasilan putra-putrinya. Ibu yang selalu menemani dan memberi semangat disaat hati ini bimbang.

Adikku tersayang (M. Rama Adiansyah) yang selalu memberikanku motivasi, menyemangatiku dan yang selalu menghibur serta doamu.

Sahabat-sahabatku yang selalu ada disaat suka maupun duka dan Seseorang yang kelak akan menjadi imamku di masa depan, terima kasih atas segala doa serta dukungan yang telah kalian berikan. Almamater tercinta "Universitas Lampung"

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas kasih sayang dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Pengaruh Ethanolamina (MEA) dalam Pembentukan TiO_2 dari Bahan Awal Titanium Butoksida**". Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan melatih mahasiswa untuk berfikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Bandar Lampung, Mei 2019

Penulis

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia, rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul "**Pengaruh Ethanolamina (MEA) dalam Pembentukan TiO_2 dari Bahan Awal Ti Butoksida**". Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membantu penulis. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis menghaturkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Posman Manurung, Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan serta ilmunya.
2. Ibu Dr. Yanti Yulianti, M.Si. sebagai Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan banyak bimbingan dan motivasi sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
3. Bapak Drs. Ediman Ginting, M.Si. sebagai Dosen Penguji, yang telah banyak memberikan kritik dan sarannya dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. Untuk Ayah, Mamah, dan adik tersayang, terimakasih untuk selalu menyayangi, mengasihi, menjaga, memberi semangat, selalu mendoakan serta selalu mendukung dan mengawasi setiap langkah sehingga penulis dapat melalui seluruh proses pembelajaran dan menyelesaikan skripsi ini.
5. Untuk sahabat-sahabatku, Noeraini Dias, Rizki Putri S, Riska Trisna N, Ismi Nurhayati, Lusi Vusfita S, Rizky Damayanti, Erika Sempana Br.G, Harry

6. Prayoga, Ramon Sanjaya, Ipruddin Ependi, M. Rasyid Syiddiq, dan Edi Mufrodi yang selalu menjadi teman terdekat dalam segala hal suka maupun duka.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

Bandar Lampung, Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRACT i

ABSTRAK. ii

HALAMAN JUDUL iii

HALAMAN PENGESAHAN iv

LEMBAR PERSETUJUAN v

PERNYATAAN vi

RIWAYAT HIDUP vii

MOTO viii

PERSEMBAHAN ix

KATA PENGANTAR x

SANWACANA xi

DAFTAR ISI xiii

DAFTAR GAMBAR xv

DAFTAR TABEL xvii

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 3
C. Tujuan Penelitian 3
D. Batasan Masalah 4
E. Manfaat Penelitian 4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanoteknologi 5
B. Titanium Dioksida 6

C. Metode Solgel 8
D. Ethanolamina 9
E. Kalsinasi 10
F. Etanol 11
G. Fotokatalis 12

BAB III. METODE PENELITIAN
A. Waktu dan Tempat 14
B. Alat dan Bahan 14
C. Prosedur Penlitian 15

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
A. Hasil Sintesis TiO_2 22
B. Hasil Karakterisasi XRD Sampel A-0 dan C-1 24
C. Hasil Analisis TEM Sampel A-0 dan C-1 35
D. Hasil Uji Fotokatalis TiO_2 37

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN
A. Kesimpulan 41
B. Saran 42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Struktur kristal TiO_2 7

Gambar 2.2 Tahapan proses sol-gel. 8

Gambar 2.3 Skema fotokatalis TiO_2 12

Gambar 3.1 (a). Skema difraksi sinar-X 17
(b). Perjalanan sinar-X 17

Gambar 3.2 Peralatan TEM..... 18

Gambar 3.3 Skema alat spektrofotometer UV-Vis 19

Gambar 3.4 Diagram alir sintesis TiO_2 21

Gambar 4.1 (a) Proses memasukan etanol ke dalam gelas beker kemudian menstirrer, (b) Menambahkan Ti butoksida sebesar 5,25 ml, (c) Menambahkan ethanolamine yang telah divariasikan, (d) Menambahkan HCl sebesar 2,45 ml 22

Gambar 4.2 Hasil kalsinasi sampel: (a) A-, (b) B-0,5, (c) C-1, (d) D-1,5 dan (e) E-2 23

Gambar 4.3 Penggerusan sampel pada mortar akik 24

Gambar 4.4 Difaktrogram XRD untuk sampel A-0 dan C-1 25

Gambar 4.5 Plot keluaran penghalusan sampel A-0. Warna hitam menunjukkan data pengamatan, warna merah menunjukkan hasil perhitungan, warna hijau menunjukkan selisih antara data pengamatan dengan hasil perhitungan dan warna biru menunjukkan titik puncak hkl 31

Gambar 4.6 Plot keluaran penghalusan sampel C-1. Warna hitam menunjukkan data pengamatan, warna merah menunjukkan hasil perhitungan, warna hijau menunjukkan selisih antara data pengamatan dengan hasil perhitungan dan warna biru menunjukkan titik puncak hkl..... 32

Gambar 4.7 Hasil TEM a) A-0 dan b) C-1 35

Gambar 4.8 Proses uji fotokatalis menggunakan lampu UV 37

Gambar 4.9 Hasil pengulasan spektrofotometer UV-Vis (a) A-0; (b) B-0,5; (c) C-1 (d) D-1,5; dan (e) E-2 terhadap absorbansi di bawah lampu UV..... 38

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Karakterisasi struktur kristal TiO_2.....……...……. 7

Tabel 3.1. Variasi komposisi sampel……..……....…… 15

Tabel 4.1. Selisih nilai Δd (Å) antara data XRD sampel A-0 dengan data standar JCPDS 21-1272……..... 27

Tabel 4.2 Selisih nilai Δd (Å) antara data XRD sampel B-1 dengan data standar JCPDS 21-1272…….....….. 29

Tabel 4.3 Perhitungan ukuran partikel sampel A-0 menggunakan persamaan Scherrer..... 33

Tabel 4.4 Perhitungan ukuran partikel sampel C-1 menggunakan persamaan Scherrer..... 34

Tabel 4.5 Nilai absorbansi setiap sampel dari masing-masing panjang gelombang maksimum di bawah lampu UV……..... 39

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Nanoteknologi merupakan pengetahuan dan kontrol material pada skala nano dalam dimensi antara 1-100 nanometer. Istilah nano berasal dari bahasa Yunani yaitu nanos yang berarti kurcaci atau ukuran mini. Ukuran partikel yang sangat kecil tersebut dimanfaatkan untuk mendesain dan menyusun atau memanipulasi material sehingga dihasilkan material dengan sifat dan fungsi baru (Clunan, 2014).

Saat ini, nanoteknologi yang sangat berkembang pesat yaitu nanomaterial. Ada berbagai jenis nanomaterial seperti nanosilika, nanotitania, nano SnO_2, nanoperak, nanoemas dan lain sebagainya. Diantara berbagai nanotitania yang ada, titanium dioksida (TiO_2) merupakan suatu material yang memiliki berbagai keunggulan baik dari segi sifat fisika maupun sifat kimia. Unjuk kerja TiO_2 tergantung pada metode sintesis yang berpengaruh terhadap ukuran partikel, kristalinitas, kemurnian, dan komposisi fasa (*anatase, brookite, dan rutile*). Sehingga perlu pendekatan lebih lanjut untuk mengetahui efektifitas berbagai metode yang digunakan para peneliti dalam melakukan sintesis TiO_2 nanopartikel (Rahman *et al*., 2008).

Selama ini pembuatan nano TiO_2 berlangsung baik dalam berbagai aplikasi yang luas antara lain menentukan nilai *chemical oxygen demand* atau COD air (Nurdin, *et al*., 2009), sebagai sensor gas (Diebold, 2003), degradasi air (Zhao and Yang, 2003; Frank and Bard, 1977), anti bakteri (Fujishima and Zhang, 2006), fotovoltaik (Brown *et al*., 1992), dan yang paling menarik yaitu sebagi fotokatalis (Fujishima *et al*., 2000; Kim *et al*., 2000; Diebold, 2003). Katalis merupakan bahan yang berfungsi membantu reaksi kimia dengan cara meningkatkan energi aktivasi tanpa ikut bereaksi. Nanokatalis adalah bahan yang berfungsi sebagai katalis yang memiliki dimensi dalam skala nano atau < 100 nm (Meisye, 2014).

Sebagai fotokatalis, TiO_2 memiliki keunggulan antara lain murah, non-toksik dan kestabilannya tinggi apabila dikenai cahaya (Nishizawa *et al*., 2014). Namun, celah pita yang lebar (~3,2 eV) menyebabkan efisiensi fotokatalis terbatas hanya sebesar ~5% (Rockafellow *et al*., 2009) sehingga TiO_2 murni hanya mampu menggunakan sekitar 4% dari spektrum terestrial matahari (Binitha *et al*., 2010). Pencampuran bahan TiO_2 dengan doping lain sudah banyak dilakukan eksperimennya. Dengan adanya pengaruh variasi yang diberikan kepada sampel memiliki karakteristik mikrostruktur.

Berbagai metode yang dapat dilakukan untuk mensintesis nanopartikel, adalah metode sol-gel, kopresipitasi, mikroemulsi, hidrotermal, dan lain-lain. Namun, pada penelitian ini menggunakan metode sol-gel. Metode sol-gel merupakan cara yang relatif sederhana digunakan untuk pembuatan nanotitania yang mudah dikontrol seperti pH, temperatur, dan laju hidrolisis. Selain itu peralatan yang

dibutuhkan sangat sederhana, biaya murah, dan mudah untuk mengubah sifat fisik TiO_2 (Novita, 2009).

Dalam proposal ini akan dilakukan variasi penambahan ethanolamina (MEA) terhadap pembuatan nanotitania. Titanium butoksida digunakan sebagai prekursor dan etanol digunakan sebagai pelarut. Etanol merupakan sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol juga digunakan sebagai pelarut kimia agar dapat mempermudah reaksi suatu senyawa. Setelah semua sampel selesai tahap selanjutnya yaitu melakukan uji katalis pada larutan remazol kuning. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh ethanolamina dalam pembentukan TiO_2 dari bahan awal Ti butoksida, dengan tambahan pelarut etanol.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh ethanolamina pada mikrostruktur bahan titanium dioksida?
2. Bagaimana pengaruh ethanolamina pada struktur bahan titanium dioksida?
3. Bagaimana pengaruh ethanolamina pada degradasi warna remazol kuning?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan MEA pada mikrostruktur titanium dioksida.

2. Untuk mensintesis nanotitania berukuran nano dari bahan titanium dioksida yang ditambahkan dengan ethanolamina.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan MEA pada degradasi warna remazol kuning.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah titanium dioksida, Ti butoksida, etanol, dan HCl.
2. Variasi komposisi ethanolamina yang diberikan sebesar 0, 0,5, 1, 1,5, dan 2 ml.
3. Proses sintesis pembuatan TiO_2 dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel.
4. Kalsinasi dilakukan pada suhu 450° C selama 10 jam .
5. Pengujian yang dilakukan adalah uji karakteristik *X-Ray Diffraction* (XRD), *Transmission Electron Microscopy* (TEM), dan uji katalis dengan remazol kuning.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui pengaruh penambahan MEA pada mikrostruktur titanium dioksida.
2. Dapat mengetahui pengaruh penambahan MEA pada struktur titanium dioksida.
3. Dapat mengetahui pengaruh penambahan MEA pada degradasi warna remazol kuning.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanoteknologi

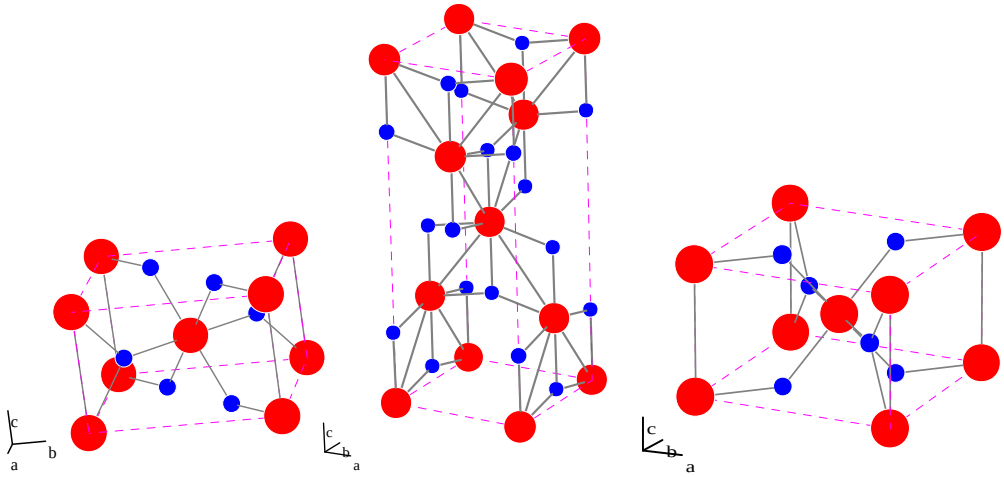
Nanoteknologi merupakan suatu ilmu dan rekayasa dalam menciptakan suatu material baru yang berukuran nano (Fernandes, 2011). Poli (2006) juga mengatakan bahwa nanoteknologi merupakan ilmu pengetahuan dan teknologi pada skala nanometer atau sepermilyar meter. Nanoteknologi pertama kali diperkenalkan oleh seorang fisikawan yang bernama Richard Feynman dalam pidato ilmiahnya dengan judul *"There's plenty of room at the bottom"*.

Nanoteknologi dapat didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan dan teknologi mengenai proses, manipulasi, manufaktur dan aplikasi suatu bahan/ struktur yang salah satu atau lebih dimensinya berukuran 1 - 100 nanometer (nm). Secara matematis, 1 nm sama dengan 1 per prospek nanoteknologi dalam membangun ketahanan pangan yang dapat memperkuat kemampuan swasembada pangan 1.000.000.000 meter merupakan sebuah ukuran yang sangat kecil. Nanoteknologi mulai berkembang pesat setelah ditemukannya karbon nanotubes oleh Sumio Iijima pada tahun 1991, meskipun konsep dasar nanoteknologi sudah diperkenalkan oleh Richard Feynman pada tahun 1959 dan istilah "nanoteknologi" pertama kali dipublikasikan oleh Norio Taniguchi pada tahun 1974 (Bassett, 1994).

Disebabkan ukurannya yang sangat kecil, bahan berukuran nanometer (nanomaterial) menghasilkan sifat fisika-kimia baru, seperti luas permukaan, bentuk, reaktivitas dan warna, yang sangat berbeda dibandingkan material pada ukuran konvensional (Perez-Esteve *et al*., 2013). Sebagai contoh, senyawa seng (*zinc*) dalam jumlah/ ukuran besar memiliki warna putih dan tidak tembus cahaya (*opaque*), sedangkan dalam ukuran nanometer senyawa seng berwarna transparan. Sifat baru dan unik tersebut membuka peluang yang besar bagi pengembangan aplikasi dan produk inovatif di berbagai bidang karena dapat menghemat bahan baku, mempercepat dan mengefisienkan proses, dan meningkatkan presisi dan akurasi.

B. Titanium Dioksida

TiO_2 adalah salah satu material yang banyak diteliti karena sifatnya yang menarik. Meskipun telah ditemukan lebih dari 200 tahun yang lalu dan telah diteliti sejak 85 tahun yang lalu namun hingga kini penelitian tentang TiO_2 masih aktif dan tetap dikembangkan (Hoffmann *et al*., 1995). TiO_2 ditemukan pertama kalinya pada tahun 1821, dan tahun 1916 telah dikomersialkan sebagai zat pewarna putih. Titanium oksida atau yang lebih sering disebut titania adalah golongan (IV) oksida yang merupakan semikonduktor dengan celah terlarang 3,0 untuk rutil dan 3,2 eV untuk fasa anatase (Hoffmann *et al*., 1995; Fujishima *et al*., 2000). Struktur kristal TiO_2 *rutile, anatase dan brookite* ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan karakteristiknya ditunjukkan pada Tabel 2.1.



Gambar 2.1. Struktur kristal TiO_2: *rutile* (a), *anatase* (b) dan *brookite* (c) yang didapat dari program PCW (Moellmann *et al*., 2012).

Tabel 2.1. Karakteristik struktur kristal TiO_2 (Carp *et al.*, 2004).

Karakteristik	*Rutile*	*Anatase*	*Brookite*
Bentuk kristal	Tetragonal	Tetragonal	Ortorhombik
Massa jenis (kg/m^3)	4.240	3.830	4.170
Konstanta kisi (nm)	0,644	2,510	0,944
Celah pita (eV)	3,0	3,2	-
Indeks refraksi	2,6506	2,6584	2,6770

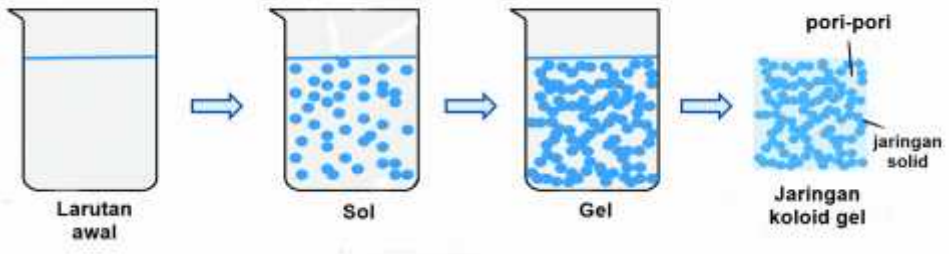
Ukuran partikel TiO_2 merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan karakteristiknya dan potensial penerapannya. Semakin kecil partikelnya, semakin beragam potensial penerapannya (Mahmoud *et al.*, 2013).

Secara kimia titanium dioksida dituliskan dengan lambang TiO_2. Senyawa ini biasa digunakan sebagai pigmen pada cat tembok. Tabir surya (Zallen and Moret, 2006), pasta gigi, solar sel, sensor, perangkat memori serta sebagai fotokatalis. Ti merupakan kristal yang berwarna putih dan juga salah satu logam berlimpah nomor empat di dunia setelah aluminium, besi, dan magnesium. Selain itu, titanium juga merupakan elemen berlimpah kesembilan (mencakup 0,63% pada kerak bumi) 0,6% mineral TiO_2 yang utama adalah $FeTiO_3$ (*iliminite*), $CaTiO_3$ (*perovskite*). Titanium memiliki indeks bias *(n)* yang sangat tinggi yaitu 2,4 dalam

bentuk bubuk dan 2,7 dalam bentuk lapisan tipis. Ti juga tahan terhadap degradasi warna akibat sinar matahari dengan titik lebur 1885°C. Ada dua bentuk alotropi dan lima isotop alami dari unsur yaitu Ti-46 sampai Ti- 50 dengan Ti-48 yang paling banyak terdapat di alam sebanyak 73,8 % (Yuan and Chen, 2005).

C. Metode Sol-Gel

Metode sol-gel adalah metode yang banyak digunakan dalam sintesis berbagai bahan keramik (Pierre *et al*., 1998; Lu *et al*., 2003). Dalam proses kimia, sol secara bertahap akan membentuk sistem gel dwi fasa yaitu mengandung fasa cair dan fasa padatan, memiliki morfologi dari partikel diskrit yang berkembang menjadi jaringan polimer. Dalam proses sol-gel, suspensi koloid, atau sol, dibentuk melalui hidrolisis dan polimerisasi reaksi dari prekursor, yang biasanya logam garam anorganik atau senyawa organik logam seperti alkoksida logam. Secara umum proses sol-gel didefinisikan sebagai pembentukan jaringan oksida dengan reaksi polikondensasi yang progresif dari molekul prekursor pada medium cair. Dengan proses sol-gel dapat dihasilkan material yang memiliki kemurnian dan kekuatan yang lebih tinggi dibanding bahan yang dibuat dengan metode lainnya. Skema tahapan metode sol-gel ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Tahapan proses sol-gel (Feinle *et al*.,2015).

Tahapan pertama dalam metode sol-gel adalah pencampuran. Pada tahap ini, suspensi bubuk koloid atau sol dibentuk dengan mencampurkan partikel koloid ke dalam pelarut, atau yang dikenal sebagai hidrolisis. Dalam hal ini prekursor alkoksida dihidrolisis dengan mencampurkannya dengan air. Tahap kedua, partikel koloid berinteraksi dengan prekursor dan membentuk jaringan tiga dimensi berupa gel. Perubahan bentuk menjadi gel ini menunjukkan peningkatan viskositas yang tinggi. Tahap ini disebut dengan gelasi atau *gelation*. Tahap ke tiga merupakan penuaan gel atau *aging*. Pada tahap ini gel dibiarkan selama beberapa jam atau hari agar ketebalan gel meningkat. Proses penuaan gel ini juga akan menurunkan porositas. Tahap keempat, yaitu pengeringan merupakan tahap dimana zat cair dihilangkan dari jaringan yang mengikat antar pori-pori (Hench and West, 1990).

D. Ethanolamina

Ethanolamina merupakan senyawa organik dari golongan amina primer, sekaligus merupakan golongan alkohol primer. Ethanolamina bersifat basa lemah, yang merupakan alkohol amino higroskopis kental dengan berbau amoniak yang didistribusikan secara luas kedalam jaringan biologi dan merupakan komponen lesitin. Ethanolamina digunakan sebagai surfaktan, pereaksi fluonmetrik, dan untuk menghilangkan CO_2 dan H_2S dari gas alam dan gas lainnya. Pelarut yang paling banyak digunakan dalam absorpsi CO_2 adalah alkanolamina seperti monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), dan metildietanolamina (MDEA). DEA memiliki laju absorpsi yang lebih cepat dari pada MDEA dan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengabsorbsi CO_2 dibandingkan dengan MEA serta tidak korosif seperti MEA (Astarita *et al.*, 1983).

Ethanolamina juga dapat diaplikasikan pada bahan utama produk perawatan lantai dan alat kosmetik. Ethanolamina memiliki sifat antikristamin (penghambat). Ethanolamina (MEA) juga sebagai bahan baku *detergen,* pengemulsi, poles, obat-obatan, inhibitor korosi, intermediet kimia (pengatur pH dalam kosmetik) (Alqaragully, 2015).

E. Kalsinasi

Kata kalsinasi berasal dari bahasa Latin yaitu *calcinare* yang berarti membakar kapur. Proses kalsinasi yang paling umum adalah diaplikasikan untuk dekomposisi kalsium karbonat (batu kapur atau $CaCO_3$) menjadi kalsium oksida (kapur bakar, CaO) dan gas karbon dioksida CO_2. Produk dari kalsinasi biasanya disebut sebagai kalsin yang berarti mineral yang telah mengalami proses pemanasan. Proses kalsinasi dilakukan dalam sebuah tungku atau reaktor yang disebut dengan klin atau *calcines* dengan beragam desain, seperti tungku poros, rotary klin, tungku perapian ganda, dan *reaktor fluidized bed*. Normalnya proses kalsinasi dilakukan dibawah temperatur leleh dari bahan produk. Kalsinasi yaitu pemanasan dengan suhu tinggi yang tidak melebihi titik lelehnya atau pengaruh tekanan (Nisa and Munasir, 2015).

Pengaruh waktu kalsinasi pada sampel yang akan digunakan yaitu untuk memperlihatkan bahwa fasa *anatase* yang terbentuk sangat kecil, dan waktu kalsinasi tidak berpengaruh terhadap pembentukan fasa *anatase*, dimana fasa yang dominan muncul pada kalsinasi hasil proses kalsinasi adalah TiO_2 dalam bentuk rutil (Subagja *et al.,* 2014).

F. Etanol

Etanol disebut juga etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol, merupakan sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus empiris C_2H_6O. Etanol merupakan isomer konstitusional dari dimetil eter. Etanol sering disingkat menjadi EtOH, dengan “Et” merupakan singkatan dari gugus etil (C_2H_5).

Ada 2 jenis alkohol, yaitu *food grade dan fuel grade*. Semakin banyak jumlah pelarut semakin banyak pula jumlah produk yang akan diperoleh, hal ini dikarenakan:

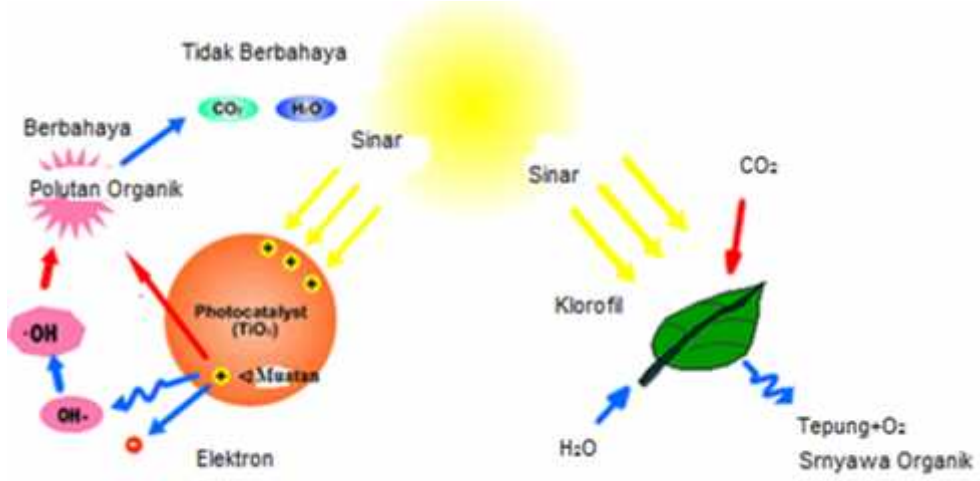
1. Distribusi partikel dalam pelarut semakin menyebar, sehingga memperluas permukaan kontak.
2. Perbedaan konsentrasi solute dalam pelarut dan padatan semakin besar (Gamse, 2002).

Etanol adalah pelarut yang serba guna, larut dalam air dan pelarut organik lainnya, meliputi asam asetat, aseton, benzena, karbon tetraklorida, kloroform, dietil eter, etilena glikol, gliserol, nitrometana, piridina, dan toluena. Ia juga larut dalam hidrokarbon alifatik yang ringan, seperti pentana dan heksana, dan juga larut dalam senyawa klorida alifatik seperti trikloroetana dan tetrakloroetilena.

Penggunaan pelarut berpengaruh terhadap kristalinitas dan fasa material yang terbentuk. Kristalinitas dan fasa suatu material merupakan salah satu karakter yang perlu diperhatikan untuk menentukan aplikasi dari suatu material (Bessekhouad *et al*., 2003).

G. Fotokatalis

Fotokatalis merupakan suatu kombinasi antara proses fotokimia dan katalisis. Proses fotokimia adalah proses sintesis (transformasi) secara kimiawi dengan melibatkan cahaya sebagai pemicunya. Sedangkan katalis adalah substansi yang dapat mempercepat jalannya reaksi dengan merubah jalur reaksi tanpa ikut terkonsumsi pada reaksi tersebut. Bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai fotokatalis ialah bahan-bahan yang memiliki celah pita energi (*energy band gap*) seperti logam transisi dan saat dikenai cahaya maka energi cahaya tersebut dapat mengeksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi. Ini terjadi jika cahaya yang diberikan sama atau lebih besar daripada celah pita energi dari bahan tersebut. Proses umum suatu fototakalis diilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Skema fotokatalis TiO_2 (Superarif, 2010).

Proses fotokatalis dapat dibagi menjadi dua berdasarkan jenis katalisnya, yaitu fotokatalis homogen dan heterogen. Fotokatalitik homogen adalah proses fotokatalitik yang terjadi pada fasa yang sama dan dengan bantuan oksidator, sedangkan fotokatalitik heterogen adalah proses fotokatalisis yang terjadi antara

dua fasa atau lebih dan biasanya dibantu oleh cahaya atau katalis padat (Alwi, 2008). Fotokatalis heterogen melibatkan percepatan fotoreaksi karena adanya katalis semikonduktor (Colmenares *et al.*, 2009). Fotokatalisis heterogen bisa terjadi pada berbagai medium, baik fasa gas, cairan organik murni ataupun larutan. Proses keseluruhan yang terjadi pada fotokatalisis heterogen dibagi menjadi lima tahap:

1. Difusi reaktan dari fasa fluida ke permukaan katalis,
2. Adsorbsi reaktan (paling sedikit satu),
3. Reaksi dalam fasa teradsorbsi,
4. Desorpsi produk,
5. Pemisahan produk dari daerah interfasa.

Reaksi fotokatalitik terjadi pada tahap ketiga. Satu-satunya perbedaan fotokatalis heterogen dengan katalis konvensional adalah cara aktivasi katalis dimana pada fotokatalis digunakan aktivasi fotonik (Herrmann, 1999). Sedangkan reaksi kimianya ditunjukkan pada persamaan dibawah ini.

Fotoeksitasi	$SC + \boldsymbol{h\nu} \rightarrow e^- + h^+$	(2.1)
Serapan ion oksigen	$(O_2)_{ads} + e^- \rightarrow O_2^{\cdot -}$	(2.2)
Ionisasi air	$H_2O \rightarrow OH^- + H^+$	(2.3)
Protonasi superoksida	$O_2^{\leftarrow} + H^+ \rightarrow HOO^{\cdot}$	(2.4)

Fotokatalisis heterogen dimanfaatkan di berbagai aplikasi dan reaksi antara lain pada penjernihan udara dan air, pelapisan pembersihkan diri, permukaan mensterilkan diri, dehidrogenasi, transfer hidorgen dan endapan logam (Kurtoglu, 2011).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Februari 2018 sampai Juni 2018 di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung. Karakterisasi XRD sampel dilaksanakan di Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang (UNP), Padang. Karakterisasi TEM di Universitas Gajah Mada (UGM) dan uji katalis di laboratorium material Fisika FMIPA Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca digital, botol kaca, gelas ukur, labu ukur, gelas beker, spatula, pengaduk magnetik, batang magnetik, pipet tetes, mikro pipet, mortar dan pastel, *furnace*, corong, tabung reaksi yang dilengkapi rak, tisu, *alumunium foil*, tisu, plastik *press* dan oven. Sementara bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah titanium butoksida ($C_{16}H_{36}O_4Ti$) dari Sigma Aldrich, etanol (C_2H_5OH) merek Merck, ethanolamina (MEA) merek Merck, dan HCl 37% .

C. Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini terdiri atas beberapa tahap antara lain sintesis Ti butoksida, kalsinasi, uji karakterisasi sampel menggunakan XRD, TEM, dan uji katalis.

1. Sintesis Titanium Dioksida

Pembuatan bubuk titanium dioksida dilakukan dengan mensintesis hasil pencampuran antara etanol, ethanolamina, titanium butoksida, dan HCl dengan komposisi tertentu. Dalam hal ini titanium butoksida berfungsi sebagai prekursor, etanol berfungsi sebagai pelarutdan ethanolamina berfungsi sebagai surfaktan. Proses sintesis ini dilakukan dengan membuat larutan, yaitu larutan titania. Kemudian mencampurkan etanol, dan ethanolamina diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dan tahap selanjutnya yaitu dengan mencampurkan titanium butoksida setetes demi tetes, kemudian campurkan dengan HCl dan diaduk kembali. Pengadukan dibiarkan selama semalaman sekitar 24 jam. Variasi komposisi dari kelima sampel tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1. Variasi komposisi sampel.

No	Sampel	Perbandingan mol Ti Butoksida: Etanol: HCl: MEA (ml)
1	A	0,5: 11: 1: 0,0
2	B	0,5: 11: 1: 0,5
3	C	0,5: 11: 1: 1,0
4	D	0,5: 11: 1: 1,5
5	E	0,5: 11: 1: 2,0

2. Kalsinasi

Kalsinasi dilakukan untuk menghilangkan zat-zat yang tidak dibutuhkan dalam bubuk TiO_2. Kalsinasi dilakukan di Laboratorium Biomassa Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Kalsinasi dilakukan pada suhu 450°C selama 10 jam.

3. Karaktertisasi Titanium Dioksida

Karakterisasi merupakan tahap yang digunakan untuk mengetahui sifat fisik dan kimia dari sampel hasil preparasi. Data hasil karakterisasi ini akan menjadi parameter keberhasilan preparasi suatu sampel.

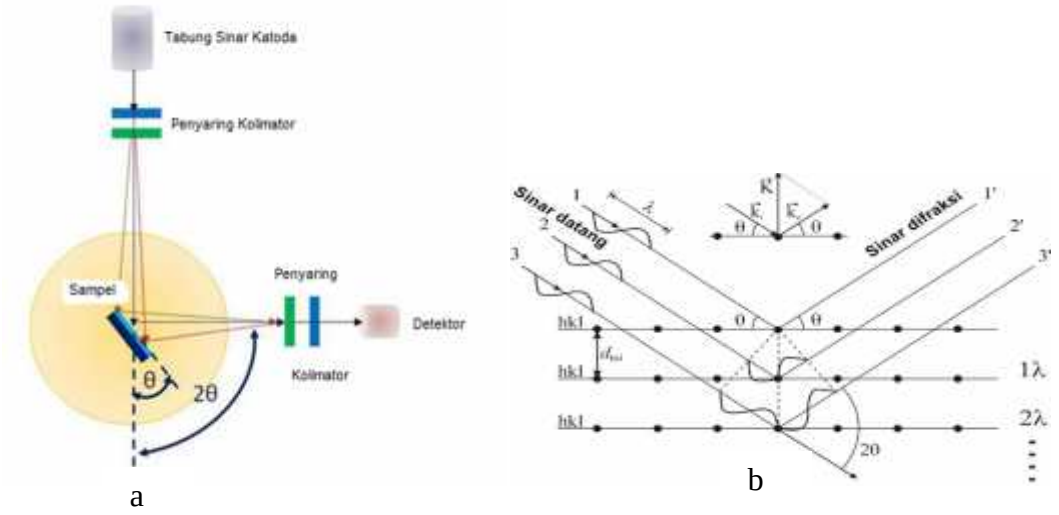
a. Karakterisasi XRD

Difraksi sinar X atau X-ray diffraction (XRD) adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Profil XRD juga dapat memberikan data kualitatif dan semi kuantitatif pada padatan atau sampel. Dengan XRD kita dapat melihat suatu sampel tersusun dari struktur Kristal atau amorph. Data XRD dapat diperoleh dari mesin XRD yang didesain sedemikian rupa sahingga sampel dapat berupa pellet padatan atau dalam bentuk serbuk. Umumnya data XRD dapat dikoleksi antara intensitas versus sudut hamburan (2θ) di kisaran 0 sampai 180°. Selain itu, hasil karakterisasi XRD juga dapat digunakan untuk menentukan ukuran partikel menggunakan persamaan Scherre, yakni

$$D = \frac{k\lambda}{\beta cos\theta} \tag{3.1}$$

dengan *D* adalah ukuran partikel (nm), *k* adalah konstanta (0,9), β adalah lebar penuh pada setengah intensitas maksimum atau *full width at half maximum* (FWHM), λ adalah panjang gelombang sinar-X dalam satuan nanometer (nm) dan θ adalah sudut hamburan pada puncak difraksi terjadi (º).

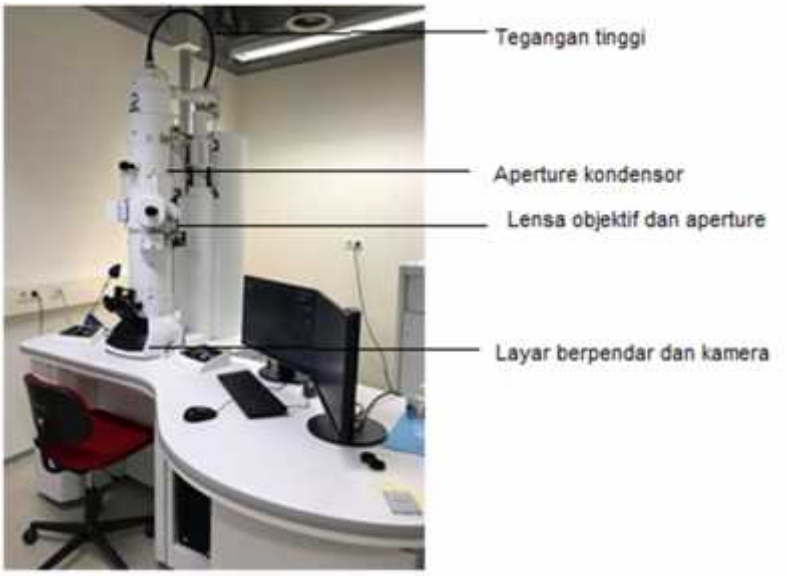
Skema difraksi sinar-X ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. (a) Skema difraksi sinar-X (Indiamart, 2015) dan **(b)** Perjalanan sinar-x (Cullity, 1956).

b. Karakterisasi TEM

Karakterisasi TEM dilakukan untuk menganalisa kristalin material. Proses karakterisasi ini dilakukan menggunakan alat JEOL JEM 1400. Proses ini diawali dengan preparasi sampel, yakni mencampurkan sampel dengan dispersan. Selanjutnya, sampel diletakkan pada *grid* atau substrat dan memasukkannya ke dalam alat. Setelah itu dilakukan pengaturan tegangan, penentuan fokus dan daerah. Kemudian dilakukan penembakan elektron dari senjata elektron yang kemudian akan difokuskan dengan lensa kondensor dan menembus sampel sehingga menghasilkan foto dengan skala pengukuran tertentu. Hasil foto ini kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Image* untuk menghitung ukuran butiran partikel. Peralatan TEM ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Peralatan TEM (Leung, 2015).

3. Uji Katalis

Uji fotokatalis dilakukan untuk mengetahui sifat katalis sampel yang memerlukan bantuan energi cahaya atau foton seperti cahaya matahari dan lampu UV. Uji fotokatalis akan dilakukan di Universitas Lampung, Bandar Lampung. Uji fotokatalis dilakukan menggunakan larutan remazol kuning keemasan 10 ppm yang terdiri dari 3 ml remazol kuning keemasan yang dilarutkan ke dalam 297 ml akuabides di gelas beker. Kemudian larutan diaduk menggunakan pengaduk magnetik hingga homogen dibawah penyinaran lampu UV. Selanjutnya melakukan pengambilan larutan sebanyak 10 ml setiap 10 menit selama 50 menit. Hasil uji fotokatalis ini kemudian dilakukan uji spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Uji spektrofotometri ini dilakukan di Laboratorium Botani Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

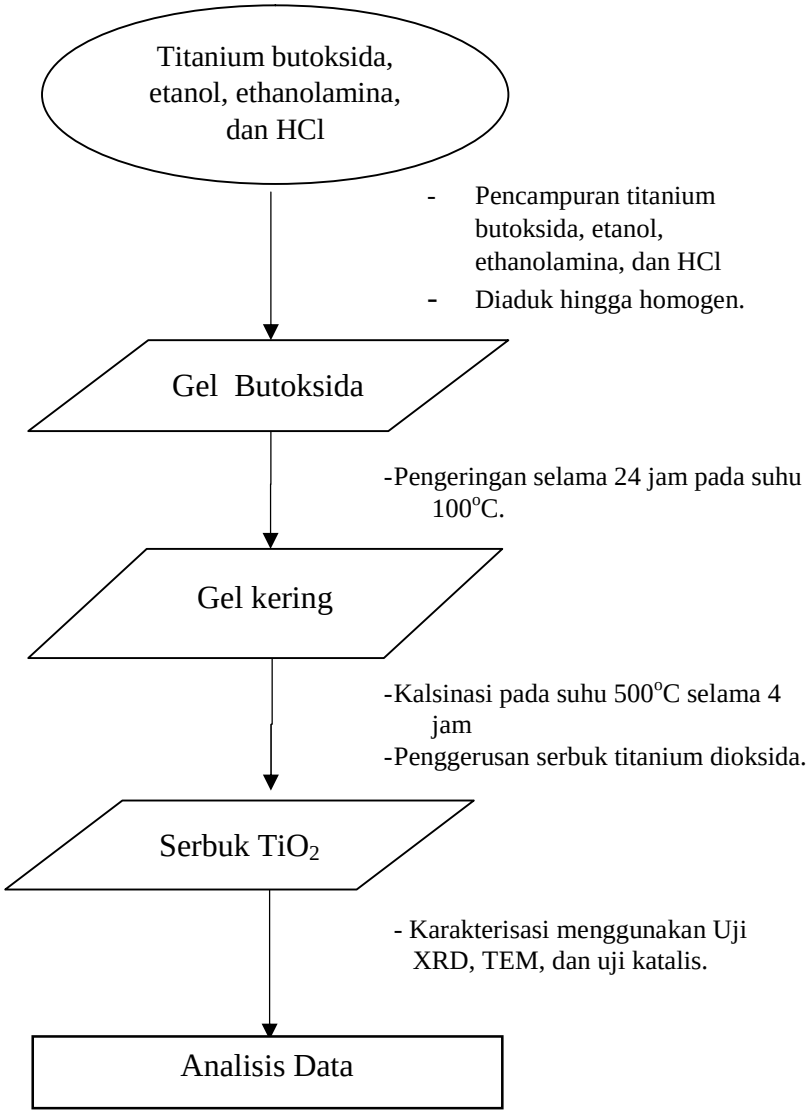
Gambar 3.3. Skema alat spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmitan atau absorban suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrofotometer merupakan gabungan dari alat optik dan elektrik serta sifat-sifat kimia fisiknya. Spektrofotometer sesuai dengan namanya merupakan alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorbsi. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi cahaya secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum sinar tampak yang sinambung dan monokromatis. Sel pengabsorbsi untuk mengukur perbedaan absorbsi antara cuplikan dengan blanko ataupun pembanding. Spektrofotometer UV-Vis merupakan spektrofotometer yang digunakan untuk pengukuran didaerah ultra violet dan didaerah tampak. Semua metode spektrofotometri berdasarkan pada serapan sinar oleh senyawa yang ditentukan, sinar yang digunakan adalah sinar yang monokromatis. Spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran serapan cahaya di daerah ultraviolet (200 –350 nm) dan sinar tampak (350 – 800 nm) oleh suatu senyawa. Serapan cahaya UV atau cahaya tampak mengakibatkan transisi

elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Dimana 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.

D. Diagram Alir

Penelitian ini diawali dengan tahap sintesis nanotitania menggunakan metode sol gel. Kemudian dilanjutkan dengan kalsinasi dan analisis data. Skema dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.4. Diagram alir sintesis TiO_2.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Fasa yang terbentuk pada sampel A-0 setelah dikalsinasi pada suhu 500º C adalah fasa anatase, sedangkan fasa yang terbentuk pada sampel C-1 setelah dikalsinasi pada suhu 500º C adalah fasa anatase dan brookite.
2. Ukuran butiran partikel A-0 berdasarkan hasil uji karakterisasi TEM dengan menggunakan *software* ImageJ adalah 20,8 nm, sedangkan ukuran butiran partikel C-1 sebesar 19,8 nm.
3. Remazol kuning digunakan untuk mempercepat jalannya reaksi. Aktivitas fotokatalis tercepat turun yaitu terjadi pada sampel C dengan tinggi maksimum sebesar 0,1 sedangkan aktivitas fotokatalis pada sampel E mengalami penurunan secara gradual dengan tinggi maksimum sebesar 0,05.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan sintesis nanotitania yang dengan bahan yang divariasikan menggunakan metode yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Alqaragully, B.M., H.Y. Al-Gubury, Aseel M, A., Fiak, F.K., and Ayad, F.F.A. 2015. Photocatalytic Removal of Paraquat Dichlonde Herbicide in Aquaeous Solutions by Using TiO_2 Nanoparticle. *Journal of Pharmaceutical, Biological, and Chemical*. Volume 12. Number 9. Page 290-295

Alwi, C. 2008. *Sintesis Nano TiO_2 dengan Prekursor $TiCl_4$ Menggunakan Metode Sol-Gel dan Kristalisasi Dingin untuk Aplikasi Anti Kabut*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.

Astarita, Y. H., Aditya, P., and Cyntia, S. 1983. Simulasi Absorpsi Gas CO_2 dengan Pelarut Dietanolamina (DEA) Menggunakan Simulator Aspen Hysys. *Jurnal Integrasi Proses* Volume 6. Number 3. Page 100 – 103.

Basset, J., Denney, R. C., Jeffrey, G. H., and Mendham, J. (1994). *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Edisi Keempat. Jakarta: EGC. Page 165.

Bessekhouad, Y. D and Robert, J.V.W. 2003. Synthesis of Photocatalytic TiO_2 Nanoparticles: Optimization of the Preparation Conditions, *J. Photochem. Photobiol. A.* Volume 157. Page 47–53.

Binitha, N. N., Yaakob, Z. and Resmi, R. 2010. Influence of Synthesis Methods on Zirconium Doped Titania Photocatalysts. *Central European Journal of Chemistry*. Volume 8. Number 1. Page 182-187.

Brown, G. N., Birks, J. W. and Koval, C. A. 1992. Development and Characterization of a Titanium Dioxide-Based Semiconductor Photoelectrochemical Detector. *Analysis Chemistry*. Volume 64. Number 4. Page 427-434.

Carp, O., Huisman, C. L. and Reller, A. 2004. Photoinduced Reactivity of Titanium Dioxide. *Journal of Progress in Solid State Chemistry*. Volume 32. Number 1-2. Page 33-117.

Clunan, A. 2014. *Nanotechnology in A Globalized World Strategic Assessments of An Emerging Technology*. Muntery: Naval Postgraduate School.

Cullity, B. 1956. *Elements of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company Inc.: Massachusetts. Halaman 84.

Colmenares, J., Luque, R., Campelo, J., Colmenares, F., Karpinski, Z and Romero, A. 2009. Nanostructured Photocatalysts and Their Application in the Photocatatytic Transformation of Lignocellulosic Biomass: An Overview. *Journal of Materials.* Volume 2. Number 4. Page 2228-2258.

Diebold, U. 2003. The Surface Science of Titanium Dioxide. *Surface Science Reports.* Volume 48. Page 53-229.

Feinle, A., Elsaesser, M. and Husing, N. 2015. Sol-Gel Synthesis of Monolithic Materials with Hierarchical Porosity. *Journal of Chemistry Society Reviews*. Volume 12. Page 3377-3399.

Fernandes, B. 2011. *Makalah Sintesis Nanopartikel*. Padang: Program Studi Kimia Pascasarjana Universitas Andalas.

Fujishima, A., Tata N.R. and Donald A.T. 2000. Titanium Dioxide Photocatalysis. *Journal Photochemistry* Review. Volume 1. Page 1-21.

Fujishima, A. and Zhang, X. 2006. Titanium Dioxide Photocatalysis: Present Situation and Future Approaches. *Chime*. Volume 6. Page 750-760.

Gamse, T. 2002. *Liquid-Liquid Extraction and Solid-Liquid Extraction*. Institute of Thermal Process and Environmental Engineering, Graz University of Technology. Page 2-24.

Hench, L.L. and West, J.K. 1990. The Sol-Gel Process. *Chem*. Rev Volume 90. Page 33–72.

Hermann, J. 1999. Heterogeneous Photocaralysis: Fundamental and Aplications to the Removal of Various Types of Aqueous Pollutans. *Journal of Catalysis Today*. Volume 53. Number 1. Page 115-129.

Hill, R. J., and C. J. Howward. 1986. *A Computer Program for Rietveld Analysis of Fixed Wavelength X-ray and Neutron Powder Diffraction Patterns. Australian Atomic Energy Commission*. Research Establishment, New South Wales. Australia.

Hoffman, M.R., Martin, S.T., Choi, W., and Bahneman, D.W. 1995. Enviromental Applications of Semiconductor Photocatalysis, *Chem*. Volume 95. Page 69-96.

Indiamart. 2015. *Skema Difraksi Sinar-X*. www.Indiamart.com/proddetail/xrd-x-ray-powder-diffraction16339163130.html. Diakses: Senin, 12 Maret 2018 pukul 22.27 WIB.

Kurtoglu, M. 2011. *Effect of Doping on the Photocatalytic, Electronic and Mechanical Properties of Sol-Gel Titanium Dioxide Films.* Thesis. Dexel University: Philadelphia.

Leung. B. 2015. *Skema Peralatan TEM.* www.ru.nl/science/gi/facilities-activities/electronmicroscopy/transmission-em. Diakses: Senin, 12 Maret 2018 pukul 21.36 WIB.

Mahmoud, M., Hamdi, M., Sulaiman, M. and Paulus, W. 2013. XRD and EDXRD Analysis of Anatase Nano-TiO_2 Synthesized from Mineral Precursors. *Journal of Advanced Materials Research*. Volume 620. Page 179-185.

Manurung, P., Situmeang, R., Ginting, E., and Pardede, I. 2014. *Indones. J. Chem.* Volume 15. Number 1. Page 36-42.

Meisye, R., K., Agung, S., Nurul, K. W. and Subaer. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Nanokatalis α-Fe_2O_3 dengan Bahan Penyangga Mesopori SiO_2. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY*. Page 158-161.

Moellmann, J., Ehrlich, S., Tonner, R. and Grimme, S. 2012. A DFT-D Study of Structural and Energetic Properties of TiO_2 Modifications. *Journal of Physics Condensed Matter*. Volume 24. Number 42. Page 1-8.

Nisa, Z and Munasir. 2015. Studi Morfologi Silika Hasil Kalsinasi dengan Metode Sintesis Hydrotermal – Kopresipitasi. *Jurnal Fisika.* Volume 4. Number 1. Page 41-44.

Novita, D. 2009. *Studi Preparasi dari Karakterisasi N-Doped TiO_2 dengan Matode Solgel Menggunakan Prekursor Titanium Iso Propoksida (TTIP) dan Diethanolamine (DEA).* Depok: Universitas Indonesia.

Nurdin, M., Wibowo, W., Supriyono, Febrian, M.B., Surahman, H., Krisnandi, Y. K. and Gunlazuardi, J. 2009. Pengembangan Metode Baru Penentuan Chemical Oxygen Demand (COD) Berbasis Sel Fotoelektrokimia: 70 Karakterisasi Elektroda Kerja Lapis Tipis TiO_2/ ITO. Makara Sains. Volume 13. Number 1. Page 1-8.

Perez, Esteve. 2013. *Prospek Nanoteknologi dalam Membangun Ketahanan Pangan.* Page 50.

Pierre, A.C. 1998. *Introduction to Sol-Gel Processing.* Kluwer Academic Publishers. London. Page 18-268.

Poli, E., M. 2006. *Karya Ilmiah Nanoteknologi*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.

Rahman, R. 2008. *Pengaruh Proses Pengeringan, Anil, dan Hidrotermal terhadap Kristalinitas Nanopartikel TiO_2 Hasil Proses Sol Gel*. Skripsi. Fakultas Teknis Universitas Indonesia.

Rockafellow, E. M., Stewart, L. K. and Jenks, W. S. 2009. Is Sulfur Doped TiO_2 an Effective Visible Light Photocatalyst for Remediation. *Applied Catalys B: Environmental*. Volume 91. Page 554-562.

Subagja, C, Triwikantoro., and Munasir. Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi pada Struktur Silika. *Jurnal Sains dan Seni Pomits.* Volume 3. Number 1.

Sudiana, I, Y., Hikam, M., Loeksmanto, W., and Barmawi, M. 2000. Analisis Struktur Kristal Dan Full Width Half Maximum (Fwhm) Dengan Metode Rietveld (Studi Kasus : Kalsit (Caco3). *Jurnal Kontribusi Fisika Indonesia. ITB Bandun.* Volume 11. Number 2. Page 41-48.

Superarif. 2010. *Skema Fotokatalis TiO_2*. www.Superarif-naturalscience.blogspot.co.id/2010/04/fotokalitik-TiO_2.html. Diakses: Selasa 13.08 WIB.

Yuan, A., Chen, H., and Hu, S. 2005. Fabrication of TiO_2 Nanoparticles/ Surfactant Polymer Complex Film on Glassy Carbon Electrode and its Application to Sensing Trace Popamine. *Materials Science and Engineering C*, Volume 25. Page 479-485.

Zallen, R and Moret, M. 2006. The Optical Absorption Edge of Brookite TiO_2. *Solid State Communication*. Volume 137. Page 154-157.

Zhao, J. and Yang, X. 2003. Photocatalytic Oxidation for Indoor Air Purification. *A Literatur Review Building and Environmental*. Volume 38. Page 645-654.