



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KOMPARASI PENGARUH VARIASI *DISPERSANT*  
TERHADAP STABILITAS SUSPENSI DAN SIFAT  
HIDROFILIK NANOPARTIKEL TiO<sub>2</sub> BERBASIS AIR**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Kimia**

**BAGUS SULASMONO**

**0906651233**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KIMIA**

**KEKHUSUSAN KIMIA NON HAYATI**

**DEPOK**

**JANUARI 2012**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Bagus Sulasmono

NPM : 0906651233

Tanda Tangan :

Tanggal :

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Bagus Sulasmono  
NPM : 0906651233  
Program Studi : Ilmu Kimia / Non Hayati  
Judul Tesis : Studi Komparasi Pengaruh Variasi *Dispersant*  
Terhadap Stabilitas Suspensi dan Sifat Hidrofilik  
Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Berbasis Air

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Yuni K. Krisnandi ( ..... )  
Pembimbing : Dr. Jarnuzi Gunlazuardi ( ..... )  
Penguji : Drs. Ridla Bakri, M.Phil, Ph.D ( ..... )  
Penguji : Dr. rer.nat Widyanti Wibowo ( ..... )  
Penguji : Dr. Riwandi Sihombing, Ph.D ( ..... )  
Penguji : Dr. Yoki Yulizar, M.Sc ( ..... )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal :

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alam, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, tesis ini dapat terselesaikan. Tesis yang bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi *dispersant* terhadap stabilitas suspensi dan sifat hidrofilik nanopartikel TiO<sub>2</sub> berbasis air, dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai kelulusan Program Magister Ilmu Kimia Pascasarjana Departemen Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ibu Dr. Yuni K. Krisnandi dan Bapak Dr. Jarnuzi Gunlazuardi selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ide, saran, bantuan tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Dr. Ridla Bakri, M.Phil selaku ketua Departemen Kimia FMIPA UI dan Dr. Endang Saepudin selaku Koordinator Program Pasca Sarjana beserta seluruh Staf Dosen yang telah memberikan bekal ilmu selama masa perkuliahan dan Staf Karyawan yang banyak memberikan pelayanan dengan baik;
- (3) Ibu Alwiyah Bagir, Bapak Agus Purwanto, dan seluruh civitas akademika SMA Lazuardi yang telah memberikan beasiswa dan izin untuk melanjutkan studi di program magister ini;
- (4) Orang tua, istriku tercinta Dwi Astiningsih dan putriku Kimya Nirwasita S yang telah memberikan dukungan material dan moral, yang terkadang waktu kebersamaan kami sering terganggu;
- (5) Seluruh laboran Lab Afiliasi, Mas Puji, Mas Rasyid, Mas Dio, dan Mbak Rispa yang telah banyak membantu penulis dalam penggunaan instrumentasi demi kelancaran tesis ini;
- (6) Rekan-rekan grup meeting fotokatalis (Pak Cholid, Pak Anthony, Pak Hedi, Mas Hendra, Suci, dan rekan-rekan S1), sebagai teman untuk saling berdiskusi

tentang penelitian ini; dan

(7) Rekan-rekan seperjuangan S2 Non hayati Bu Nurlita, Pak Azhar dan Mbak Dyah, serta rekan-rekan penelitian di laboratorium Kimia UI serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini. Penulis berharap semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu kelancaran pengerjaan tesis ini.

Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, namun penulis telah banyak mendapatkan pelajaran berharga dalam penelitian dan penulis tesis ini. Diharapkan suatu saat jika ada kesempatan lagi untuk menyempurnakan tesis ini. Akhir kata, semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, penulis yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bagus Sulasmono  
NPM : 0906651233  
Program Studi : Kimia Non Hayati  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah penulis yang berjudul :

**STUDI KOMPARASI PENGARUH VARIASI *DISPERSANT* TERHADAP  
STABILITAS SUSPENSI DAN SIFAT HIDROFILIK NANOPARTIKEL  
TIO<sub>2</sub> BERBASIS AIR**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir penulis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal :  
Yang menyatakan

( Bagus Sulasmono )

## ABSTRAK

Nama : Bagus Sulasmono  
Program Studi : Kimia Non Hayati  
Judul : Studi Komparasi Pengaruh Variasi *Dispersant* Terhadap Stabilitas Suspensi dan Sifat Hidrofilik Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Berbasis Air

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi *dispersant* terhadap stabilitas *water based* suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub>. Pada penelitian ini digunakan 3 jenis dispersant yaitu Polietilen Glikol 200, Triton X 100 (polietilen glikol tert. oktil fenil eter), dan Etilen Glikol.

Hasil karakterisasi dengan PSA menyatakan bahwa distribusi partikel TiO<sub>2</sub>-PEG adalah 53,3 nm ± 16,3 nm, TiO<sub>2</sub> – Triton X adalah 206,5 nm ± 59,1 nm. Sedangkan TiO<sub>2</sub> – EG membentuk 2 distribusi partikel di 87,4 nm ± 6,6 nm dan 2151,4 nm ± 572,6 nm. Analisa XRD, dan SEM menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub> hasil sintesis merupakan kristal anatase dengan bentuk *spherical* dan ukuran partikel rata-rata 36 nm untuk TiO<sub>2</sub>-PEG 200, dan 90 nm untuk TiO<sub>2</sub>-Triton X 100. Selanjutnya karakterisasi menggunakan DRS-UV Vis menunjukkan bahwa adanya dispersant pada TiO<sub>2</sub> hasil sintesis menggeser panjang gelombang ke arah panjang gelombang yang lebih pendek (blue shift), sehingga menjadikan energi bandgapnya menjadi lebih besar, yaitu dari TiO<sub>2</sub> Degussa sebagai bahan acuan sebesar 3,29 eV menjadi 3,52 – 3,87 eV untuk TiO<sub>2</sub> – PEG 200, 3,76 – 3,97 eV untuk TiO<sub>2</sub> – Triton X 100, dan 3,43 – 3,75 eV untuk TiO<sub>2</sub> - EG yang dikeringkan pada berbagai suhu. Hasil analisa DRS-FTIR menunjukkan bahwa pada suhu pengeringan T kamar dan T 100 kandungan dispersant masih ada, dan hilang setelah dikalsinasi pada suhu 400°C.

Dengan adanya dispersant membuat stabilitas suspensi hasil refluks dalam medium air lebih baik daripada stabilitas suspensi dari redispersi Kristal TiO<sub>2</sub> hasil sintesis pada pengukuran waktu hingga 4 bulan. Berdasarkan pengukuran sudut kontak menunjukkan bahwa sifat superhidrofilik terbaik diperoleh pada lapisan film TiO<sub>2</sub> dari redispersi suspensi TiO<sub>2</sub> dengan dispersan Triton X 100, dimana sudut kontak mendekati 0°.

Kata Kunci : *Dispersant*, Suspensi Basis Air, Nanopartikel TiO<sub>2</sub>, Superhidrofilik, Polietilen Glikol, Triton X, Etilen Glikol  
xiii+92 halaman : 32 gambar; 8 tabel  
Daftar Pustaka : 30 (1995-2010)

## ABSTRACT

Name : Bagus Sulasmono  
Program Study : Chemistry  
Title : Study on Comparison of Influence of Various Dispersants Types to the Stability and Hydrophylic Property of Water Based TiO<sub>2</sub> Nanoparticle Suspension.

The research on the influences of various types of dispersant to the stability of water-based suspension of TiO<sub>2</sub> nanoparticles has been done. This study used three types of dispersant; Polyethylene Glycol 200 (PEG200), Triton X 100, and Ethylene Glycol (EG).

The characterization of as-synthesized TiO<sub>2</sub> using PSA (particle size Analyzer) shows that the particle size distribution of dispersant-titania particles mostly are 53.3 nm ± 16.3 nm and 206.5 nm ± 59.1 nm, respectively for TiO<sub>2</sub>-PEG and TiO<sub>2</sub>-Triton X. While the size of TiO<sub>2</sub>-EG was distributed in two area, 87.4 nm ± 6.6 nm and 2151.4 nm ± 572.6 nm. Analysis of XRD and SEM show that the as-synthesized TiO<sub>2</sub> has anatase crystal structure with spherical shape and the average of particle size is 36 nm for TiO<sub>2</sub>-PEG 200, and 90 nm for TiO<sub>2</sub> Triton X-100. The characterization with DRS UV-Vis shows that the presence of dispersant on TiO<sub>2</sub> caused shifting of wavelength toward shorter wavelengths (blue shift), which indicates that the band gap energy becomes larger, i.e. from 3.29 eV for TiO<sub>2</sub> Degussa as reference material becomes 3.52 - 3.87 eV for TiO<sub>2</sub> - PEG 200; 3.76 - 3.97 eV for TiO<sub>2</sub> - Triton X-100; and 3.43 - 3.75 eV for TiO<sub>2</sub> - EG after it was dried at various temperatures. The analysis with DRS-FTIR shows that the dispersant was still intact to as-synthesized TiO<sub>2</sub> when was dried at room temperature and 100°C, and then disappeared after calcined at 400 °C.

The stability of reflux suspension is higher than the stability of suspension of redispersed as-prepared TiO<sub>2</sub> crystals in water on the measurement time of 4 months. Furthermore, based on contact angle measurements, the TiO<sub>2</sub> - Triton X 100 thin film has the best super hydrophilic property, where the contact angle is near 0°.

Keywords : Dispersant, Water Based Suspension, TiO<sub>2</sub> Nanoparticles, superhydrophylic, Triton X, Ethylene glycol.  
xiii+92 pages : 32 pictures; 8 tables  
Bibliography : 30 (1995-2010)

## DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Hipotesis.....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ).....	7
2.1.1. Sifat dan struktur kristalografik TiO <sub>2</sub> .....	7
2.1.2. Nano Partikel TiO <sub>2</sub> .....	8
2.1.3. Semikonduktor TiO <sub>2</sub> .....	10
2.1.4. Mekanisme Reaksi Fotokatalitik Semikonduktor TiO <sub>2</sub> .....	11
2.2 Surfaktan/ Dispersant .....	13
2.2.1. Pembentukan Misel oleh Surfaktan.....	16
2.3 Fenomena Pembasahan Permukaan.....	17
2.4 Sudut Kontak Air pada Permukaan .....	19
2.5 Material Swa Bersih .....	22
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Rancangan Penelitian .....	23
3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....	24
3.2.1. Bahan .....	24
3.2.2. Peralatan .....	24
3.3 Prosedur Kerja .....	25
3.3.1. Preparasi suspensi nanopartikel TiO <sub>2</sub> berbasis air.....	25
3.3.1.1. Sintesis TiO <sub>2</sub> dengan Metode Sol - Gel .....	25
3.3.1.2. Pembuatan Redispersi TiO <sub>2</sub> dalam Air .....	26
3.3.2. Karakterisasi TiO <sub>2</sub> .....	27
3.3.2.1 Analisis Ukuran Partikel (PSA) .....	27
3.3.2.2 Analisa TiO <sub>2</sub> dengan Difraksi Sinar X .....	27

3.3.2.3 Analisa TiO <sub>2</sub> dengan SEM EDX.....	28
3.3.2.4 Analisis TiO <sub>2</sub> dengan DRS FTIR .....	28
3.3.2.5 Analisis TiO <sub>2</sub> dengan DRS UV – Vis.....	28
3.3.3. Evaluasi Sifat Superhidrofilik .....	28
3.3.3.1 Preparasi Film TiO <sub>2</sub> pada Pelat Kaca dan Reaktor .....	28
3.3.3.2 Pengukuran Sudut Kontak Air .....	29
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
4.1. Preparasi TiO <sub>2</sub> dengan Metode Sol Gel .....	30
4.2. Karakterisasi Katalis TiO <sub>2</sub> .....	32
4.2.1 Analisis Ukuran Partikel (PSA).....	32
4.2.2. Analisis Kristal TiO <sub>2</sub> dengan Difraksi Sinar X.....	35
4.2.3 Analisis Kristal TiO <sub>2</sub> dengan DRS UV – Vis .....	39
4.2.4 Analisis Kristal TiO <sub>2</sub> dengan DRS FTIR.....	42
4.2.5 Pengukuran SEM-EDX .....	45
4.3. Stabilitas Suspensi TiO <sub>2</sub> Berbasis Air.....	48
4.4. Pengukuran Sudut Kontak .....	52
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan .....	56
5.2 Saran .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN .....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur Kristal anatase dan rutile digambarkan sebagai susunan oktahedra $\text{TiO}_2$ .....	7
Gambar 2.2.	Level Energi Pita Tepi Untuk Fotokatalis Yang Umum Digunakan.....	11
Gambar 2.3.	Ilustrasi Proses Fotokatalisis .....	12
Gambar 2.4.	Pengukuran Sudut Kontak Tetesan Pada Permukaan padatan .....	19
Gambar 2.5.	Pengukuran Sudut Kontak dan contoh umum Perubahan antara Permukaan Superhidrofobik dan Superhidrofilik.....	19
Gambar 2.6.	Mekanisme Hidrofisilitas pada Fotokatalis $\text{TiO}_2$ .....	21
Gambar 3.1.	Diagram kerja Penelitian .....	24
Gambar 3.2.	Diagram Kenaikan Suhu Kalsinasi.....	29
Gambar 4.1.	Mekanisme reaksi sintesis $\text{TiO}_2$ menggunakan Dispersant.....	31
Gambar 4.2.	Formasi reverse misel pada sintesis nanopartikel $\text{TiO}_2$ .....	32
Gambar 4.3.	Distribusi ukuran partikel $\text{TiO}_2$ dengan dispersant PEG 200 .....	33
Gambar 4.4.	Distribusi ukuran partikel $\text{TiO}_2$ dengan dispersant Triton X 100.....	33
Gambar 4.5.	Distribusi ukuran partikel $\text{TiO}_2$ dengan dispersant Etilen Glikol.....	34
Gambar 4.6.	Pola Difraksi $\text{TiO}_2$ – PEG 200.....	35
Gambar 4.7.	Pola Difraksi $\text{TiO}_2$ – Triton X 100 .....	36
Gambar 4.8.	Pola Difraksi $\text{TiO}_2$ – Etilen Glikol .....	37
Gambar 4.9.	Pola Difraksi $\text{TiO}_2$ dengan berbagai variasi dispersant .....	37
Gambar 4.10.	Grafik DRS UV-Vis .....	39
Gambar 4.11.	Grafik Bangap sintesa $\text{TiO}_2$ .....	40
Gambar 4.12.	Spektrum FTIR Sintesis $\text{TiO}_2$ dengan dispersan PEG 200 dengan variasi suhu pengeringan.....	42
Gambar 4.13.	Spektrum FTIR Sintesis $\text{TiO}_2$ dengan dispersan Triton X 100 dengan variasi suhu pengeringan.....	43
Gambar 4.14.	Spektrum FTIR Sintesis $\text{TiO}_2$ dengan dispersan Etilen Glikol dengan variasi suhu pengeringan.....	44
Gambar 4.15.	Spektrum FTIR Sintesis $\text{TiO}_2$ dibandingkan dengan $\text{TiO}_2$ Degussa.....	45
Gambar 4.16.	Foto SEM $\text{TiO}_2$ – PEG 200 .....	46
Gambar 4.17.	Foto SEM $\text{TiO}_2$ – Triton X 100.....	47
Gambar 4.18.	Grafik Stabilitas suspensi $\text{TiO}_2$ dalam medium air .....	50
Gambar 4.19.	Grafik Stabilitas water based suspensi hasil refluks $\text{TiO}_2$ .....	51
Gambar 4.20.	Suspensi $\text{TiO}_2$ hasil refluks .....	51
Gambar 4.21.	Grafik sudut kontak lapisan $\text{TiO}_2$ pada pengeringan T kamar.....	53
Gambar 4.22.	Grafik sudut kontak lapisan $\text{TiO}_2$ pada pengeringan T 100.....	53
Gambar 4.23.	Grafik sudut kontak lapisan $\text{TiO}_2$ pada pengeringan T 400.....	54
Gambar 4.24.	Dispersi $\text{TiO}_2$ Degussa dalam air dan transparansi lapisan $\text{TiO}_2$ Degusa pada kaca .....	54

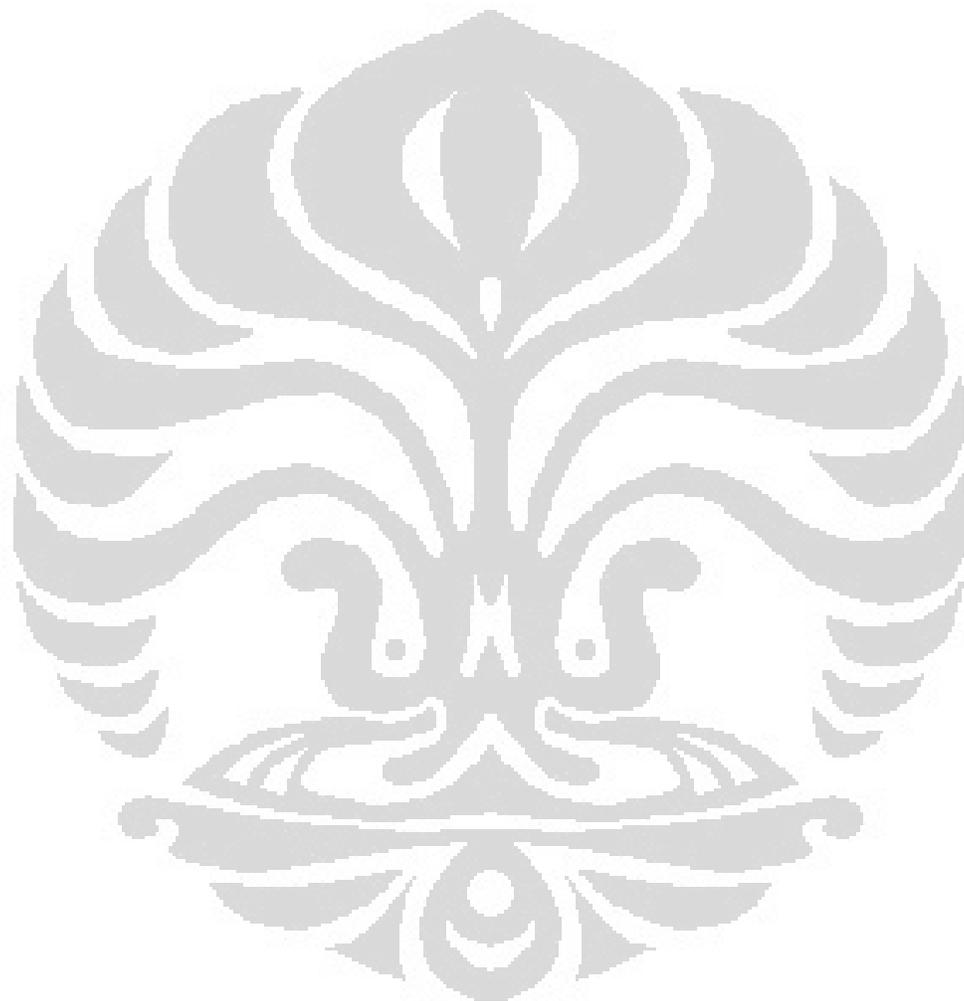
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Perbandingan Struktur dan Sifat Fisik TiO <sub>2</sub> Rutil dan Anatase .....	8
Tabel 2.2.	Sifat Molekul Organik Ampifilik dan nilai CMC Beberapa Surfaktan .....	17
Tabel 3.1.	Parameter Nama Sampel .....	26
Tabel 4.1.	Analisa Ukuran Partikel TiO <sub>2</sub> dengan variasi Dispersant .....	35
Tabel 4.2.	Ukiran Kristal TiO <sub>2</sub> sintesis berdasarkan Persamaan Debye Scherrer .....	38
Tabel 4.3.	Data energy celah TiO <sub>2</sub> hasil sintesa .....	41
Tabel 4.4.	Persentase Komposisi Ti, O, dan C (Data EDS) .....	48
Tabel 4.5.	Stabilitas Suspensi Redispersi TiO <sub>2</sub> dalam medium Air .....	49
..		



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Kartu Standard JCPDS TiO <sub>2</sub> .....	61
Lampiran 2.	Grafik Analisa XRD TiO <sub>2</sub> Hasil Sintesis .....	63
Lampiran 3.	Data Hasil Analisa Ukuran Partikel (PSA) .....	65
Lampiran 4.	Data Hasil SEM EDS .....	74
Lampiran 5.	Data DRS-FTIR.....	88



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Seiring dengan kemajuan zaman dan teknologi, manusia dituntut mencipta segala sesuatu yang serba praktis dan instan untuk menjalankan aktivitas dan kelangsungan hidupnya. Kesibukan manusia membawa dampak konsekuensi terhadap pengalihan tugas yang awalnya mengandalkan sumber daya tenaga kerja manusia ke sumber daya berbasis teknologi. Salah satunya adalah pembuatan material swa-bersih untuk memudahkan kerja manusia. Kaca dan dinding di gedung-gedung bertingkat yang menuntut kebersihan setiap saat, tidak memungkinkan lagi dikerjakan oleh manusia. Selain membutuhkan biaya yang mahal, aspek keselamatan kerja seringkali juga menjadi masalah.

Masalah keselamatan dan kesehatan kerja di Indonesia secara umum masih belum begitu dipedulikan. Hal ini ditunjukkan dengan tingginya angka kecelakaan kerja setiap tahunnya. Terdapat kasus kecelakaan kerja rata-rata setiap tahun sekitar 93.000 kasus. Menurut data PT Jamsostek, kasus kecelakaan kerja pada 2006 tercatat sebanyak 95.624 kasus (Pos Kota, Juli 2011). Pada tahun 2007 menurun menjadi 83.714 kasus, dan pada tahun 2008 menurun jauh menjadi 58.600 kasus. Kemudian Pemerintah juga mencatat sepanjang tahun 2009 telah terjadi kecelakaan kerja sebanyak 54.398 kasus (solopos.com, Januari 2010). Beberapa diantara kasus kecelakaan kerja di atas adalah kasus kecelakaan bekerja di ketinggian yang merenggut korban jiwa. Kejadian terakhir menimpa petugas Gondola di Menara Batavia yang jatuh dari lantai 33 ke lantai 29 dan tewas seketika saat sedang bertugas membersihkan gedung (okezone.com, Oktober 2011). Kasus serupa terjadi di Majesty Hotel and Apartment di Jalan Surya Sumanti Bandung, seorang pekerja tewas seketika setelah terjatuh dari gondola yang berada pada ketinggian sekitar 60 m (Metro Bandung, 4 September 2008). Gondola juga menelan korban pekerja Menara Epicentrum, Kuningan Jakarta, selasa 28 Juli 2008 (cartezadventure.com), dan masih banyak lagi kejadian yang

menimpa pekerja gedung bertingkat ketika sedang membersihkan gedung bertingkat.

Melihat fenomena seperti di atas, maka tuntutan kebersihan gedung setiap saat serta aspek keselamatan kerja dapat dikompromikan dengan baik, melalui adanya suatu upaya pembuatan material swa bersih terhadap material gedung tersebut. Dengan sumber sinar matahari yang begitu melimpah maka penerapan teknologi swa bersih ini sangat mudah untuk dilakukan.

Di sisi lain, tanpa disadari seiring dengan era industrialisasi hal ini membawa dampak kepada banyaknya polutan sebagai akibat dari aktivitas dunia industri yang semakin meningkat. Sebagai salah satu contohnya adalah emisi formaldehida yang berasal dari kegiatan renovasi gedung (aktivitas pengecatan, penggantian karpet baru, *plywood*, *particleboard*, dan lain sebagainya), dianggap sebagai penyebab utama sindrom “*sick building*”. Kondisi ini ditandai dengan rasa kantuk, sakit kepala, sakit tenggorokan, dan kelelahan pikiran yang dialami oleh banyak penghuni gedung perkantoran modern, pusat perbelanjaan, sekolah, dan rumah yang baru dibangun (Tetsuro, 1998).

Formaldehida merupakan salah satu sumber utama *indoor* polutan. Formaldehid dapat menyebabkan gejala alergi pada tingkat rendah, serta bersifat karsinogen. Jadi diperlukan sebuah tindakan untuk mencegah meningkatnya jumlah polutan tersebut atau mengolah polutan tersebut dengan cara mendegradasi polutan yang ada menjadi senyawa yang lebih ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan manusia.

Telah banyak penelitian tentang fotokatalis dikembangkan untuk fotodegradasi polutan senyawa organik dalam air dan/ atau udara. Aplikasi fotokatalis diantaranya digunakan sebagai pemurnian air dan udara, penghilang bau, material swa bersih dan anti kabut serta untuk sterilisasi. Ketika  $\text{TiO}_2$  terkena cahaya ( $\lambda < 410 \text{ nm}$ ) akan menghasilkan elektron ( $e^-$ ) dan lubang positif ( $h^+$ ), yang dapat menginisiasi reaksi kimia dipermukaannya. Elektron berinteraksi dengan oksigen menghasilkan  $\text{O}^{2-}$  sementara  $h^+$  berinteraksi dengan air menghasilkan radikal hidroksil. Daya oksidasi kuat spesi kimia tersebut terbukti dapat menghancurkan polutan dan mikroorganisme (Jarnuzi, 2010).

Proses fotokatalisis menjadikan  $\text{TiO}_2$  bersifat superhidrofilik, yakni sangat suka air. Dampaknya permukaan  $\text{TiO}_2$  berukuran nano tetap transparan, tidak berkabut saat terkena uap air. Sementara dalam keadaan gelap  $\text{TiO}_2$  bersifat hidrofobik, atau tidak suka air. Dalam dunia dengan siklus terang dan gelap,  $\text{TiO}_2$  berperilaku amfifilik, hidrofobik saat gelap dan hidrofilik saat terang. Akibatnya kotoran, baik polar maupun non polar (*oilly*), mudah lepas dari permukaannya. Bersinergi dengan daya oksidasinya yang mampu menghancurkan zat organik, maka permukaan  $\text{TiO}_2$  mempunyai kemampuan membersihkan diri sendiri (swa bersih) (Jarnuzi, 2010).

Walaupun sudah diperkenalkan sejak lama, tetapi sampai saat ini penelitian tentang fotokatalis masih terus dikembangkan. Pada umumnya aplikasi pelapisan  $\text{TiO}_2$  pada permukaan panel logam, gelas atau seramik membutuhkan suspensi  $\text{TiO}_2$  dengan pelarut organik yang mudah menguap seperti etanol, aseton dan lain-lain sebagai *solvent based* nya. Sehingga diharapkan proses pengeringannya berdasarkan penguapan pelarut. Dalam jumlah paparan yang besar, uap pelarut ini dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Dengan demikian perlu adanya penelitian tentang suspensi  $\text{TiO}_2$  dengan pelarut air (*water-based suspension*  $\text{TiO}_2$ ). Hal ini tidaklah mudah, karena sifat  $\text{TiO}_2$  tidak larut dalam air dan akan mengendap secepatnya jika pengadukan dihentikan. Perlu adanya penelitian tentang material  $\text{TiO}_2$  yang dapat tersuspensi di dalam air dan tidak membentuk agregat.

Untuk mengatasi hal tersebut di atas, sampai dengan saat ini, peneliti mengembangkan sintesis partikel  $\text{TiO}_2$  berukuran nano dan memodifikasinya dengan *dispersant* atau ligan sebagai agen penstabil agar tidak terjadi agregasi partikel  $\text{TiO}_2$  sehingga partikel tersebut tidak lagi mengendap.

Ping Wang *et.al* (2007 & 2008) mengembangkan metode sol gel dengan refluks pada suhu  $150^\circ\text{C}$  untuk mensintesis nanokristal  $\text{TiO}_2$  anatase yang mudah larut dalam air dengan ukuran 2 – 4 nm. Surfaktan etilen glikol berperan untuk mengontrol laju hidrolisis dan kondensasi TTIP.  $\text{H}_2\text{O}$  juga merupakan kunci pembentukan  $\text{TiO}_2$  yang akan memancing terjadinya hidrolisis. Suspensi  $\text{TiO}_2$  dalam air hasil sintesis dengan tingkat stabilitas dalam waktu 10 hari terbentuk

endapan. Penggantian etilen glikol dengan dietilen glikol dan tetraetilen glikol dilaporkan berhasil mensintesis TiO<sub>2</sub> anatase tetapi juga muncul puncak brookite pada hasil XRD pada daerah 2θ ~30°.

Attar *et.al* (2007) telah melakukan penelitian serupa menggunakan modifier ligan acetilasetonat (AcAc) dan Asam asetat. Dalam penelitiannya menunjukkan bahwa reaksi titanium tetraisopropoksida (Ti(OPr)<sub>4</sub>) dengan asetilasetonat dan asam asetat membentuk senyawa kompleks yang dapat mencegah terjadinya pengendapan yang tidak diinginkan. Tetapi untuk mendapatkan struktur kristalinitas yang tinggi dari nano kristal TiO<sub>2</sub> dibutuhkan temperatur yang tinggi dan waktu reaksi yang lama. Sehingga kurang cocok digunakan dalam produksi skala besar.

Sebelumnya Hendra (2010), melakukan penelitian tentang preparasi dan karakterisasi suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub> berbasis medium air, menggunakan *dispersant* etilen glikol dan variasi jenis prekursor serta kondisi pH. Hasil yang diperoleh, stabilitas suspensinya masih kurang dari apa yang diharapkan. Setelah 4 bulan suspensi tampak jernih dikarenakan semua partikel TiO<sub>2</sub> mengendap, sehingga penelitian ini perlu dilakukan perbaikan dengan mencari *dispersant* yang paling baik dalam menjaga stabilitas suspensi TiO<sub>2</sub>.

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> menggunakan modifikasi metode Ping Wang dengan penambahan berbagai macam *dispersant* atau ligan seperti etilen glikol, polietilen glikol 200 dan Triton X 100 (polietilen glikol tert. oktil fenil eter). Modifikasi metode Ping Wang ini diharapkan dapat diperoleh kristal anatase nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang mudah larut dalam air dan membentuk suspensi yang stabil.

Selanjutnya hasil sintesis suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub> berbasis air ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam panel sebagai material swa bersih, seperti pelapis kaca gedung atau kaca mobil, lantai keramik dan cat dinding gedung bertingkat yang mengharuskan kebersihan setiap saat, sehingga dengan sendirinya dapat membersihkan sendiri dengan aktivasi sinar matahari, serta dapat mendegradasi senyawa *indoor polutan* yang ada, menjadi senyawa yang lebih aman bagi kesehatan manusia.

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, maka dapat diambil beberapa rumusan masalah terkait dengan metode sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan jenis *dispersant* penstabil yang digunakan untuk mencegah terjadinya agregat dan pengendapan. *Dispersant* yang digunakan dalam penelitian ini adalah polietilen glikol 200, Triton X 100 (polietilen glikol tert. oktil fenil eter), dan etilen glikol.

Diantara ketiga *dispersant* tersebut dipelajari fungsi dari masing-masing sebagai *dispersant* penstabil terbaik dan seberapa lama efek kestabilan dispersi TiO<sub>2</sub> tersebut dalam air.

Setelah dilakukan uji kestabilan, selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap sifat hidrofilik lapisan film TiO<sub>2</sub> hasil sintesis.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat stabilitas dispersi nano partikel TiO<sub>2</sub> dalam air mengingat bahwa partikel TiO<sub>2</sub> bersifat tidak larut dalam air dan akan membentuk agregat seiring dengan berjalannya waktu

Selanjutnya penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *dispersant* terhadap sifat hidrofilik lapisan film, yang dapat dijadikan dasar pembuatan material swa bersih.

## 1.4. Hipotesis Penelitian

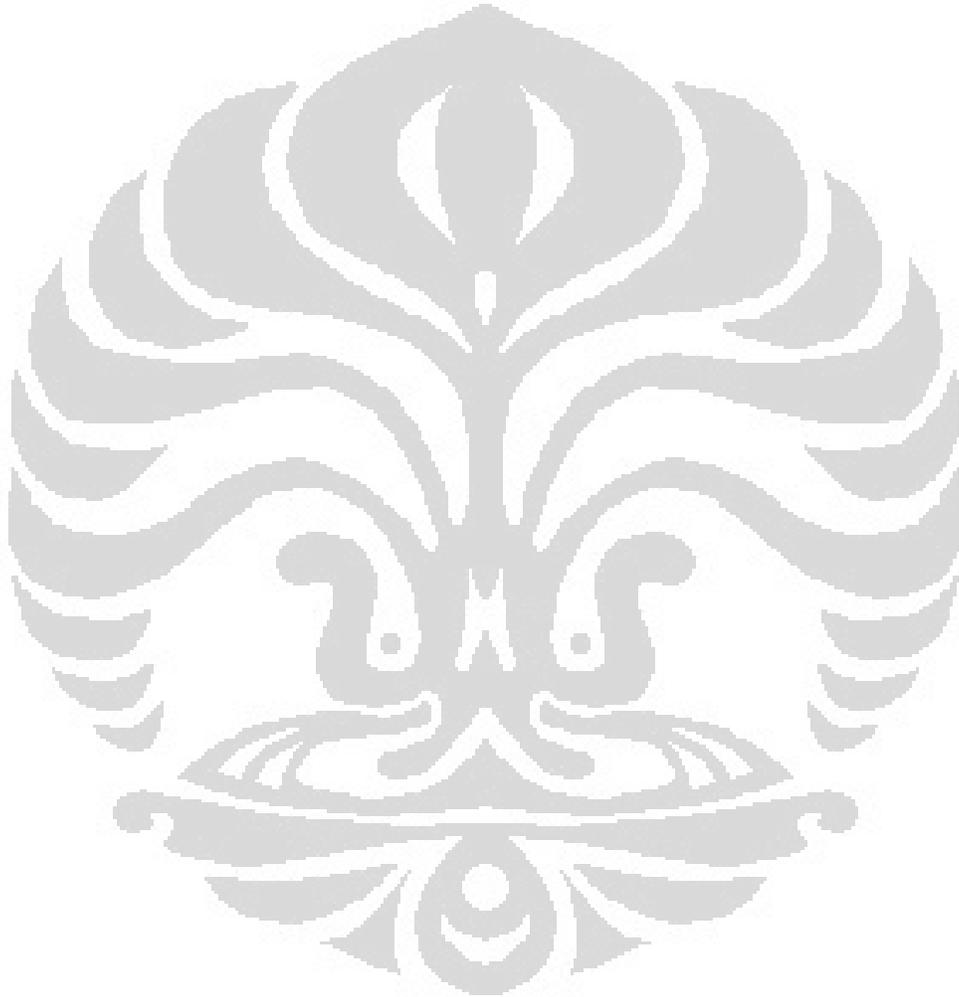
Dengan penambahan *additif* berupa *dispersant* polietilen glikol 200, Triton X 100 (polietilen glikol tert. oktil fenil eter) atau etilen glikol, pada sintesis suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub> berbasis air, maka zat tersebut mampu memperbaiki kestabilan suspensi partikel TiO<sub>2</sub> dalam media air.

## 1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini akan dipelajari karakteristik hasil sintesis TiO<sub>2</sub> nanopartikel berbasis pelarut air yang menggunakan metode sol-gel dengan bantuan refluks dan menggunakan variasi *dispersant* polietilen glikol 200, Triton

X 100 (polietilen glikol tert. oktil fenil eter), dan etilen glikol, sebagai agen penstabil suspensi partikel  $\text{TiO}_2$  dalam media air.

Selain itu juga dipelajari sifat superhidrofilik film  $\text{TiO}_2$  pada pelat kaca untuk mengetahui keberhasilan aplikasi lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  sebagai material swa bersih.



## BAB II

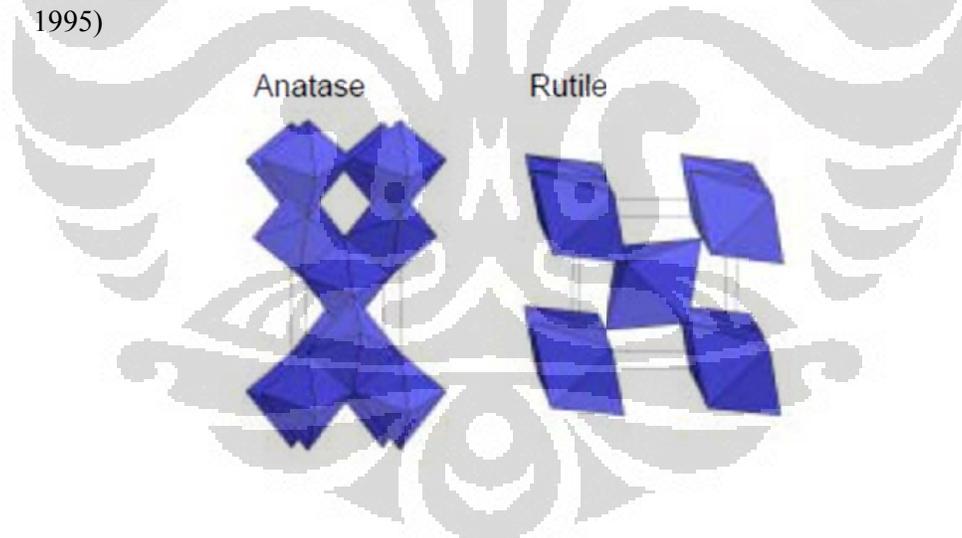
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ )

##### 2.1.1. Sifat dan Struktur Kristalografik $\text{TiO}_2$

Titanium dioksida merupakan material kristalin yang dilaporkan memiliki tujuh bentuk polimorf, empat bentuk ditemukan di alam dan sisanya sintetik (Ahonen, 2001). Dari empat bentuk alami tersebut hanya tiga yang terlibat dalam sintesis anorganik yaitu, *anatase*, *rutile* dan *brookite*.

Dua struktur kristal  $\text{TiO}_2$  yang berbeda, rutil dan anatase adalah yang paling sering digunakan dalam forokatalisis, dengan anatase yang menunjukkan aktivitas fotokatalis yang lebih tinggi. Struktur rutil dan anatase dapat dijelaskan dengan pola ikatan oktahedra  $\text{TiO}_6^{2-}$ . Dua struktur Kristal tersebut dibedakan oleh distorsi dari setiap oktahedron dan pola pemasangan ikatan oktahedra (Linsebigler et. al, 1995)



Gambar 2.1. Struktur kristal anatase dan rutile digambarkan sebagai susunan oktahedra  $\text{TiO}_6^{2-}$

Setiap  $\text{Ti}^{4+}$  dikelilingi oleh oktahedron enam ion  $\text{O}^{2-}$ . Oktahedron dalam rutil tidak teratur, menunjukkan sedikit distorsi ortorombik. Oktahedron dalam anatase terdistorsi secara signifikan, sehingga bentuk simetrinya lebih rendah dibandingkan dengan bentuk orthorhombic. Jarak Ti-Ti dalam anatase lebih besar

(3,79 dan 3,04 Å vs 3,57 dan 2,96 Å dalam rutil), sedangkan jarak Ti-O lebih pendek daripada dalam rutil (1,934 dan 1,980 Å dalam anatase vs 1,949 dan 1,980 Å dalam rutil). Pada rutil setiap oktahedron berhubungan dengan 10 oktahedron tetangga (2 berbagi dengan tepi oksigen berpasangan dan delapan berbagi dengan sudut atom oksigen). Sedangkan pada struktur anatase setiap oktahedron berhubungan dengan delapan tetangga (4 berbagi tepi dan empat berbagi sudut). Perbedaan struktur lattice ini menyebabkan perbedaan densitas massa dan struktur pita elektronik diantara keduanya. (Linsebigler et.al, 1995)

Seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa TiO<sub>2</sub> jenis *anatase* umumnya menunjukkan sifat fotoaktivitas yang lebih tinggi dibandingkan titanium oksida jenis lainnya. Perbandingan struktur dan sifat fisik dari titanium dioksida jenis *rutile* dan *anatase* disajikan dalam Tabel 2.1 (Ahonon, 2001 & Fujishima et. al., 1999).

**Tabel 2.1. Perbandingan Struktur dan Sifat Fisik TiO<sub>2</sub> Rutile dan Anatase**

Sifat	Rutile	Anatase
Bentuk kristal	Sistem tetragonal	Sistem tetragonal
Gugus ruang	P4 <sub>2</sub> /mnm	I4 <sub>1</sub> /amd
Konstanta kisi a	4,58 Å	3,78 Å
Konstanta kisi c	2,95 Å	9,49 Å
Berat jenis	4,2 g/cm <sup>3</sup>	3,9 g/cm <sup>3</sup>
Indeks bias	2,71	2,52
Kekerasan	6,0 – 7,0	5,5 – 6,0
Titik leleh	1858 °C	Berubah menjadi rutile pada suhu tinggi (>400 °C)

### 2.1.2. Nanopartikel TiO<sub>2</sub>

Pada saat ini, pengembangan nanoteknologi terus dilakukan oleh para peneliti dari dunia akademik maupun dari dunia industri. Semua peneliti seolah berlomba untuk mewujudkan karya baru dalam dunia nanoteknologi. Salah satu bidang yang menarik minat banyak peneliti adalah pengembangan metode

sintesis nanopartikel. Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia. Sintesis nanopartikel bermakna pembuatan partikel dengan ukuran yang kurang dari 100 nm dan sekaligus mengubah sifat atau fungsinya.

Pada umumnya partikel berukuran nano dapat memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran besar (bulk). Dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar yaitu:

- a. Karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain.
- b. Ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum.

Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena berikut ini: (1) fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. (2) perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia. Perubahan-perubahan tersebut diharapkan dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenis dalam keadaan bulk.

Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dalam fasa padat, cair, maupun gas. Proses sintesis pun dapat berlangsung secara fisika atau kimia. Proses sintesis secara fisika tidak melibatkan reaksi kimia. Yang terjadi hanya pemecahan material besar menjadi material berukuran nanometer, atau penggabungan material berukuran sangat kecil, seperti kluster, menjadi partikel berukuran nanometer tanpa mengubah sifat bahan. Proses sintesis secara kimia melibatkan reaksi kimia

dari sejumlah material awal (precursor) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer

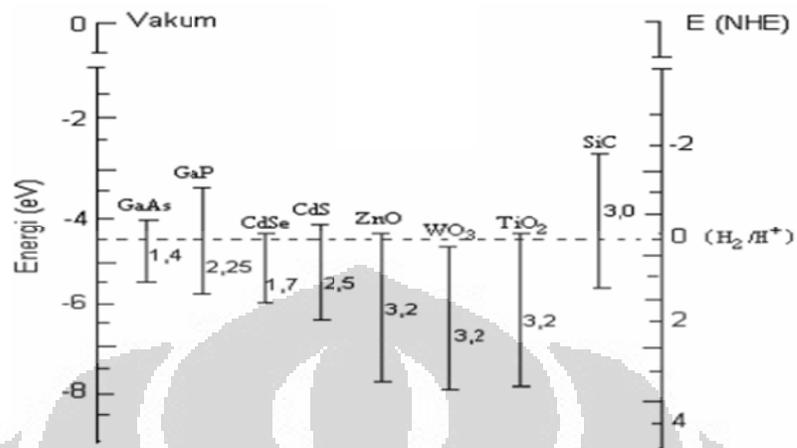
Secara umum, sintesis nanopartikel dimasukkan ke dalam dua kelompok besar. Cara pertama adalah memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer. Pendekatan ini kadang disebut pendekatan top-down. Pendekatan kedua adalah memulai dari atom-atom atau molekul-molekul atau kluster-kluster yang *diassembli* membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki. Pendekatan ini disebut bottom-up (Mikrajudin, dkk, 2008)

### 2.1.3. Semikonduktor TiO<sub>2</sub>

Semikonduktor adalah suatu bahan dengan daya hantar arus listrik ( $\sigma$ ) berada di antara konduktor dan isolator, dengan nilai  $\sigma$  sebesar  $10^{-5} - 10^3 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Radiasi permukaan semikonduktor dengan cahaya yang memiliki energi lebih besar dari pada celah pita (band gap) akan menghasilkan daya redoks kuat, yang mampu mempromosikan berbagai reaksi kimia. Proses ini dinyatakan sebagai fotokatalisis.

Bahan semikonduktor TiO<sub>2</sub> memiliki selang energi yang kecil antara pita valensi dan pita konduksi. Untuk menghasilkan proses fotokatalisis, bahan semikonduktor membutuhkan serapan energi yang lebih besar dari selang energinya ( $E_g = 3.2 \text{ eV}$ ).

Keberadaan energi celah pada semikonduktor mencegah deaktivasi pasangan elektron-hole sehingga *lifetime* pasangan elektron-hole cukup lama untuk berperan pada transfer elektron antarmuka. Besarnya energi celah, dari beberapa semikonduktor dapat dilihat pada Gambar 2.2.



(Sumber : Linsebigler et al, 1995)

**Gambar 2.2. Level Energi Pita Tepi Untuk Fotokatalis Yang Umum Digunakan**

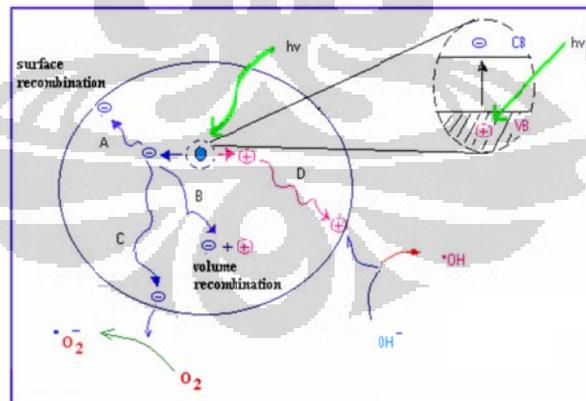
Semikonduktor TiO<sub>2</sub> merupakan katalis yang banyak dipilih untuk proses fotokatalitik, karena TiO<sub>2</sub> bersifat inert secara biologi dan kimia, stabil terhadap korosi akibat foton, stabil terhadap korosi akibat kimia, tidak beracun, dan harganya relatif murah. Titanium dioksida jenis *anatase* lebih fotoaktif dari pada jenis *rutile*, karena luas permukaan *anatase* lebih besar dari pada *rutile*, sehingga sisi aktif per unit *anatase* lebih besar dari pada *rutile*. Selain itu adalah adanya perbedaan dalam struktur pita energi. TiO<sub>2</sub> jenis *anatase* mempunyai celah energi 3,2 elektron volt (eV) yang sebanding dengan cahaya UV,  $\lambda = 388$  nm, sedangkan energi celah pita untuk TiO<sub>2</sub> jenis *rutile* adalah 3,0 elektron volt (eV) yang sebanding dengan cahaya UV,  $\lambda = 413$  nm.

Tingkat energi celah pita untuk *anatase* 0,2 eV lebih tinggi bila dibandingkan dengan *rutile*. Energi pita valensi untuk *anatase* dan *rutile* keduanya mirip, yang sangat rendah dalam diagram energi. Hal ini berarti bahwa ke dua material tersebut mempunyai *hole* pita valensi yang bersifat oksidator kuat. Energi pita konduksi untuk *rutile* mendekati potensial yang diperlukan untuk mereduksi air menjadi gas hidrogen secara elektrolisis, tetapi untuk *anatase* diagram energinya lebih tinggi, sehingga kemampuan mereduksinya lebih tinggi. Dengan potensial reduksi sebesar itu TiO<sub>2</sub> *anatase* dapat mereduksi molekul

oksigen ( $O_2$ ) menjadi superoksida ( $O_2\bullet$ ) secara elektrolisis. Superoksida ini juga mempunyai sifat yang sama dengan radikal hidroksil dalam mendegradasi material organik.

#### 2.1.4. Mekanisme reaksi Fotokatalitik $TiO_2$

Penelitian di bidang fotokatalis banyak dilakukan. Dengan  $TiO_2$  bersifat semikonduktor, maka  $TiO_2$  dapat digunakan sebagai katalis degradasi polutan senyawa organik dengan cara diaktivasi menggunakan sinar UV. Fotokatalisis pada permukaan titanium dioksida dapat dipahami sebagai berikut: jika titanium dioksida (bersifat semikonduktor) mengabsorpsi sinar UV dengan energi yang sesuai maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensinya akan berpindah ke pita konduksi meninggalkan lubang positif ( $h^+$ ) pada pita valensi. Pada ketika itu terbentuk pasangan  $e^-$  dan  $h^+$ , sebagian pasangan ini akan segera berekombinasi kembali namun beberapa bagian lagi bermigrasi sampai ke permukaan partikel. Pada permukaan  $e^-$  dan  $h^+$  akan menginisiasi reaksi kimiawi dengan zat-zat yang ada dipermukaan.  $e^-$  akan menginisiasi reaksi reduksi dan  $h^+$  akan menginisiasi reaksi oksidasi, menghasilkan spesies oksidator kuat berupa radikal hidroksil (Jarnuzi, 2010).

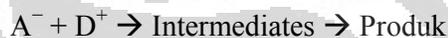
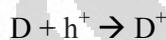
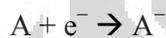
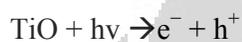


Gambar 2.3. Ilustrasi proses fotokatalisis

Adsorpsi molekul organik pada permukaan partikel fotokatalis memperkecil aktivasi energi dari proses reaksi. Penyerapan sinar matahari (UV) oleh partikel fotokatalis akan membentuk 2 pasang elektron dan *hole*. Elektron akan bereaksi

dengan oksigen dari larutan membentuk anion ( $O_2^-$ ) yang mana akan mengoksidasi secara kuat radikal hidroksil ( $\bullet OH$ ). Sedangkan *hole* akan mengoksidasi hidroksil yang terlarut dan membuatnya menjadi radikal dengan energi yang besar. Radikal hidroksil yang memiliki energi yang besar akan mengubah polutan organik menjadi zat yang tidak berbahaya. (Haruno Subiyanto, 2009).

Secara sederhana, mekanisme reaksi yang terjadi pada proses fotokatalis adalah sebagai berikut :



## 2.2. Surfaktan / *Dispersant*

Surfaktan (*surface active agent*) atau zat aktif permukaan, adalah senyawa kimia yang bila terdapat pada konsentrasi rendah dalam suatu sistem, mempunyai sifat adsorpsi pada permukaan/ antarmuka pada sistem tersebut dan merubah nilai energy bebas permukaan/ antarmuka dari sistem tersebut. Energi bebas antarmuka adalah jumlah minimum kerja yang diperlukan untuk menciptakan sistem antarmuka tersebut. Energi bebas antarmuka persatuan luas adalah apa yang diukur pada saat menentukan tegangan antarmuka diantara dua fasa. Surfaktan biasanya berfungsi menurunkan energi bebas antarmuka daripada menaikkan harga tersebut.

Surfaktan berperan penting misalnya dalam emulsi, koloid, *heterogeneous catalysis*, korosi, detergen, flotasi dan lain-lain. Molekul pada permukaan memperlihatkan energi potensial lebih tinggi daripada di interior, ini dikarenakan molekul-molekul tersebut berinteraksi kuat dalam interior daripada molekul tersebut berinteraksi pada daerah yang lebih luas di atasnya. Kerja diperlukan untuk membawa molekul surfaktan dari interior ke permukaan.

Surfaktan terdiri dari bagian polar dan non polar yang memperlihatkan struktur molekul yang khas. Molekulnya terdiri dari gugus liofobik, yaitu gugus yang menjauhi pelarut polar, pada umumnya rantai hidrokarbon yang terdiri dari 8 – 22 atom C; dan gugus liofilik, yaitu gugus yang sangat kuat tertarik ke pelarut polar, misalnya gugus karboksilat, sulfonat, sulfat, garam ammonium kuartener dan polioksitilen. Struktur tersebut dikenal dengan struktur ampifatik.

Ketika dilarutkan dalam pelarut, maka molekul-molekul surfaktan akan terletak di permukaan. Kehadirannya akan menurunkan energi bebas/ tegangan permukaan. Orientasi molekul (struktur ampifatik) surfaktan pada permukaan, gugus hidrofilnya berada dalam fasa aqua dan gugus hidrofobiknya berada di permukaan. ((Rosen, 2004) dan (Yoki dan Tresye, 2005))

Surfaktan selain memiliki sifat menurunkan ketegangan juga memiliki sifat sesuai dengan kegunaannya. Inilah mengapa surfaktan sering diberi nama sesuai dengan kegunaan utama surfaktan seperti: sabun, deterjen, *wetting agent*, *dispersant*, *emulsifier agent*, *foaming agent*, bakterisida, inhibitor korosi, *antistatic agent*, dan lain-lain.(Jean, 2002).

Berdasarkan struktur ion : ada tidaknya muatan ion pada rantai panjang bagian hidrofobiknya, dikenal 4 macam, yaitu :

1. Surfaktan kationik : umumnya merupakan garam-garam ammonium kuartener atau amin. Surfaktan ini pada umumnya lebih mahal daripada surfaktan anionic, dikarenakan adanya reaksi hidrogenasi tegangan tinggi pada proses sintesisnya. Akibatnya, surfaktan ini hanya digunakan untuk dua hal yang mana tidak ada lagi surfaktan pengganti yang lebih murah, yaitu : (1) sebagai bakterisida, (2) sebagai zat bermuatan positif yang mampu mengadsorb zat bermuatan negatif untuk menghasilkan efek antistatis dan *hydrophobant*, sering digunakan dalam skala besar sebagai inhibitor korosi (Jean, 2002).

Contoh :

Garam rantai panjang amina :  $\text{RNH}_3^+\text{Cl}^-$

Ammonium kuartener klorida :  $(\text{RN}(\text{CH}_3)_3)^+\text{Cl}^-$

2. Surfaktan anionik :

umumnya merupakan garam natrium, akan terionisasi menghasilkan  $\text{Na}^+$  dan ion surfaktannya bermuatan negatif. Surfaktan anionik umumnya diproduksi secara besar-besaran pada industri detergen. Termasuk di dalamnya industri sabun (asam lemak), *foaming agent* (lauril sulfat), *wetting agent* (dialkil sulfosuksinat), dispersant (lignosulfonate), dan lain sebagainya. Surfaktan anionik diproduksi sekitar 50 % dari produksi dunia (Jean, 2002).

Contoh : Natrium dodesil sulfonat :  $\text{C}_{12}\text{H}_{23}\text{CH}_2\text{SO}_3^- \text{Na}^+$

Natrium dodesil benzensulfonat :  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{ArSO}_3^- \text{Na}^+$

3. Surfaktan nonionik : surfaktan jenis ini tidak terdisosiasi dalam air, karena gugus hidrofiliknya adalah jenis *nondissociable*, seperti alkohol, fenol, ester dan amida. Sebagian besar surfaktan non ionik menjadi hidrofilik oleh karena adanya rantai polietilen glikol, yang diperoleh dari polikondensasi etilen oksida, yang dikenal dengan *polyethoxylated nonionic* (Jean, 2002).

Contoh :

Monogliserida, asam lemak rantai panjang ( $\text{RCOOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$ )

Polyoxyethylenated alkylphenol ( $\text{RC}_6\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_x\text{OH}$ )

Polyoxyethylenated alcohol ( $\text{R}(\text{OC}_2\text{H}_4)_x\text{OH}$ ) (Rosen, 2004).

4. Surfaktan zwitter ionik / amfoterik : kedua muatan positif dan negative ada dalam molekul surfaktan Molekulnya biasanya mengandung gugus karboksilat atau fosfat sebagai anion, dan gugus ammonium kuarterner sebagai kation.

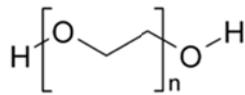
Contoh : Rantai panjang asam amino :  $(\text{RN}^+\text{H}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$

sulfobetaine.  $(\text{RN}^+(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3^-$

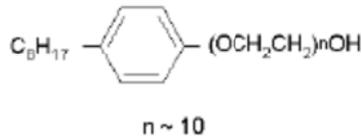
Heksadesilaminopropionat :  $\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{-NH}_2^+\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COO}^-$

Dodesilaminopropionat :  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{-NH}_2^+\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COO}^-$  (Jean, 2002)

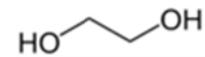
Pada penelitian ini digunakan tiga macam dispersant, yaitu polietilen glikol 200, Triton X 100 dan etilen glikol, yang ketiganya merupakan surfaktan jenis nonionic. Berikut ini adalah struktur kimia dari ketiga macam dispersant tersebut :



Polietilen glikol



Triton X 100  
(polietilen glikol tert. Oktil fenil eter)



Etilen glikol

Jika diperhatikan struktur dari ketiga dispersant di atas, maka terlihat bahwa ketiga dispersant tersebut memiliki gugus hidroksil yang akan mensubstitusi empat buah ikatan iso propoksida yang ada pada prekursor sehingga diharapkan dapat menjadi agen penstabil suspensi  $\text{TiO}_2$  dalam media air.

### 2.2.1 Pembentukan Misel oleh Surfaktan

Penambahan molekul surfaktan berikutnya, pada suatu saat akan tercapai keadaan dimana permukaan-antarmuka sudah jenuh/ tertutupi oleh molekul surfaktan dan adsorpsi surfaktan ke permukaan-antarmuka tidak terjadi lagi. Pada keadaan ini molekul-molekul surfaktan mulai berasosiasi membentuk suatu struktur yang disebut misel. Dengan terbentuknya misel, sifat-sifat larutan akan berubah secara mendadak, seperti tegangan permukaan-antarmukanya, viskositasnya, daya hantar listrik, dan lain-lain.

Pembentukan misel adalah mekanisme alternatif untuk menghindari gugus liofobik kontak dengan pelarut untuk menurunkan energi bebas sistem. Struktur misel dalam media air pada konsentrasi tidak begitu jauh di atas CMC (*Critical Micelle Concentration*) dan dalam ketidakhadiran zat yang dilarutkan dengan misel adalah berupa bulatan/ bola dengan daerah interior mengandung gugus hidrofobik dan radiusnya kira-kira sama dengan panjang gugus hidrofobik dan dikelilingi oleh daerah luar yang mengandung gugus hidrofilik dan dikelilingi / diikat air. Penentuan *volume partial* molar memperlihatkan bahwa rantai alkil dalam interior misel lebih panjang daripada dalam keadaan cairan normal.

Perubahan temperature surfaktan, adanya aditif dalam fasa cair, perubahan gugus struktur surfaktan, dapat menyebabkan perubahan ukuran, bentuk dan bilangan agregasi misel dengan struktur bervariasi dari bulat (bola), batang ke

bentuk lamelar. Dalam larutan dengan konsentrasi pekat 10 kali atau lebih dari CMC bentuk misel secara umum tidak bulat, bentuknya seperti lembaran paralel dari 2 molekul tebal (missal lamelar) dengan molekul tunggal terorientasi tegak lurus ke plat lembaran.

Dalam air, gugus hidrofilik membentuk 2 permukaan paralel lembaran dan gugus hidrofobiknya berada dalam interior. Dalam media non polar, gugus hidrofobiknya berada di permukaan lembaran, dan gugus hidrofiliknya berada di interior. Dalam kedua kasus tersebut, molekul pelarut menempati daerah diantara lembaran paralel surfaktan. Dalam larutan pekat, misel surfaktan dapat juga menghasilkan bentuk silinder panjang (contoh bentuk heksagonal) dan dikelilingi oleh pelarut. Susunan seperti ini dinamakan *liotropic mesomorphi* atau fasa kristal cair. Kehadiran bentuk tersebut telah diuktikan dengan adanya pengaruh dari sifat misel tersebut (Yoki dan Tresye, 2004).

Hyeok Choi, 2006 dalam disertasinya menyatakan bahwa dalam konsentrasi tertentu (pada CMC), surfaktan dan beberapa senyawa organik dengan rantai hidrokarbon panjang membentuk struktur silinder, *spherical* atau misel planar dengan gaya van der Waals dan ikatan hidrogen pada kondisi kaya (banyak) air. Sedangkan pada kondisi miskin (sedikit) air, molekul surfaktan mulai menyusun dirinya membentuk struktur *reverse micellar*.

Table 2.2. Sifat molekul organik ampifilik dan nilai CMC dari beberapa surfaktan

Surfaktan	Gugus Hidrofobik	Mr (g/mol)	CMC (mg/L)	HLB
Tween 20	Asam Laurat	1228	~ 60	16.7
Tween 80	Asam Oleat	1310	~ 13	15
Triton X 100	Fenil eter	625	~ 160	-
Pluronic 105	Propilen (50 %)	6500	10 - 100	15

(Sumber Hyeok Choi, 2006).

### 2.3. Fenomena Pembasahan pada permukaan

Fenomena pembasahan sering terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Pembasahan dalam ilmu permukaan, ketika antarmuka gas-padat digantikan dengan

antarmuka cair-padat, padatan dibasahi oleh cairan. Fenomena ini sering diekspresikan dengan persamaan berikut:

$$A = \sigma_s - \sigma_i$$

dimana  $\sigma_s$  dan  $\sigma_i$  adalah tegangan antarmuka gas-padat, dan pada antarmuka cair-padat. A adalah tegangan pembasahan.

Ketika  $A > 0$  dalam persamaan di atas,  $\sigma_s$  lebih besar dari  $\sigma_i$  dalam kasus ini permukaan padat memiliki tegangan permukaan lebih besar yang menarik antarmuka cair-padat, yaitu permukaan padat yang dibasahi memiliki tegangan antarmuka lebih kecil (Yoki dan Tresye, 2004).

Apabila sudut kontak sekecil dalam tetesan air, maka permukaan dapat dibasahi dan cairan memiliki derajat energi bebas tinggi. Tetapi bila sudut kontak seperti tetesan merkuri, maka permukaan tidak dapat dibasahi dan cairan tidak membasahi.

Fenomena pembasahan diklasifikasikan dalam 3 kelompok utama :

a. Pembasahan dengan penyebaran

Fenomena ini terjadi seperti halnya ketika sebuah tetesan etanol jatuh pada permukaan gelas bersih, etanol segera menyebar dan membentuk lapisan tipis pada permukaan. Dalam kasus ini, dikatakan etanol membasahi permukaan gelas dengan penyebaran.

b. Pembasahan dengan pencelupan

Fenomena ini terjadi ketika ujung bawah kapiler gelas bersih dimasukkan ke dalam air. Air akan naik sepanjang dinding dalam secara gaya kapiler. Atau ketika pasir kering dimasukkan dalam air, permukaan pasir tersebut menjadi basah. Dalam kedua fenomena tersebut, air dikatakan membasahi dinding dalam pipa kapiler atau membasahi permukaan partikel pasir dengan pembasahan secara pencelupan.

c. Pembasahan secara adhesi

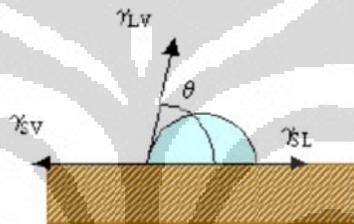
Fenomena ini terjadi seperti halnya ketika sebuah tetesan merkuri diletakkan pada pelat gelas, merkuri kontak dengan permukaan gelas membentuk flat kecil di bagian bawah. Kontak permukaan dengan bagian tetesan dalam

beberapa keadaan dikatakan dapat membasahi permukaan secara adhesi (Yoki dan Tresye, 2004).

#### 2.4. Sudut Kontak Air Pada Permukaan

Sudut kontak adalah pengukuran kemampuan liquid untuk menyebar pada sebuah permukaan. Metode ini terdiri dari pengukuran sudut antara garis tangen deposit tetesan pada benda padat dan permukaan benda padat tersebut.

Jika tetesan terdeposit pada permukaan datar benda padat, sudut antara garis tangen tetesan tersebut pada tempat kontak dan permukaan benda padat dinamakan sudut  $\theta$ .



(sumber : Neumann et al.1979)

Gambar 2.4. Pengukuran sudut kontak tetesan pada permukaan padatan

Jika cairan tertarik sangat kuat pada permukaan padatan maka tetesan akan tersebar merata dengan sudut kontak mendekati  $0^\circ$ , dan permukaan padatan ini disebut superhidrofilik. Permukaan padatan hidrofilik yang lemah memiliki sudut kontak hingga  $90^\circ$ , jika permukaan bersifat hidrofobik maka sudut kontaknya lebih besar dari  $90^\circ$  dan disebut superhidrofobik jika sudut kontaknya lebih besar dari  $150^\circ$  (Hendra, 2010).



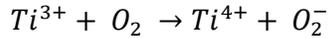
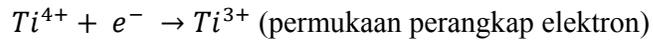
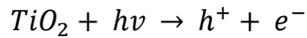
Gambar 2.5. Pengukuran sudut kontak; b contoh umum perubahan antara permukaan superhidrofilik dan superhidrofobik.

Kualitas permukaan hidrofilik dan hidrofobik timbul dari perubahan sifat kimianya. Kualitas diperkuat oleh kekasaran permukaan; karena udara yang terperangkap diantara tetesan air dan permukaan hidrofobik, dan karena wicking kapiler pada permukaan superhidrofilik.

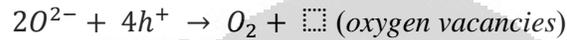
Permukaan seperti ini memiliki beberapa sifat yang bermanfaat, termasuk kemampuan untuk menjadi material swa bersih, anti bakteri dan anti pemantulan serta anti kabut. Kemampuan permukaan untuk dapat bertukar dari permukaan superhidrofobik menjadi superhidrofilik dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pompa mikrofluida, sistem pengangkutan obat, sistem separasi dan pemekatan protein. Untuk dapat bertukar sifat permukaan tersebut, dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya dengan mengatur temperatur, pH, pelarut, potensial elektrik, cahaya dan tekanan mekanis (Hatch, 2006).

Proses fotokatalisis menjadikan  $\text{TiO}_2$  bersifat superhidrofilik, yakni sangat suka air. Dampaknya permukaan  $\text{TiO}_2$  berukuran nano tetap transparan, tidak berkabut, saat terkena uap air. Sementara dalam gelap  $\text{TiO}_2$  bersifat hidrofobik, atau tidak suka air. Dalam dunia dengan siklus terang dan gelap,  $\text{TiO}_2$  berperilaku amfifilik, hidrofobik saat gelap dan hidrofilik saat terang. Akibatnya kotoran, baik polar maupun non polar mudah lepas dari permukaannya. Bersinergi dengan daya oksidasinya yang mampu menghancurkan zat organik, maka permukaan  $\text{TiO}_2$  mempunyai kemampuan membersihkan diri sendiri (swa bersih) (Jarnuzi, 2010).

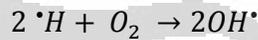
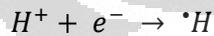
Fenomena superhidrofilik dengan turunnya sudut kontak air di permukaan  $\text{TiO}_2$  disebabkan oleh terbentuknya pasangan elektron-lubang positif (*hole*), dimana *hole* bereaksi dengan oksigen sehingga terbentuk kekosongan oksigen (*oxygen vacancies*) dan elektron bereaksi dengan ion logam ( $\text{Ti}^{4+}$ ) sehingga terbentuk ion ( $\text{Ti}^{3+}$ ). Elektron dan *hole* positif ini dapat berekombinasi atau pindah ke permukaan untuk bereaksi dengan bahan yang terserap di permukaan. Selama penyinaran dengan UV maka konsentrasi ion  $\text{Ti}^{3+}$  meningkat, dan akan bereaksi dengan molekul oksigen yang terserap di permukaan (permukaan perangkap elektron).



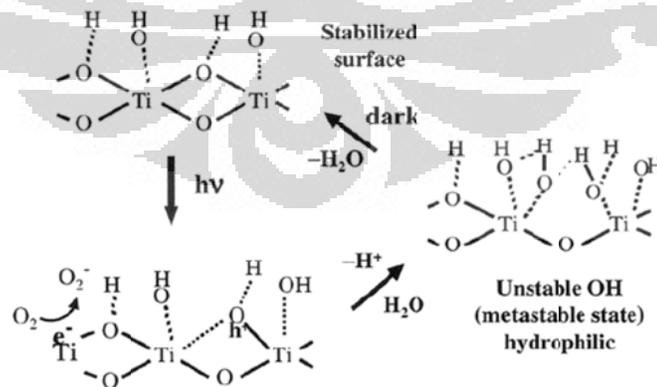
*Hole* positif akan mengoksidasi oksigen yang berasal dari *bridging site oxygen* pada kristal  $\text{TiO}_2$ . Hasil oksidasi menyebabkan munculnya kekosongan oksigen (*oxygen vacancies*).



Dengan adanya kekosongan oksigen ini permukaan menjadi hidrofilik karena air dapat dengan mudah mengisi tempat kosong dan menghasilkan gugus OH teradsorpsi (*chemisorbed water*) yang membentuk monolayer pada permukaan  $\text{TiO}_2$ . Sedangkan  $\text{H}^+$  dari air mengikuti reaksi di bawah ini.



Hashimoto (2007) melaporkan sebagian kecil *hole* yang terjebak dapat bereaksi dengan  $\text{TiO}_2$  itu sendiri, sehingga dapat memutus ikatan antara Ti dari gugusan titanium dengan ion oksigen molekul air. Akibatnya molekul air akan melepas proton untuk menyeimbangkan muatan dan membentuk gugus OH yang baru sehingga meningkatkan jumlah gugus OH pada permukaan dan disebut sebagai *metastable state*. Mekanisme hidrofilisitas ini ditunjukkan sebagai berikut:



[Sumber : Hashimoto, 2007]

Gambar 2.6. Mekanisme Hidrofilisitas pada Fotokatalis  $\text{TiO}_2$

## 2.5. Material Swa Bersih

Material gelas swa bersih adalah gelas jenis khusus dimana permukaannya dapat terjaga dari kotoran dan debu karena dekomposisi fotokatalitik. Gelas swa bersih pertama kali didasarkan pada lapisan tipis film  $\text{TiO}_2$ . Lapisan film dapat diaplikasi dengan cara *spin coating* organo-titanat yang dikhelatkan dengan *precursor*, (misal TTIP dengan asetilasetonat) dilanjutkan dengan perlakuan pemanasan untuk membakar senyawa organik sisa untuk membentuk kristal fase anatase.

Aplikasi film  $\text{TiO}_2$  pada dinding ruang akan berfungsi sebagai *passive oxidation unit* saat terkena cahaya, dimana sistem ini akan mengurai zat organik beracun yang ada di ruangan (yang mendekati dinding) menjadi molekul sederhana yang lebih aman. Sistem sirkulasi alami (agitasi karena aliran udara, diffusi) akan membawa polutan mendekati dinding. Dengan demikian meski lambat tapi terus menerus *indoor pollutant* akan dibersihkan. (Jarnuzi, 2010).

Sifat ampifilik permukaan  $\text{TiO}_2$  juga akan memberi dampak swa bersih atau paling tidak permukaan menjadi mudah dibersihkan, atau tidak mudah kotor. Pada saat terkena cahaya permukaan film  $\text{TiO}_2$  menjadi super-hidrofilik (sudut kontak air mendekati nol), pengotor hidrofob tidak akan tertahan oleh film, pengotor hidrofil mudah terbawa air. Saat gelap permukaan  $\text{TiO}_2$  bersifat hidrofob, pengotor hidrofil tidak akan menjadi noda.

Dua sifat pada satu permukaan yang bergantian sesuai respon terhadap sinar, mengikuti keadaan alami yang mengalami pergantian periode gelap dan terang. Bersinergi dengan kemampuan oksidasi permukaan  $\text{TiO}_2$ , akhirnya bahan yang dilapisi film  $\text{TiO}_2$  menjadi bersifat swabersih.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Rancangan Penelitian

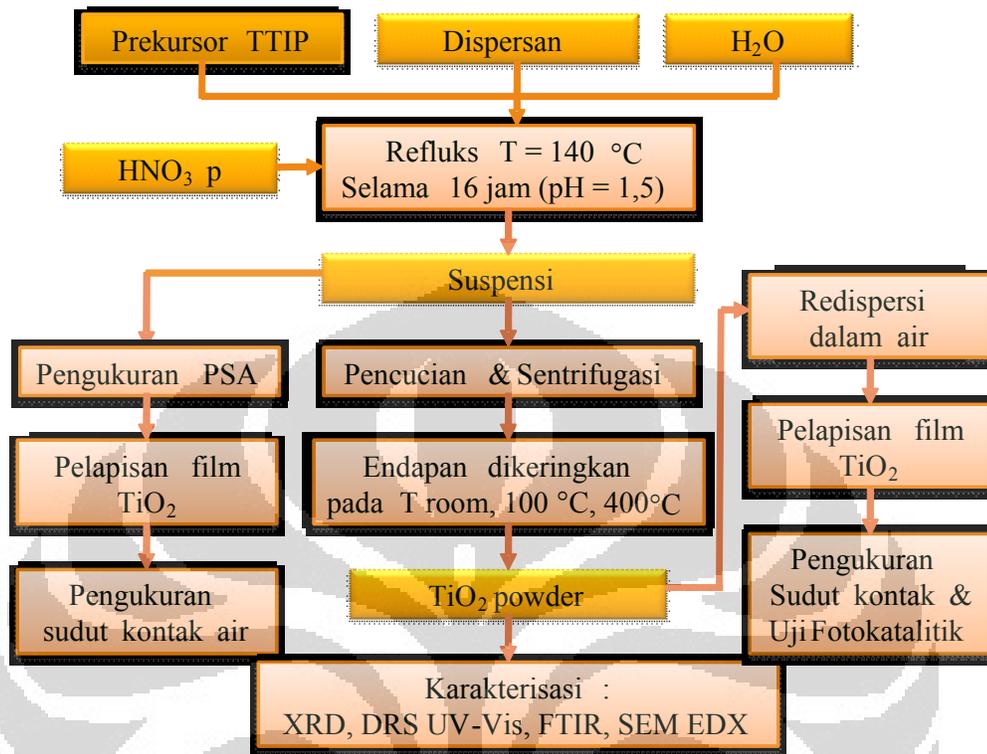
Penelitian ini dirancang dalam beberapa tahapan penelitian, diantaranya :

1. Preparasi *water based* suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub>  
Preparasi sintesis TiO<sub>2</sub> dilakukan dengan metode sol-gel dengan bantuan refluks. Dalam hal ini dipelajari kondisi optimal dari berbagai variable penelitian yaitu :
  - a. Pengaruh variasi berbagai macam *dispersant* terhadap stabilitas suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub> dalam air. Dalam hal ini digunakan tiga macam *dispersant*, yaitu etilen glikol, polietilen glikol 200, dan Triton X 100.
  - b. Pengaruh variasi suhu pengeringan kristal TiO<sub>2</sub> terhadap karakteristik dan kualitas kristalinitas yang dihasilkan. Suhu pengeringan dilakukan pada tiga kondisi, yaitu suhu kamar (T room), T 100 °C dan T 400 °C.

2. Karakterisasi dan uji aktivitas fotokatalitik

Dari masing-masing variabel tersebut di atas dipelajari karakteristik kristal yang dihasilkan serta stabilitas suspensinya ketika diredispersikan ke dalam aquadest (media air). Selain itu juga dipelajari sifat lapisan film yang dihasilkan.

Karakterisasi nanopartikel TiO<sub>2</sub> hasil sintesis, meliputi PSA (Particle Size Analyzer), X-Ray Diffraction, DRS UV-Vis, DRS FTIR, dan SEM-EDS. Sedangkan sifat superhidrofilik lapisan filmnya dilakukan pengukuran sudut kontak air pada permukaan kaca yang telah dilapisi oleh TiO<sub>2</sub> hasil sintesis.



Gambar 3.1 Diagram Kerja Penelitian

### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

#### 3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *titanium tetra-isopropoxide* (TTIP) ( $\geq 98\%$ ) Aldrich, Polietilen Glikol (PEG) 200, Triton X 100, etilen glikol (EG), Etanol Absolut, Dietil Eter p.a, asam nitrat pekat, aquabides.

#### 3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan selama penelitian yaitu :

1. Difraktometer sinar-X (XRD) PHILIPS PW1710 dengan radiasi  $\text{Cu K}\alpha$  ( $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ ).
2. Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 2450 yang dilengkapi dengan *Diffuse Reflectance Cell*.
3. Spektrofotometer Infra Merah Shimadzu IRPrestige-21 yang dilengkapi dengan *Diffuse Reflectance Cell* dan menggunakan software IRsolution 1.30.

4. SEM – EDX JEOL- JSM 6360LA untuk karakterisasi lapisan film TiO<sub>2</sub>.
5. Delsa™ Nano C - *Particle Analyzer* (Beckman Coulter) untuk mengukur ukuran diameter partikel suspensi TiO<sub>2</sub> hasil refluks.
6. *Centrifuge*
7. Reaktor UV dilengkapi dengan Lampu UV jenis black light
8. Instrumentasi lainnya seperti : pH meter, Oven, *Furnace*, Neraca analitik, *Hotplate Stirrer*, *Sonicator*, serta peralatan gelas laboratorium lainnya seperti : peralatan refluks, pipet volumetri, *beaker glass*, batang pengaduk, dan labu erlenmeyer.

### 3.3 Prosedur Kerja

#### 3.3.1 Preparasi TiO<sub>2</sub> suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub> berbasis air

##### 3.3.1.1 Sintesis TiO<sub>2</sub> dengan metode sol-gel

Sebanyak 5 mL TTIP dimasukkan secara perlahan ke dalam 11 mL Polietilen Glikol PEG 200 sebagai dispersant (perbandingan mol 1 : 4) sambil diaduk dengan stirer secara terus menerus pada kondisi temperatur ruangan. Setelah 30 menit larutan akan menjadi bening dan pada saat ini kemudian dimasukkan aquabides sebanyak 50 mL ke dalam larutan secara perlahan-lahan. Untuk kontrol pH dilakukan dengan penambahan HNO<sub>3</sub> sehingga tercapai pH larutan 1,5. Larutan tersebut kemudian direfluks pada temperatur ±140 °C selama 16 jam sambil tetap diaduk dengan stirer. Setelah didinginkan pada temperatur kamar, campuran etanol absolut dan dietil eter (1:2, v/v) dimasukkan ke dalam larutan stok untuk mengendapkan nanokristal (1 : 3 v/v). Larutan kemudian disentrifuse selama 30 menit pada 5.000 rpm untuk mendapatkan endapan. Endapan kemudian dicuci dengan campuran yang sama untuk pengendapan beberapa kali untuk menghilangkan residu dispersant dan dikeringkan dengan variasi suhu pengeringan T room, T 100°C, dan T 400°C.

Untuk mengetahui pengaruh berbagai macam dispersant yang digunakan sebagai variable bebasnya, maka dilakukan prosedur perlakuan yang sama dengan mengganti dispersant polietilen glikol dengan Triton X dan Etilen Glikol.

Parameter penamaan sampel yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Parameter Nama Sampel**

<b>Nama Sampel</b>	<b>Keterangan</b>
Dispersant 1 : PEG 200, meliputi: D1 – T1 D1 – T2 D1 – T3	TiO <sub>2</sub> hasil sintesis dengan menggunakan prekursor TTIP dan dispersant PEG 200, dengan variasi suhu pengeringan T1 : suhu kamar; T2 : suhu 100 °C; dan T3 : suhu 400 °C )
Dispersant 2 : Triton X 100, meliputi: D2 – T1 D2 – T2 D2 – T3	TiO <sub>2</sub> hasil sintesis dengan menggunakan prekursor TTIP dan dispersant Triton X 100, dengan variasi suhu pengeringan T1 : suhu kamar; T2 : suhu 100 °C; dan T3 : suhu 400 °C )
Dispersant 3 : Etilen Glikol, meliputi: D3 – T1 D3 – T2 D3 – T3	TiO <sub>2</sub> hasil sintesis dengan menggunakan prekursor TTIP dan dispersant Etilen Glikol, dengan variasi suhu pengeringan T1 : suhu kamar; T2 : suhu 100 °C; dan T3 : suhu 400 °C )
Suspensi TiO <sub>2</sub> Komersial	Suspensi TiO <sub>2</sub> Komersial digunakan sebagai pembanding produk hasil
TiO <sub>2</sub> P25	TiO <sub>2</sub> Degussa sebagai referensi

### 3.3.1.2. Pembuatan Dispersi TiO<sub>2</sub> dalam Air

1. Membuat dispersi 0,1 % TiO<sub>2</sub> – PEG dalam air dengan menimbang 50 mg TiO<sub>2</sub> hasil sintesis dan dilarutkan ke dalam 50 mL larutan. Kemudian distirer selama 30 menit hingga didapatkan suspensi TiO<sub>2</sub> kemudian dilanjutkan dengan disonikasi dengan selama 30 menit hingga diperoleh suspensi TiO<sub>2</sub> hasil sintesis yang homogen dan stabil. Kestabilan dispersi kemudian diukur dengan cara melihat kekeruhannya dengan

spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 860 nm pada  $t = 0$  jam,  $t = 24$  jam dan  $t = 48$  jam.

Hal yang sama dilakukan pada  $\text{TiO}_2$  – Triton X dan  $\text{TiO}_2$  – EG.

2. Sebagai pembanding kestabilan dispersi dibuat pula redispersi 10 % suspensi  $\text{TiO}_2$  – PEG hasil refluks dalam 100 ml larutan. Kemudian distirer selama 30 menit hingga didapatkan suspensi  $\text{TiO}_2$  kemudian dilanjutkan dengan disonikasi dengan selama 30 menit hingga diperoleh suspensi  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis yang homogen dan stabil. Kestabilan dispersi kemudian diukur dengan cara melihat kekeruhannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 860 nm pada  $t = 0$  jam,  $t = 24$  jam dan  $t = 48$  jam.

Hal yang sama dilakukan pada  $\text{TiO}_2$  – Triton X dan  $\text{TiO}_2$  – EG.

### 3.3.2 Karakterisasi $\text{TiO}_2$

#### 3.3.2.1. Analisis Ukuran Partikel (Particle Size Analyzer (PSA))

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui distribusi ukuran partikel  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis. Pengukuran dilakukan di lembaga Nanotech, Serpong, Tangerang, menggunakan alat Delsa™ Nano C-Particle Analyzer (Beckman Coulter). Pengukuran dilakukan pada sampel  $\text{TiO}_2$  hasil refluks dengan berbagai macam variasi *dispersant* yang diredispersi dengan aquadest, dengan konsentrasi tiap sampel adalah 10 %.

#### 3.3.2.2 Analisis $\text{TiO}_2$ Dengan Difraksi Sinar-X

$\text{TiO}_2$  dianalisis dengan alat Difraksi Sinar-X radiasi  $\text{Cu K}\alpha$  pada temperatur kamar untuk mengetahui struktur kristalnya, dimana dilakukan pembandingan nilai  $2\theta$  atau  $d$  hasil pengukuran difraksi sinar x dengan kartu interpretasi standar  $\text{TiO}_2$  JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*). Ukuran kristal ditentukan dari pelebaran puncak anatase bidang  $\{101\}$  atau puncak  $2\theta = 25^\circ$  dari difraktogram sinar-X menggunakan rumus Debye Scherer.

### 3.3.2.3 Analisis TiO<sub>2</sub> Dengan SEM - EDX

TiO<sub>2</sub> powder dan lapisan film diukur dengan alat SEM - EDX (Energi Dispersi Sinar-X) untuk mengetahui morfologi dan komposisi serta ketebalan lapisan film yang terbentuk.

### 3.3.2.4 Analisis TiO<sub>2</sub> Dengan DRS FT-IR

TiO<sub>2</sub> dianalisis dengan DRS FT-IR pada bilangan gelombang 400 – 4000 cm<sup>-1</sup> untuk mengetahui pengaruh dispersant dalam sintesis TiO<sub>2</sub> dan identifikasi puncak serapan terkait keadaan kimia antar molekul dalam partikel TiO<sub>2</sub>.

### 3.3.2.5 Analisis TiO<sub>2</sub> Dengan UV-Vis

TiO<sub>2</sub> dianalisis dengan DRS UV-Vis pada panjang gelombang 200 – 900 nm untuk mengetahui pengaruh dispersant terhadap energi celah dan pergeseran panjang gelombang yang dihasilkan dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub> Degussa sebagai material referensinya.

## 3.3.3 Evaluasi Sifat Superhidrofilik

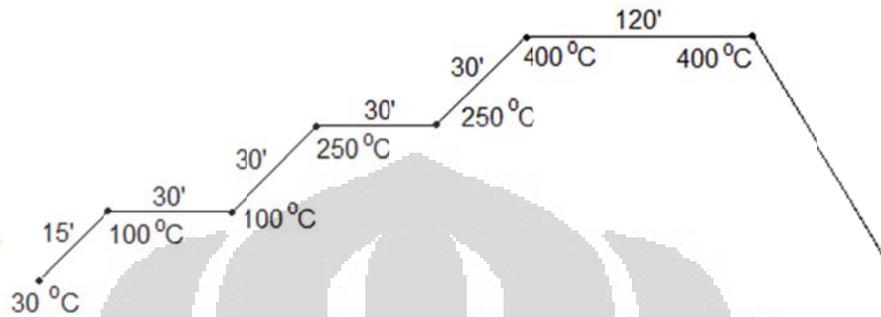
### 3.3.3.1 Preparasi Film TiO<sub>2</sub> pada Pelat Kaca dan Reaktor

TiO<sub>2</sub> hasil sintesis selanjutnya diuji sifat superhidrofiliknya. Suspensi TiO<sub>2</sub> dalam media air dilapiskan pada pelat kaca berukuran 2,5 cm x 2,5 cm dilakukan dengan teknik pencelupan (*dip coating*) dengan kecepatan tarik ± 10 mm per detik untuk menghasilkan lapisan tipis film TiO<sub>2</sub>.

TiO<sub>2</sub> hasil sintesis yang dikeringkan pada berbagai variasi suhu (T kamar, T 100°C, T 400°C) didispersikan dalam air dengan konsentrasi 0,1%. Pelat kaca selanjutnya dicelupkan dalam larutan dan dikeringkan pada suhu kamar.

Selanjutnya dibandingkan antara hasil redispersi TiO<sub>2</sub> powder dalam air. dengan suspensi TiO<sub>2</sub> hasil refluks yang digunakan untuk melapisi pelat kaca. Pelat kaca yang telah dilapisi kemudian dikeringkan dengan variasi suhu pengeringan, yaitu suhu kamar, suhu 100 °C dan suhu 400 °C (dikalsinasi). Pada proses kalsinasi pelat kaca yang sudah dilapisi kemudian di panaskan dalam oven pada suhu 110 °C selama 30 menit. Pelat yang dilapisi kemudian dikalsinasi

selama 2 jam pada suhu 400 °C dengan laju kenaikan seperti pada Gambar 3.2 di bawah ini. Proses pelapisan diulang hingga 10 kali.



Gambar 3.2 Diagram Kenaikan Suhu Kalsinasi

Pelapisan suspensi  $\text{TiO}_2$  juga dilakukan pada reaktor mini untuk pengujian aktivitas fotokatalitiknya

### 3.3.3.2 Pengukuran Sudut Kontak Air

Pengukuran sudut kontak air dilakukan untuk mengetahui adanya efek hidrofilik atau hidrofobik film  $\text{TiO}_2$  yang telah dilapiskan pada pelat kaca. Satu tetes air diteteskan pada permukaan film tersebut kemudian dilihat sudut kontakannya menggunakan *software* MB-Ruler. Pengukuran sudut kontak air film  $\text{TiO}_2$  dilakukan sebelum dan sesudah film  $\text{TiO}_2$  diaktivasi dengan lampu UV 10/11W selama selang waktu setiap 30 menit sekali selama 2 jam untuk mengetahui perubahan nilai sudut kontakannya.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada umumnya surfaktan/ *dispersant* digunakan dalam sintesis TiO<sub>2</sub> sebagai pembentuk template pada material berpori dan juga digunakan untuk pembentuk material nano TiO<sub>2</sub> pada proses suhu rendah. Dalam hal ini surfaktan yang telah digunakan dalam proses sintesis selanjutnya dihilangkan dengan cara kalsinasi, sehingga surfaktan tersebut akan meninggalkan template struktur poros pada kristal TiO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Tetapi pada penelitian ini, *dispersant* digunakan sebagai agen penstabil pada suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub> dalam media air.

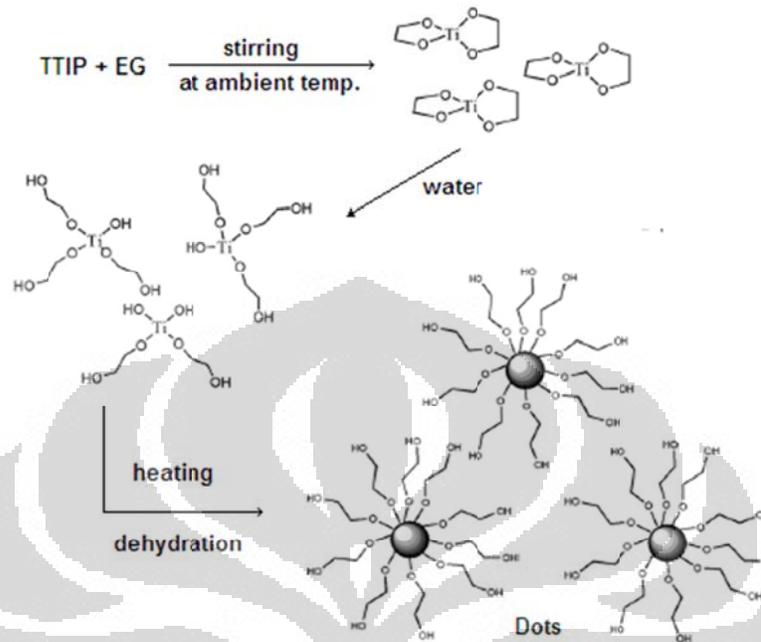
Setelah dilakukan penelitian meliputi tahapan preparasi, karakterisasi dan aplikasi, maka diperoleh data penelitian sebagai berikut :

#### 4.1. Preparasi TiO<sub>2</sub> dengan Metode Sol Gel

Pada penelitian ini, dilakukan sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> dengan metode Sol-Gel. Digunakan prekursor titanium isopropoksida dan variasi *dispersant* berupa PEG 200, Triton X 100, dan Etilen Glikol, dengan tujuan akan diperoleh stabilitas suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub> dalam medium air dikarenakan adanya *dispersant* tersebut. Selain sebagai penstabil, *dispersant* juga berperan sebagai pengontrol untuk mendapatkan sol gel dengan sifat yang diinginkan. Prekursor titanium isopropoksida sangat reaktif ketika bereaksi dengan H<sub>2</sub>O, maka dari itu *dispersant* berperan sebagai pengontrol dengan membentuk modifikasi prekursor ketika *dispersant* tersebut bereaksi pada tingkat dengan prekursor titanium isopropoksida. Dengan adanya prekursor modifikasi ini, maka proses hidrolisis-kondensasi dapat dikendalikan dengan baik.

PingWang et.al (2008) menyatakan bahwa pada reaksi antara TTIP dengan *dispersant* pada sintesis TiO<sub>2</sub>, terjadi 3 tahap reaksi, yaitu :

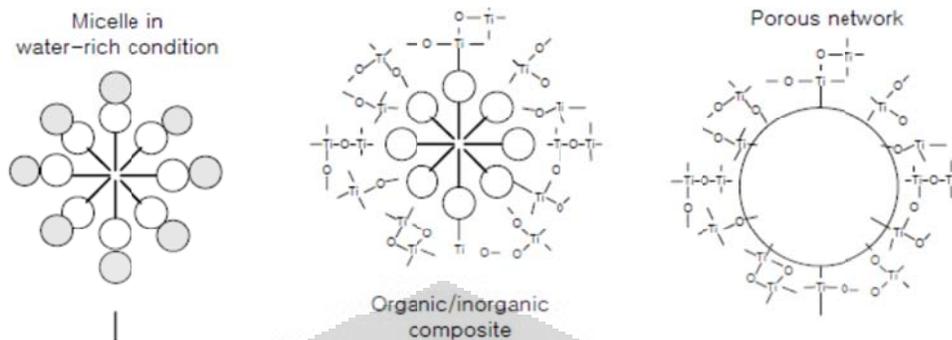
1. TTIP bereaksi dengan *dispersant* membentuk titanium glikolat
2. Pergantian sebagian koordinasi etilen glikol oleh gugus hidroksil air
3. Reaksi dehidrasi selama pemanasan yang memacu proses kristalisasi.



Gambar 4.1 Mekanisme reaksi sintesis TiO<sub>2</sub> menggunakan *dispersant* (Ping Wang, 2008)

Mekanisme reaksi pada Gambar 4.1. di atas, disebutkan secara khusus untuk *dispersant* Etilen Glikol. Dengan analogi yang sama, untuk *dispersant* polietilen glikol 200, karena *dispersant* tersebut juga memiliki gugus hidroksil yang dapat berperan seperti halnya mekanisme reaksi yang diajukan. Sementara untuk *dispersant* Triton X 100 memiliki struktur yang berbeda dengan dua *dispersant* yang lain. Pada Bab II sebelumnya dijelaskan bahwa Triton X memiliki nilai CMC ~ 160 mg/L. Berdasarkan nilai CMC tersebut pada sintesis ini Triton X membentuk misel ketika direaksikan dengan TTIP.

Belum ditemukan mekanisme reaksi secara pasti antara Triton X 100 dengan TTIP dalam sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub>. Hyok Choi (2006) menjelaskan secara umum sintesis nano partikel TiO<sub>2</sub> dengan modifikasi surfaktan melalui pembentukan misel.



Gambar 4.2. Formasi pembentukan misel pada sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub>

Hyok Coi (2006) menyatakan secara umum bahwa adanya surfaktan dalam sintesis TO<sub>2</sub> akan mengikuti 2 kemungkinan mekanisme reaksi :

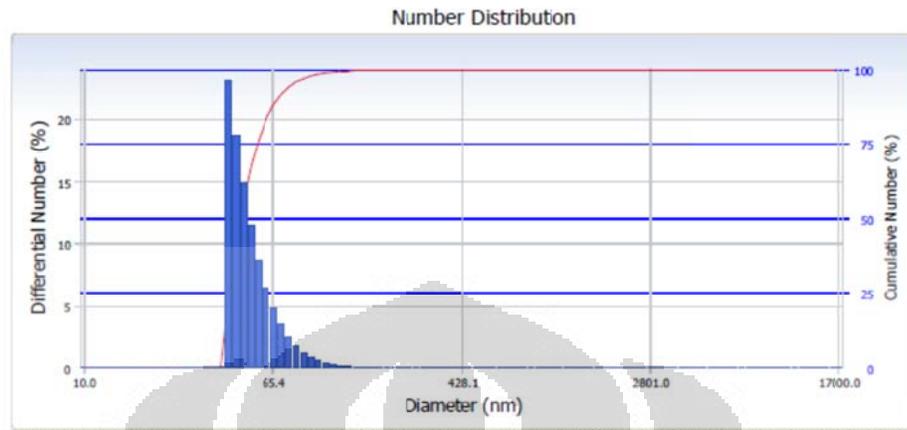
1. Pembentukan formasi rantai anorganik dalam molekul organik yang tersusun dengan sendirinya.
2. Pembentukan lapisan organik di sekeliling rantai anorganik di dalam sol, yang sangat bergantung pada konsentrasi dan sifat senyawa organik tersebut serta pengadukan dari bahan-bahan yang ada.

## 4.2. Karakterisasi Katalis TiO<sub>2</sub>

### 4.2.1. Analisis Ukuran Partikel (Particle Size Analyzer (PSA))

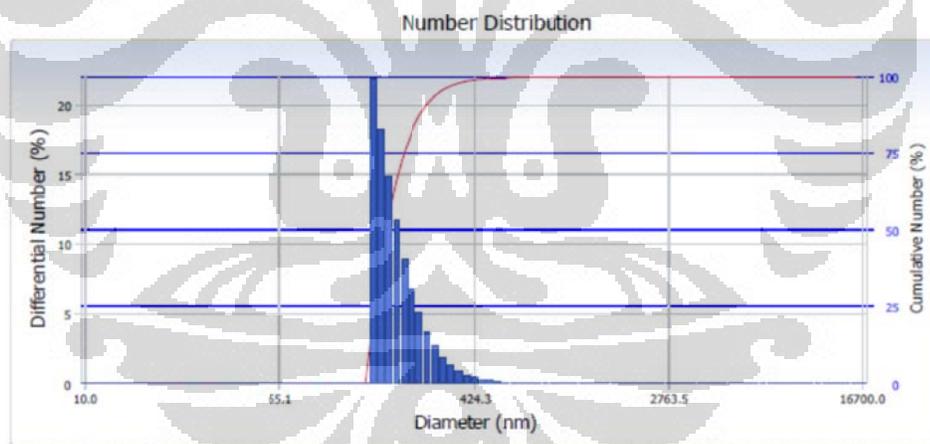
Pengukuran dilakukan pada sampel TiO<sub>2</sub> hasil refluks dengan berbagai macam variasi dispersant yang didispersi dengan aquadest, dengan konsentrasi tiap sampel adalah 10 %. Pengukuran partikel dengan menggunakan PSA dinilai lebih akurat jika dibandingkan dengan metode pengukuran partikel dengan metode ayakan dan analisa gambar. Terutama untuk sampel-sampel dalam orde nanometer dan *submicron* yang biasanya memiliki kecenderungan aglomerasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan partikel didispersikan ke dalam media sehingga partikel tidak saling beraglomerasi (menggumpal). Dengan demikian ukuran partikel yang terukur adalah ukuran dari *single particle*. Selain itu hasil pengukuran dalam bentuk distribusi, sehingga hasil pengukuran dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi sampel.

Berikut ini adalah hasil pengukuran PSA ketiga sampel sintesis TiO<sub>2</sub> :



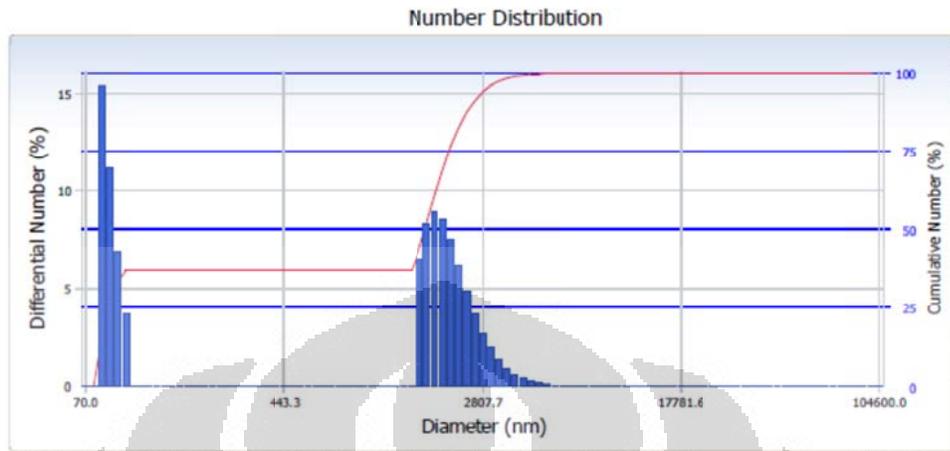
Gambar 4.3. Distribusi ukuran partikel TiO<sub>2</sub> dengan *dispersant* PEG 200

Gambar 4.3. memperlihatkan bahwa diameter partikel TiO<sub>2</sub> dengan *dispersant* PEG 200 terdistribusi dalam rentang 41,7 nm – 161,2 nm, dan rata-rata diameter partikelnya adalah 53,3 nm dengan standar deviasi 16,3 nm.



Gambar 4.4. Distribusi ukuran partikel TiO<sub>2</sub> dengan *dispersant* Triton X 100

Sedangkan Gambar 4.4. menjelaskan bahwa diameter partikel TiO<sub>2</sub> dengan *dispersant* Triton X 100 terdistribusi dalam rentang ukuran 160,1 hingga 617,2 nm. Diperoleh rata-rata diameter partikel adalah 206,5 nm dengan standar deviasi 59,1 nm.



Gambar 4.5. Distribusi ukuran partikel TiO<sub>2</sub> dengan *dispersant* Etilen Glikol

Selanjutnya Gambar 4.5. menunjukkan terdapat dua macam distribusi ukuran diameter partikel TiO<sub>2</sub> dengan *dispersant* Etilen Glikol, yaitu pada rentang 81,1 nm – 101,3 nm dan pada rentang 1674,5 nm – 5456,7 nm. Sehingga diperoleh rata-rata ukuran partikel TiO<sub>2</sub> - Etilen Glikol adalah 1.385,7 nm dengan standar deviasi 1095,6 nm.

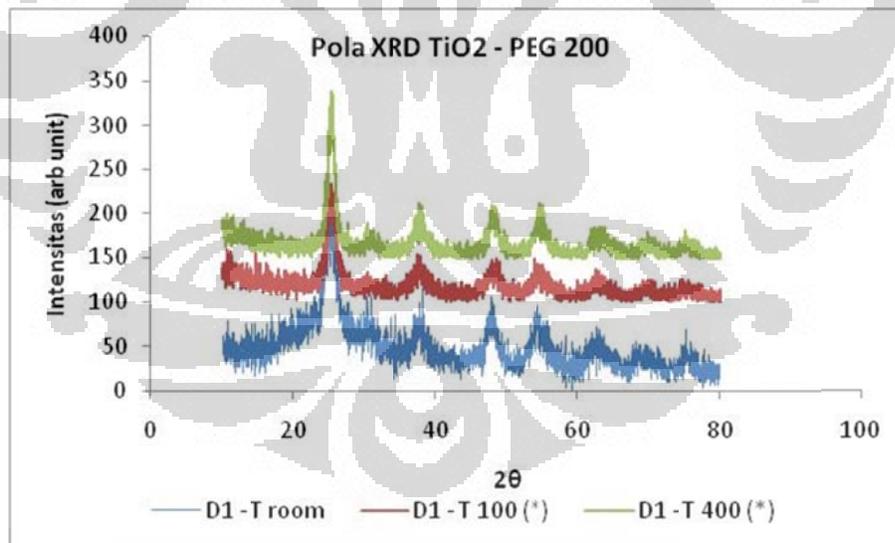
Dari ketiga macam TiO<sub>2</sub> hasil sintesa dengan varian *dispersant*, dapat diamati bahwa diameter partikel yang dihasilkan oleh TiO<sub>2</sub> – PEG 200 memiliki rata-rata di bawah 100 nm. Sedangkan untuk TiO<sub>2</sub> – Triton X 100 memiliki struktur di atas 100 nm dan untuk TiO<sub>2</sub> – EG menunjukkan dua macam distribusi ukuran partikel, ada yang di bawah 100 nm dan ada pula yang di atas 100 nm. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan pada sampel suspensi hasil refluks, yang di dalamnya masih terdapat *dispersant* yang berikatan dengan TiO<sub>2</sub>. Sehingga adanya *dispersant* ini menyebabkan diameter partikel menjadi lebih besar. TiO<sub>2</sub> – Triton X memiliki distribusi ukuran partikel yang besar. Hal ini dikarenakan Triton X membentuk misel, sehingga diameter partikelnya menjadi lebih besar. Sementara TiO<sub>2</sub> – EG memiliki ukuran partikel paling besar. Ada kemungkinan *dispersant* EG tidak mampu menjaga TiO<sub>2</sub> agar tidak beraglomerasi. Selain itu penyimpanan yang lama dapat juga menyebabkan partikel TiO<sub>2</sub> membentuk agregat dengan ukuran yang lebih besar.

Tabel 4.1 Analisa Ukuran Partikel TiO<sub>2</sub> dengan variasi dispersant

Sampel	Diameter (nm)	Standard deviasi (nm)
TiO <sub>2</sub> – Polietilen Glikol 200	53,3	16,3
TiO <sub>2</sub> – Triton X 100	206,5	59,1
TiO <sub>2</sub> – Etilen Glikol	87,4	6,6
	2151,4	572,6

#### 4.2.2. Analisis Kristal TiO<sub>2</sub> dengan Difraksi Sinar X

Metode difraksi sinar X digunakan untuk menentukan jenis kristal berdasarkan pola difraksi sinar X suatu kristal yang bersifat khas. Pola difraksi ini ditentukan oleh susunan atom dalam kristal. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi XRD pada kristal TiO<sub>2</sub> dengan variasi *dispersant* dan suhu pengeringan. Gambar 4.6. berikut adalah gambar pola difraksi kristal TiO<sub>2</sub> hasil sintesis:

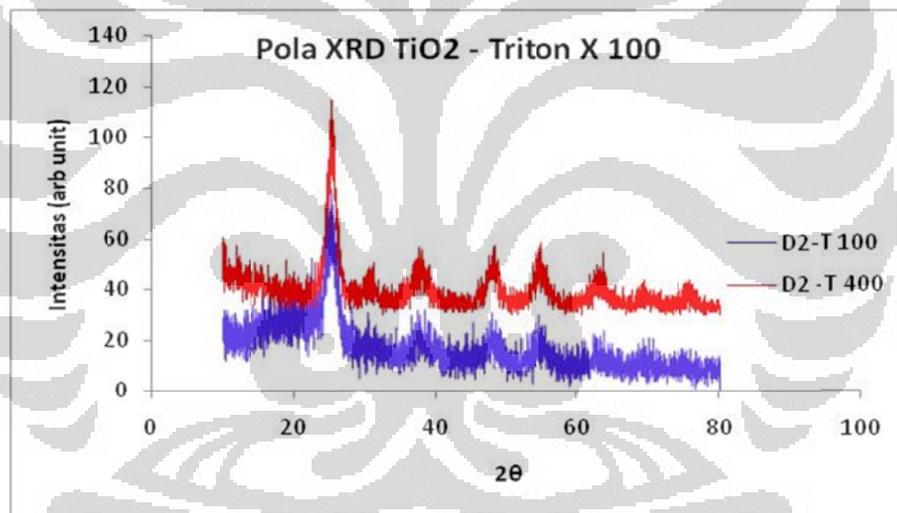


Gambar 4.6. Pola difraksi TiO<sub>2</sub> – PEG 200

Keterangan : (\*) = intensitas dikalikan 2

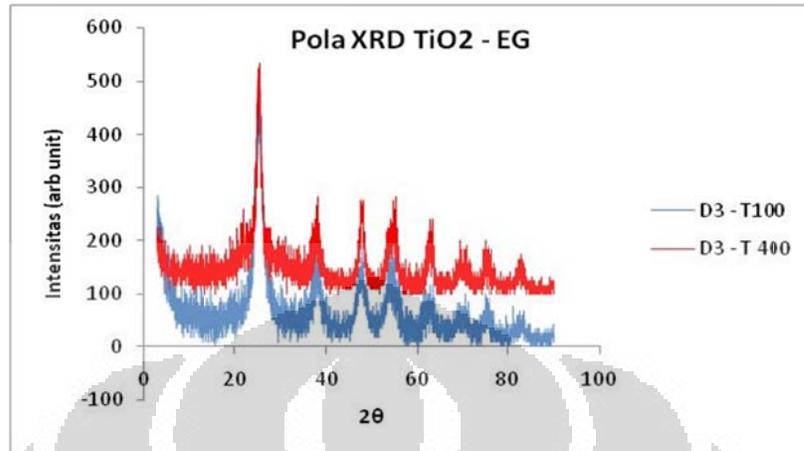
Gambar 4.6 memperlihatkan bahwa kristal anatase terbentuk pada ketiga TiO<sub>2</sub> hasil sintesis yang dikeringkan pada berbagai suhu pengeringan. Pola

difraksi D1-T room sedikit berbeda dengan 2 pola yang lain karena dilakukan pengukuran pada waktu yang berbeda dan alat yang berbeda. Akan tetapi tetap terlihat puncak khas anatase pada  $2\theta = 25^\circ$  dan di beberapa puncak yang lain. Muncul pula sedikit puncak brokrite di  $2\theta = 30, 34^\circ$  untuk D1 – T room dan  $2\theta = 52,23^\circ$  pada D1-T100 yang merupakan fasa transisi ke arah fasa rutil. Yang menarik dari pola di atas, bahwa hasil sintesis  $\text{TiO}_2$  yang dikeringkan pada suhu kamar sudah menunjukkan kristal anatase. Ini menunjukkan bahwa pada saat refluks telah terjadi proses hidrolisis dan kondensasi hingga menghasilkan bakal kristal  $\text{TiO}_2$  anatase. Sehingga setelah dilakukan pencucian dan pengendapan terhadap larutan refluks, didapatkan kristal anatase  $\text{TiO}_2$ .



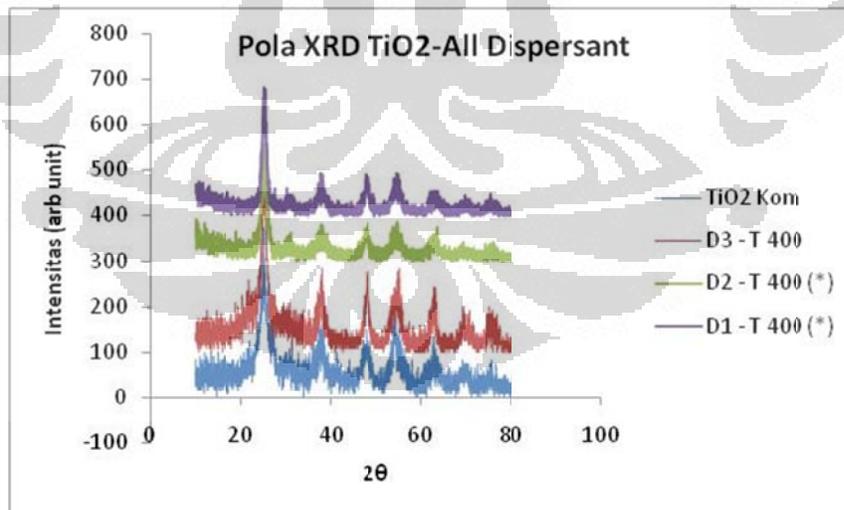
Gambar 4.7. Pola Difraksi  $\text{TiO}_2$  - Triton X 100

Pada Gambar 4.7. diatas, terdapat pola difraksi khas  $\text{TiO}_2$  anatase yaitu pada  $2\theta = 25^\circ$  dan di beberapa puncak lainnya, dan muncul sedikit puncak brokrite di  $2\theta = 52,23^\circ$  pada D2-T100. Untuk hasil sintesis D1-T room tidak dapat dilakukan pengukuran XRD dikarenakan kondisi fisik kristal tersebut dalam keadaan basah ketika dikeringkan pada suhu kamar.



Gambar 4.8. Pola Difraksi TiO<sub>2</sub> – Etilen Glikol

Pada Gambar 4.8, seperti halnya 2 gambar pola difraksi diatas sebelumnya, terdapat pola difraksi khas TiO<sub>2</sub> anatase yaitu pada  $2\theta = 25^\circ$  dengan intensitas yang paling tinggi. Selanjutnya untuk puncak-puncak yang lain menunjukkan bahwa kesemuanya adalah pola difraksi TiO<sub>2</sub> anatase sesuai dengan standar JCPDS.



Gambar 4.9. Pola difraksi TiO<sub>2</sub> dengan berbagai variasi dispersant

Keterangan : (\*) Intensitas dinaikkan 3x

Pada Gambar 4.9. terlihat bahwa hasil sintesis TiO<sub>2</sub> dengan berbagai variasi *dispersant* memberikan puncak pada sudut 2θ yang sama yang merupakan puncak khas anatase. Hasil difraksi sinar-X menunjukkan bahwa bahwa kristal TiO<sub>2</sub> hasil sintesis, semuanya memberikan puncak tertinggi pada daerah 2θ = 25°, yang merupakan puncak khas kristal TiO<sub>2</sub> anatase bidang {101}.

Untuk mengetahui ukuran kristal TiO<sub>2</sub> hasil sintesis digunakan persamaan Debye-Scherrer, dimana :

$$D = \frac{k \lambda}{B \cos \theta}$$

Dimana : D = unit kristal, Å

K = Faktor bentuk Kristal = 0.9

λ = panjang gelombang X-Ray, (Cu Kα = 1,5406 nm)

θ = sudut difraksi yang teramati

B = garis lebar setengan puncak tertinggi (rad)

Dari perhitungan dengan persamaan di atas, diperoleh ukuran kristal TiO<sub>2</sub> hasil sintesis yang disajikan dalam Tabel 4.2:

Tabel 4.2. Ukuran Kristal TiO<sub>2</sub> sintesis Berdasarkan Persamaan Debye Scherrer

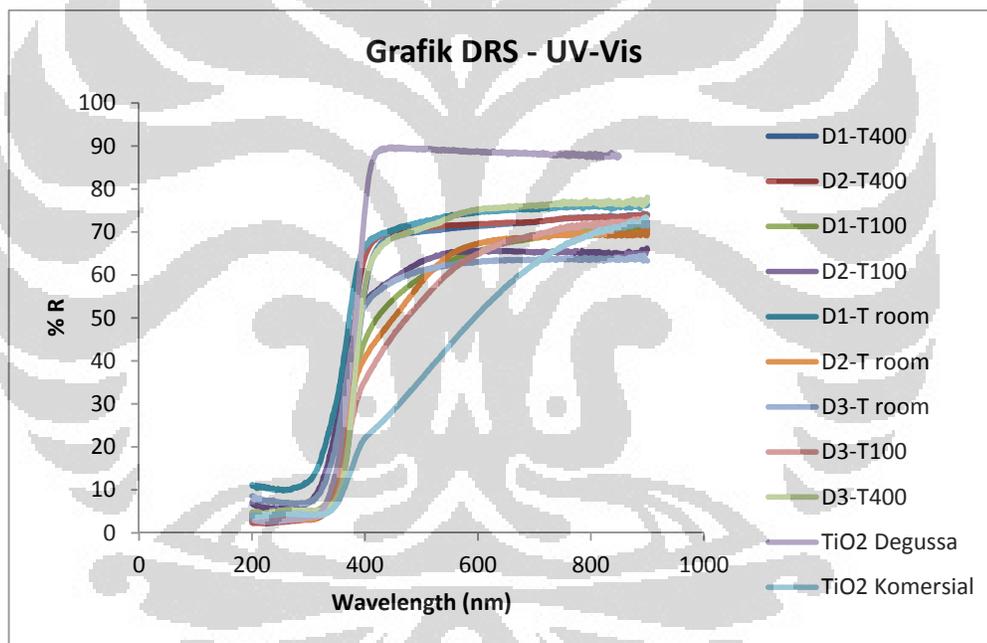
No.	TiO <sub>2</sub> Sintesis	Ukuran partikel
1	D1 – T room	5 nm
2	D1 – T 100	6,5 nm
3	D1 – T 400	8,67 nm
4	D2 – T 100	6,5 nm
5	D2 – T 400	8,67 nm
6	D3 – T 100	5 nm
7	D3 – T 400	8 nm
8	TiO <sub>2</sub> Komersial	9 nm

Jika melihat grafik pola difraksi dan perhitungan ukuran partikel, dapat dilaporkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan, maka ukuran partikelnya semakin meningkat, begitu juga dengan intensitas relatifnya. Dari segi kristalinitasnya, TiO<sub>2</sub> dengan suhu tinggi akan menghasilkan kristal anatase murni dan kandungan senyawa organik semakin sedikit. Sehingga akan diperoleh TiO<sub>2</sub> dengan kristalinitas yang semakin tinggi.

Ini sesuai dengan penelitian Attar et.al (2007), yang mengatakan bahwa peningkatan temperatur *annealing* akan meningkatkan pula intensitas puncak, kristalinitas dan lebar dari puncak difraksi (101) menjadi lebih sempit.

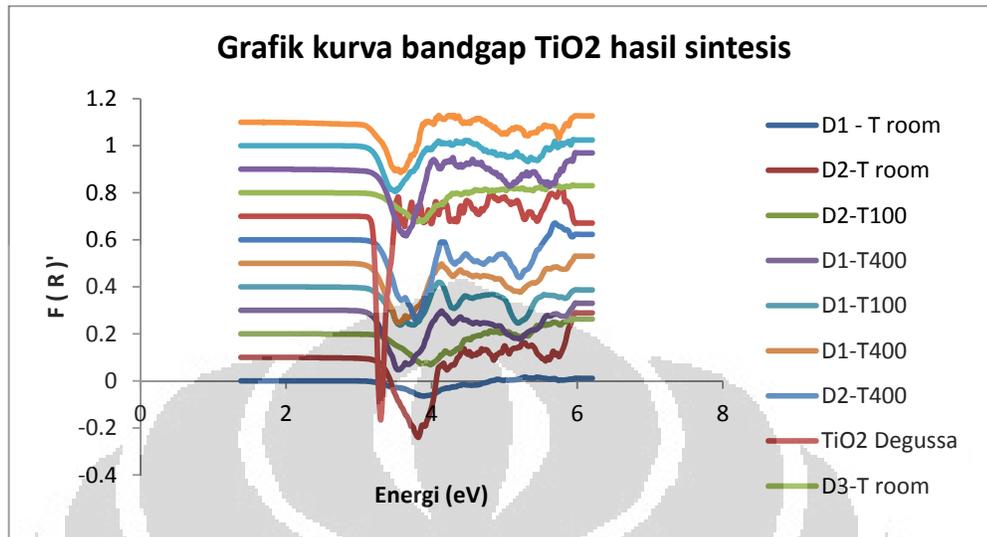
#### 4.2.3. Analisis Kristal TiO<sub>2</sub> dengan DRS UV-VIS

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui karakter serapan sinar pada daerah UV-Visible. Sampel berupa serbuk TiO<sub>2</sub> yang dikeringkan pada berbagai variasi suhu. TiO<sub>2</sub> hasil sintesis akan ditentukan energi celahnya menggunakan korelasi Kubelka Munk dari data yang diperoleh pada instrumen DRS UV-VIS.



Gambar 4.10. Grafik DRS UV

Dari grafik pada Gambar 4.10 di atas, selanjutnya % R (*reflectant*) diubah menjadi faktor Kubelka Munk untuk menentukan energi bandgap dari masing-masing TiO<sub>2</sub> hasil sintesis.



Gambar 4.11. Grafik Bandgap sintesa TiO<sub>2</sub>

Gambar 4.11. menyajikan grafik nilai energi celah masing-masing TiO<sub>2</sub> hasil sintesis dengan berbagai variasi suhu pengeringan. Dari pengukuran DRS UV, terlihat adanya sedikit pergeseran panjang gelombang ke arah panjang gelombang yang lebih pendek (*blue shift*).

Pergeseran dapat disebabkan oleh perubahan pelarut atau adanya konjugasi yang dihilangkan. Pergeseran yang dipengaruhi oleh pelarut berkaitan dengan kemampuan pelarut untuk mensolvasi antara keadaan dasar dengan keadaan tereksitasi.

Pada transisi elektron  $n \rightarrow \pi^*$ , keadaan dasar lebih polar dibandingkan dengan keadaan tereksitasi. Secara khusus, dalam keadaan dasar molekul pelarut yang berikatan hidrogen akan berinteraksi lebih kuat dengan elektron yang tidak berpasangan dibanding molekul dalam keadaan tereksitasi. Sebagai akibatnya transisi ini akan memiliki energi yang lebih besar sehingga panjang gelombang transisi ini akan digeser ke panjang gelombang yang lebih pendek.

Vijayalakshmi et.al (2010) melaporkan bahwa fenomena blue shift dapat dijelaskan dengan efek kurungan kuantum. Karena ukuran kecil nano partikel, mengakibatkan kurungan spasial dari fungsi gelombang pembawa muatan.

Efek kurungan ini mengurung pembawa (baik elektron atau hole) pada dimensi tertentu. Dengan adanya efek pengurungan kuantum ini, kemudian dikenal 3 istilah yang baru, *quantum well*, *quantum wire*, dan *quantum dots*. *Quantum well*, adalah struktur dimana elektronnya terkurung pada satu arah atau pada 1 dimensi sehingga elektron hanya bisa bergerak pada dua dimensi lainnya. Apabila pengurungan ini terjadi pada 2 dimensi dan elektron hanya bisa bergerak pada satu dimensi, dikenal *quantum wire*. Sementara quantum dots adalah struktur dimana tidak ada satu derajat kebebasan pun tersisa. Elektron terkurung ke segala arah, sehingga tidak bisa bergerak ke arah manapun. (Charles, 2003)

Ping Wang (2007) melakukan sintesis nano TiO<sub>2</sub> menggunakan *dispersant* PEG melaporkan bahwa energy serapan tepi hasil anatase yang diperoleh adalah 3,79 eV. Hal ini juga dilaporkan karena adanya efek kurungan kuantum. Nilai semua energi celah pita TiO<sub>2</sub> hasil sintesis yang diperoleh dari Gambar 4.11 di atas dirangkum dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data energi celah TiO<sub>2</sub> hasil sintesa

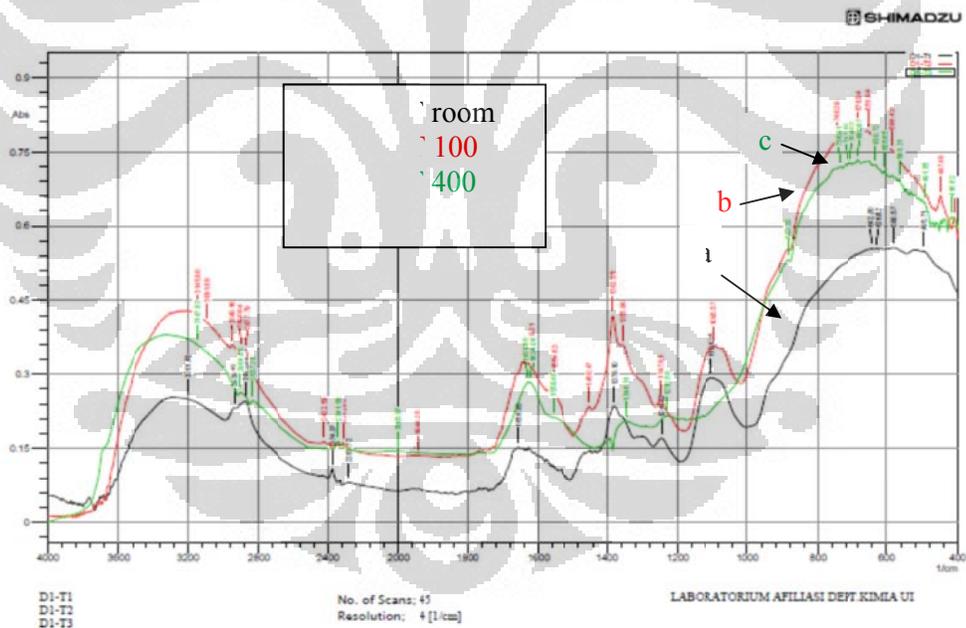
No	Varian TiO <sub>2</sub>	Energi celah (eV)
1.	TiO <sub>2</sub> Degussa	3,29
2.	D1 – T room	3,87
3.	D2 – T room	3,80
4.	D3 – T room	3,75
5.	D1 – T 100	3,55
6.	D2 – T 100	3,97
7.	D3 – T 100	3,59
8.	D1 – T 400	3,52
9.	D2 – T 400	3,76
10	D3 – T 400	3,43
11.	TiO <sub>2</sub> Komersial	3,48

Berdasarkan informasi dari Tabel 4.3. di atas, terlihat bahwa TiO<sub>2</sub> hasil sintesis memiliki energi celah yang lebih besar daripada TiO<sub>2</sub> Degussa. Ini mengindikasikan bahwa untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita

konduksi pada  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis dibutuhkan energi yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada permukaan  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis yang dikeringkan pada suhu kamar dan suhu  $100^\circ\text{C}$  masih mengandung senyawa *dispersant* yang terikat. Adanya *dispersant* memberikan sifat polaritas yang berbeda dengan  $\text{TiO}_2$  Degussa, sehingga energi absorpsi tepi dari  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis menjadi lebih tinggi.

#### 4.2.4. Analisis Kristal $\text{TiO}_2$ dengan DRS - FTIR

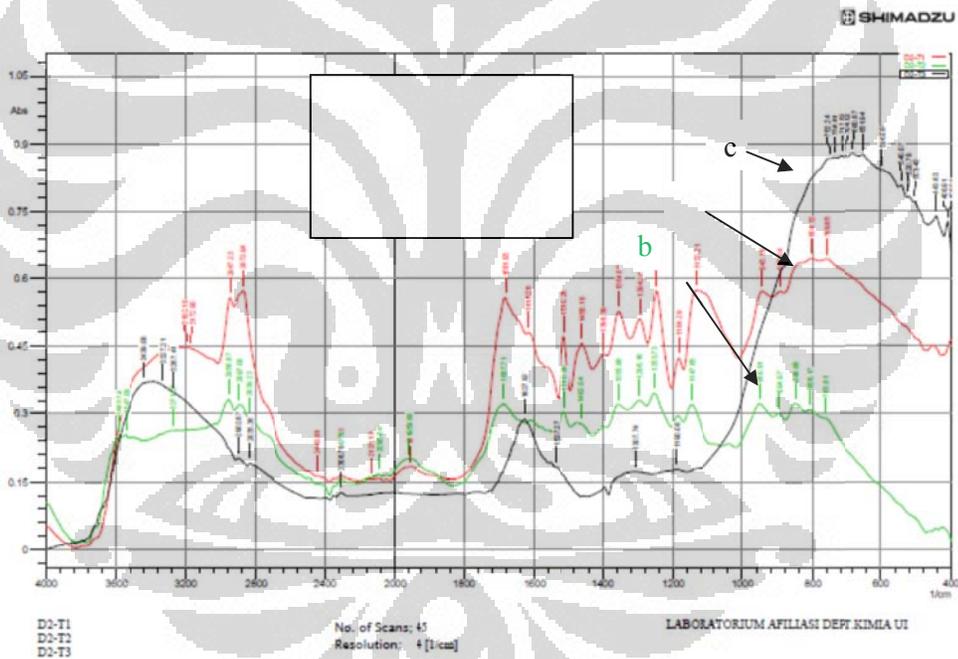
Pada penelitian ini dilakukan pengukuran FTIR untuk mengidentifikasi puncak serapan terkait dengan ikatan kimia antar molekul maupun gugus fungsi yang ada dalam  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis. Hasil pengukuran FTIR berbagai varian *dispersant* dan suhu pengeringan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis disajikan pada Gambar 4.12. sampai 4.15.



Gambar 4.12. Spektrum FTIR Sintesis  $\text{TiO}_2$  dengan *dispersant* PEG 200, dengan variasi suhu pengeringan

Dari Gambar 4.12. terlihat 3 bentuk spektrum dari  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis yang dikeringkan dengan berbagai macam variasi suhu. Dari spektrum yang dihasilkan,

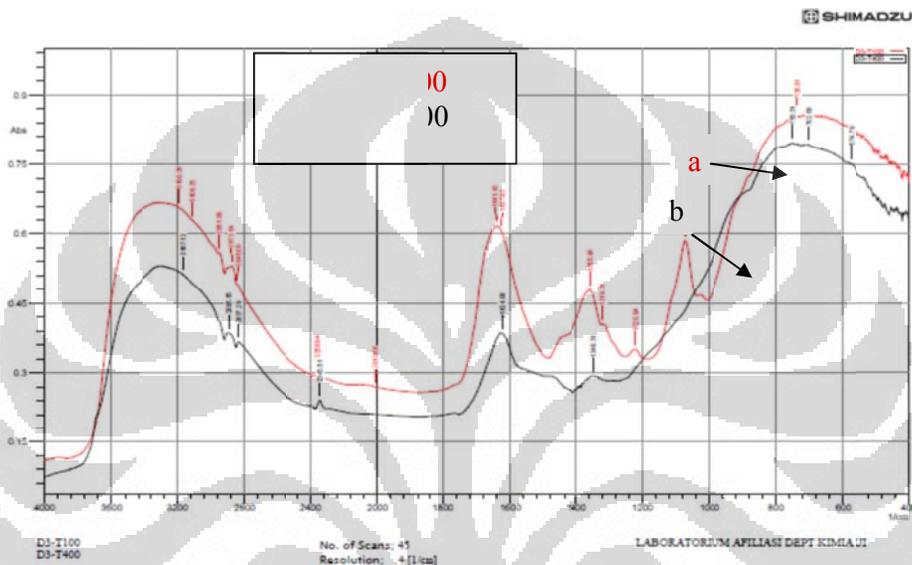
diketahui bahwa pada ketiga spektrum terdapat signal pada daerah  $400 - 900 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan karakteristik dari pembentukan pola geometris atom-atom O – Ti – O. Selain itu juga muncul pita serapan vibrasi ulur  $\nu(\text{O-H}) = 3400 - 3100 \text{ cm}^{-1}$  dari Ti-OH di ketiga spektrum di atas. Terdapat pita ulur simetri gigis  $\nu_{\text{as}}(\text{C-H})$  jenuh =  $2941 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_{\text{s}}(\text{C-H})$  jenuh =  $2866 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\sigma_{\text{as}}(\text{C-H}) = 1454 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\sigma_{\text{s}}(\text{C-H}) = 1357 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu(\text{C-O}) = 1220 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1076 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1630 \text{ cm}^{-1}$ . Puncak-puncak ini terlihat menghilang pada suhu  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ini merupakan indikasi bahwa Kristal  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis yang dikeringkan pada suhu kamar dan  $T 100 \text{ }^\circ\text{C}$  masih mengandung senyawa organik/ *dispersant* PEG yang digunakan.



Gambar 4.13. Spektrum FTIR Sintesis  $\text{TiO}_2$  dengan *dispersant* Triton X 100, dengan berbagai variasi suhu pengeringan

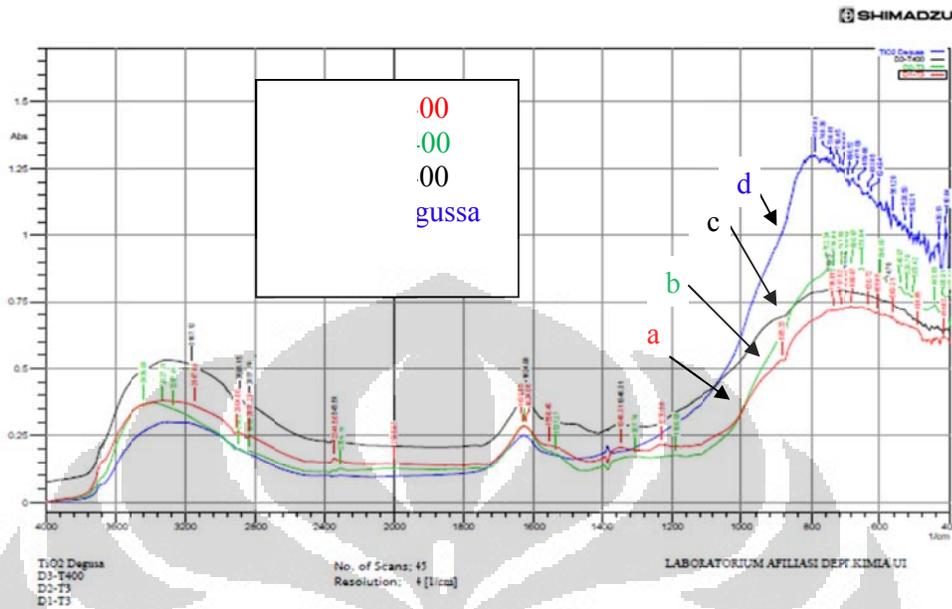
Gambar 4.13. memperlihatkan bahwa spektrum yang dihasilkan hampir sama seperti spektrum  $\text{TiO}_2 - \text{PEG}$  sebelumnya, terdapat signal pada daerah  $400 - 900 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan karakteristik dari pembentukan pola geometris atom-atom O – Ti – O pada ketiga  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis.

Tampak pada daerah  $1100 - 1500 \text{ cm}^{-1}$  banyak puncak serapan yang terjadi  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis yang dikeringkan pada suhu kamar dan  $T 100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ini mengindikasikan bahwa masih terdapat senyawa organik Triton X yang terikat pada  $\text{TiO}_2$ . Pada  $1590 \text{ cm}^{-1}$  ( $\nu \text{ C}=\text{C}$ );  $1450 \text{ cm}^{-1}$  ( $\sigma \text{ CH}_3$ ) dan  $1080 \text{ cm}^{-1}$  ( $\rho \text{ CH}_3$ ).



Gambar 4.14. Spektrum FTIR Sintesis  $\text{TiO}_2$  dengan *dispersant* Etilen Glikol, dengan berbagai variasi suhu pengeringan

Pada Gambar 4.14. diatas, terdapat dua spektrum untuk D3-T100 dan D3-T400. Untuk  $\text{TiO}_2$  yang dikeringkan pada suhu ruangan tidak dapat diukur dikarenakan kondisi bahan yang masih basah. Dari spektrum yang ditampilkan, ada perbedaan puncak serapan antara D3 – T 100 dengan D3 – T 400 pada daerah  $1000 - 1500 \text{ cm}^{-1}$ , yang merupakan puncak serapan dari senyawa organik dari etilen glikol yang terikat dengan  $\text{TiO}_2$ . Puncak serapan khas  $\text{TiO}_2$  anatase tetap muncul pada daerah kurang dari  $900 \text{ cm}^{-1}$ .

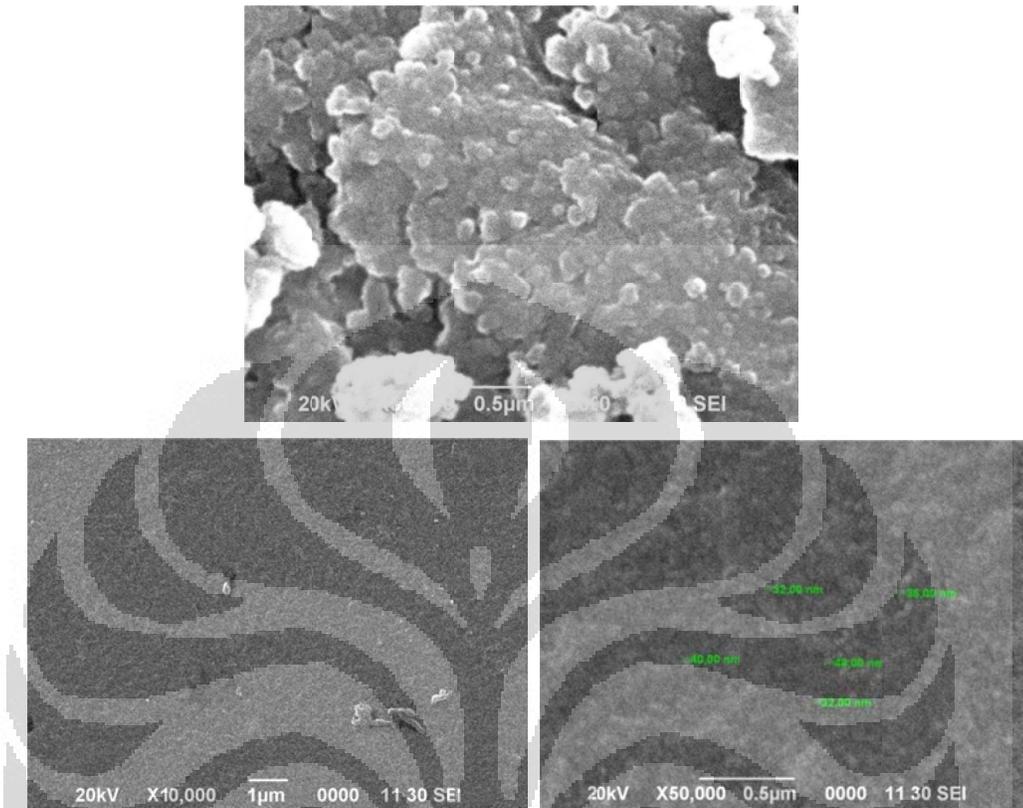


Gambar 4.15. Spektrum FTIR Sintesis TiO<sub>2</sub> dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub> Degussa

Dari Gambar 4.15. spektrum yang dihasilkan memperlihatkan bahwa TiO<sub>2</sub> hasil sintesis baik yang menggunakan *dispersant* PEG 200, Triton X 100, maupun Etilen Glikol yang telah mengalami kalsinasi pada suhu 400°C memiliki bentuk relatif sama dengan TiO<sub>2</sub> Degussa sebagai material referensinya. Ini menandakan bahwa material organik dari *dispersant* telah hilang dengan adanya pemanasan suhu. tinggi. Sehingga terbentuklah kristal TiO<sub>2</sub> yang mirip dengan TiO<sub>2</sub> Degussa.

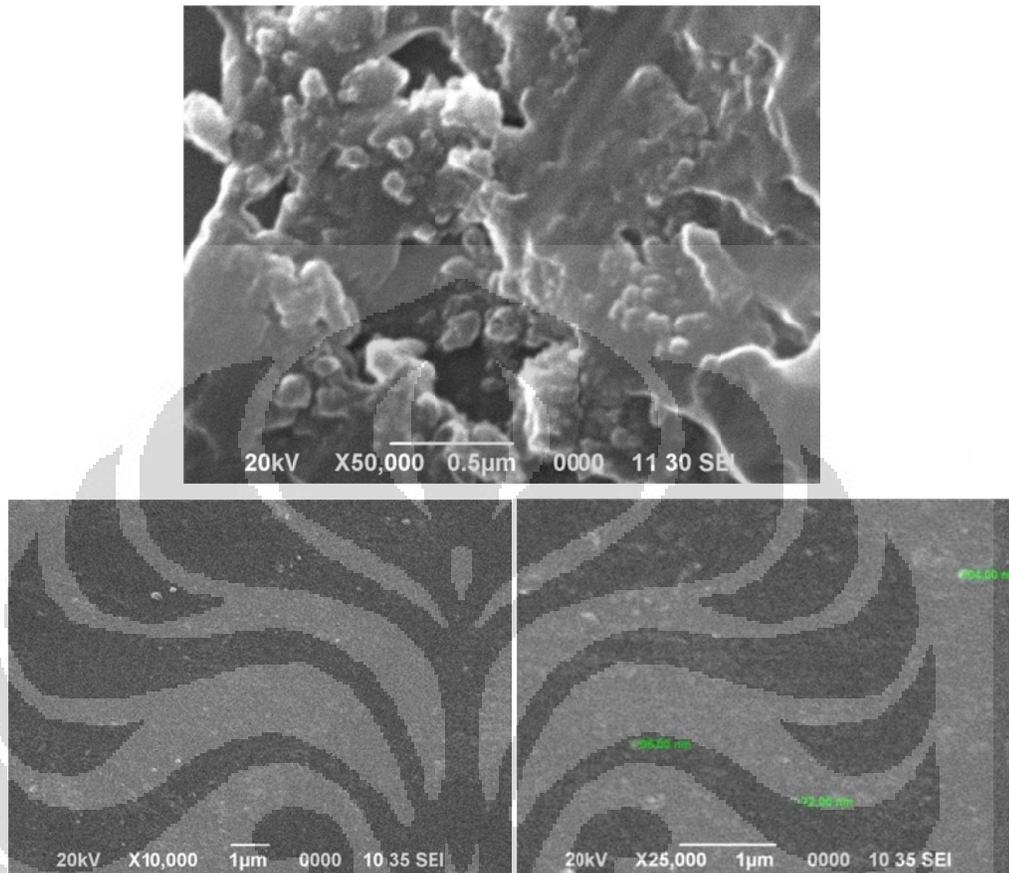
**4.2.5. Pengukuran SEM-EDS**

Dari hasil karakterisasi SEM yang disajikan dalam Gambar 4.16. dapat dilihat bentuk morfologi TiO<sub>2</sub> berbentuk *spherical*, sama seperti hasil yang diperoleh oleh peneliti sebelumnya (Vijayalakshmi, 2010) bahwa Kristal TiO<sub>2</sub> anatase memiliki bentuk *spherical*. Dapat dilihat pada Gambar SEM di bawah, bahwa lapisan TiO<sub>2</sub> yang diperoleh sudah homogen.



Gambar 4. 16. Foto SEM  $\text{TiO}_2$  – PEG 200

Hasil penelitian (Gambar 4.16) terlihat  $\text{TiO}_2$  tersebar secara merata di permukaan plat kaca, dan rata-rata ukuran partikel yang diperoleh 36 nm. Ukuran ini lebih besar dari hasil jurnal penelitian yang diacu. Ping Wang (2008) melakukan sintesis dan diperoleh ukuran kristal 2 nm.



Gambar 4.17. Foto SEM  $\text{TiO}_2$  – Triton X 100

Untuk  $\text{TiO}_2$  – Triton X terlihat foto SEM  $\text{TiO}_2$  tersebar secara merata di permukaan plat kaca, dan rata-rata ukuran partikel yang diperoleh 90 nm. Lebih besar dibandingkan dengan  $\text{TiO}_2$  – PEG. Dengan demikian ukuran partikel  $\text{TiO}_2$  dipengaruhi oleh jenis dispersant. *Dispersant* PEG mampu menghasilkan  $\text{TiO}_2$  dengan ukuran nano yang lebih kecil.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hendra (2010), pada sintesis  $\text{TiO}_2$  – EG, pengukuran SEM berkisar antara 0,12 – 0,48  $\mu\text{m}$ . Sedikit lebih besar dari  $\text{TiO}_2$  - PEG, tetapi lebih kecil dari *dispersant*  $\text{TiO}_2$  - Triton X.

Komposisi  $\text{TiO}_2$  dan kandungan Ti, O, C dapat dilihat dari data EDS seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4. Persentase Komposisi Ti, O dan C (Data EDS)

Sampel	Persen Massa (%)			
	Ti	O	C	Ti/O
TiO <sub>2</sub> - PEG	13,49	27,9	21,48	0,628
TiO <sub>2</sub> - Triton	1,29	12,53	68,47	0,1029

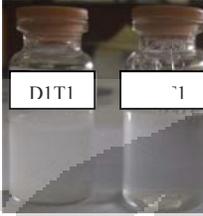
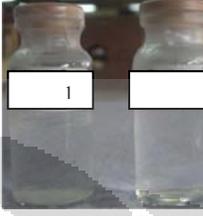
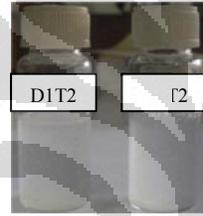
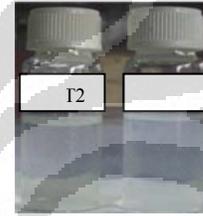
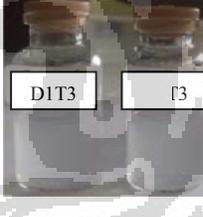
#### 4.2. Stabilitas Suspensi TiO<sub>2</sub> Berbasis Air

Seperti yang telah dijelaskan di awal bahwa surfaktan dikenal sebagai *dispersant* ketika berfungsi sebagai senyawa pendispersi. Pada penelitian ini, surfaktan/ *dispersant* digunakan untuk membentuk efek stabil bagi suspensi TiO<sub>2</sub> dalam medium air. Dimana *dispersant* ini mampu membentuk mencegah terjadinya agregat TiO<sub>2</sub> dengan aktivitas interfacial-superficialnya.

Selain digunakan *dispersant* sebagai agen penstabilnya, pada sintesis ini digunakan HNO<sub>3</sub> pekat sebagai agen peptisasi yang akan memecah partikel TiO<sub>2</sub> pada proses sintesis menjadi ukuran yang lebih kecil. Dengan adanya penambahan asam, akan terjadi adsorpsi ion H<sup>+</sup> pada permukaan agregat Ti(OH)<sub>4</sub> dan memberikan muatan positif pada partikel-partikel koloid. Muatan yang sama dari masing-masing partikel menyebabkan terjadinya gaya elektrostatis antar partikel dan membantu menjaganya dari agregasi. (Turkovic, 2007).

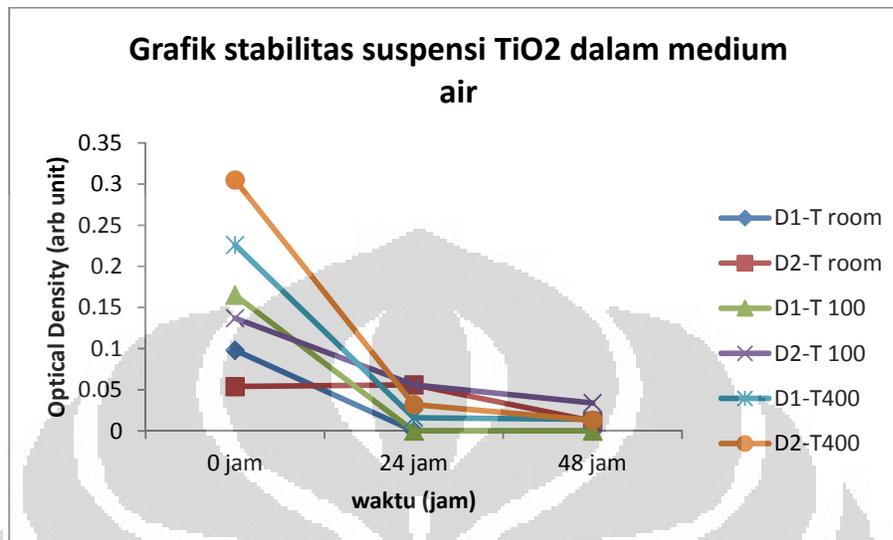
Secara visual stabilitas suspensi redispersi 1 % TiO<sub>2</sub> hasil sintesis antara selang waktu 0 jam – 4 bulan dapat dilihat dalam Tabel 4.5 di bawah ini :

Tabel 4.5. Gambar stabilitas suspensi redispersi TiO<sub>2</sub> dalam medium air

0 jam	24 jam	48 jam	4 bulan
4.5.a. Redispersi TiO <sub>2</sub> -PEG dan TiO <sub>2</sub> - Triton X hasil sintesis T room			
			
4.5.b. Redispersi TiO <sub>2</sub> -PEG dan TiO <sub>2</sub> - Triton X hasil sintesis T 100			
			
4.5.c. Redispersi TiO <sub>2</sub> -PEG dan TiO <sub>2</sub> - Triton X hasil sintesis T 400			
			

Tampak dari gambar pada Tabel 4.5 bahwa stabilitas suspensi masih kurang walaupun di dalam TiO<sub>2</sub> sudah ditambahkan dengan *dispersant* sebagai penstabil. Seiring dengan berjalannya waktu terjadi agregat partikel TiO<sub>2</sub> hingga membentuk endapan. Dapat dilihat pada waktu 4 bulan larutan menjadi lebih jernih. Namun demikian, ketika dilakukan pengocokan atau sonikasi kembali, larutan suspensi kembali seperti semula.

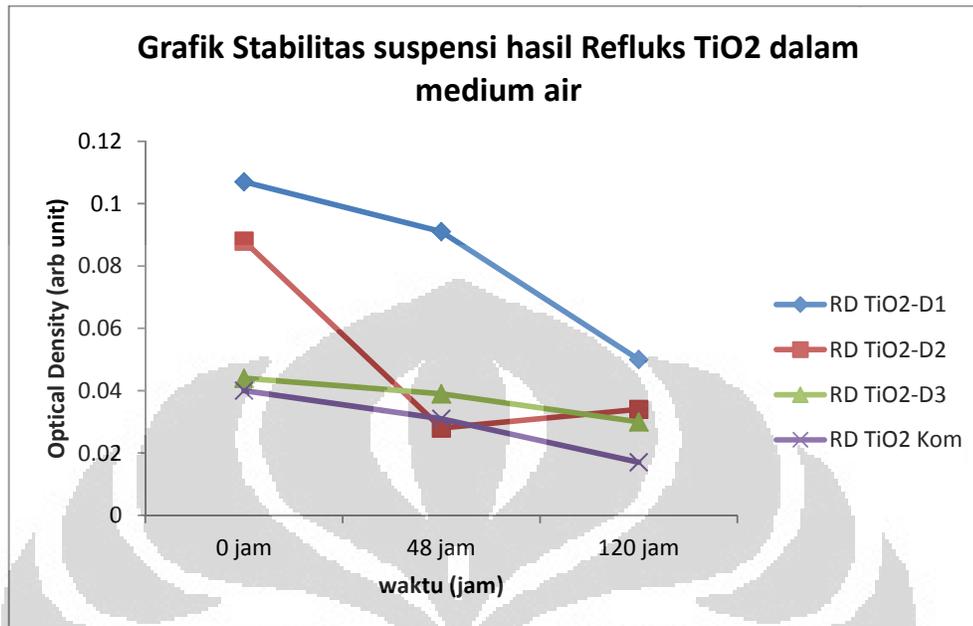
Untuk mengukur kestabilan suspensi, dilakukan pengukuran nilai absorbansi dengan spektroskopik UV – Vis pada panjang gelombang 860 nm pada t = 0 jam, t = 24 jam dan t = 48 jam. Diperoleh grafik seperti pada Gambar 4.18 berikut :



Gambar 4.18. Grafik stabilitas suspensi TiO<sub>2</sub> dalam medium air

Dari grafik pada Gambar 4.18 terlihat bahwa suspensi dari redispersi kristal hasil sintesis dalam aquadest, kesemuanya memperlihatkan stabilitasnya masih rendah. Stabilitas tertinggi ada pada D2 – T room, kemudian D2 – T100. Penurunan absorbansi dari hari ke-hari tidak begitu tajam sebagaimana yang lainnya. Penurunan nilai absorbansi mengindikasikan bahwa larutan menjadi semakin jernih karena partikel TiO<sub>2</sub> mengendap. Pada TiO<sub>2</sub> yang mendapatkan perlakuan kalsinasi (T 400°C), *dispersant* telah hilang karena adanya pemanasan suhu tinggi. Maka dari itu, untuk D1-T400 dan D2-T400 memiliki stabilitas paling rendah diantara kesemuanya.

Selanjutnya stabilitas suspensi hasil refluks, disajikan dalam Gambar 4.19 berikut :



Gambar 4.19 Grafik stabilitas water based suspensi hasil refluks TiO<sub>2</sub>



Gambar 4.20. Suspensi TiO<sub>2</sub> hasil refluks

Redispersi suspensi hasil refluks lebih stabil dan tahan lama jika dibandingkan dengan redispersi kristal TiO<sub>2</sub> hasil sintesis. Dengan variasi waktu yang lebih lama, suspensi hasil refluks masih lebih stabil dibandingkan dengan suspensi redispersi kristal TiO<sub>2</sub> hasil sintesis. Hal ini dikarenakan dalam suspensi tersebut masih mengandung *dispersant* penstabil.

Ada beberapa factor yang mempengaruhi stabilitas suspensi, diantaranya :  
 (1) pH; pada penelitian ini ditambahkan HNO<sub>3</sub> pekat untuk mengkondisikan pada pH = 1,5. Menurut Peng Bing (2007) penggunaan PEG sebagai *dispersant* akan

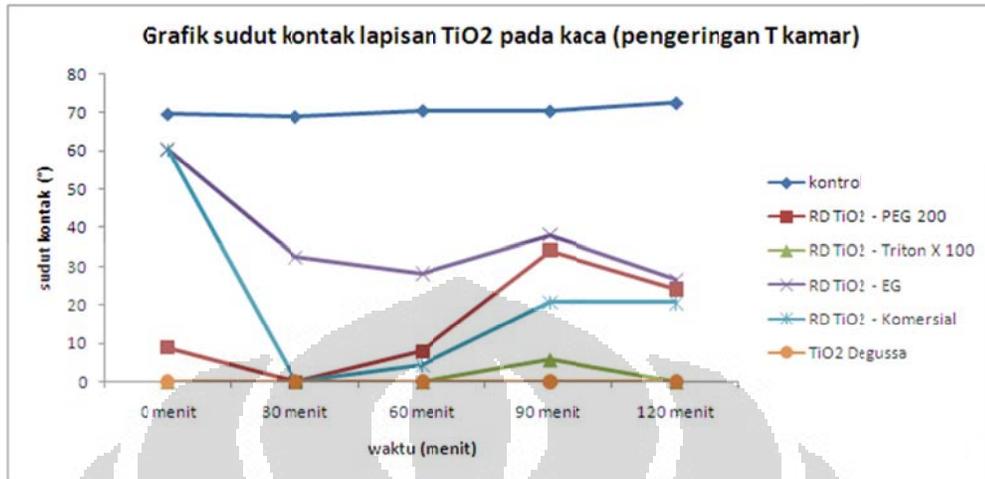
memberikan efek stabil paling optimal pada pH <4,3. Penelitian Hendra (2010) sebelumnya menyatakan bahwa sintesis TiO<sub>2</sub> paling baik dilakukan pada pH 1,5. Guzman et. Al (2006) melaporkan bahwa ukuran agregat naik ketika pH mendekati nilai pH pada titik muatan nol (pH<sub>zpc</sub>) atau titik isoelektrik  $\xi$ -potensial. pH<sub>zpc</sub> suspensi TiO<sub>2</sub> nanopartikel berubah seiring dengan perubahan ukuran nanokristalin. Semakin besar ukuran nanopartikel maka pH<sub>zpc</sub> nanopartikel juga menjadi naik. Nilai  $\xi$ -potensial TiO<sub>2</sub> nanopartikel yang rendah di bawah kondisi fisiologis tidak memberikan stabilisasi elektrostatik yang cukup untuk menjaga pengendapan atau penggumpalan.

(2) Kuat Ion larutan; laju terbentuknya aglomerat juga dipengaruhi oleh kuat ion larutan. Semakin besar kuat ion larutan, maka laju pembentukan semakin cepat, dan akan lebih cepat lagi pada kation divalent. (French, et.al, 2009).

(3) rasio H<sub>2</sub>O : jumlah prekursor; Song-Taek Oh et.al, 2006, melaporkan bahwa rasio H<sub>2</sub>O : TTIP yang akan menghasilkan TiO<sub>2</sub> paling optimal adalah  $r \leq 4$ . Jika Terdapat H<sub>2</sub>O berlebih, maka PEG tidak cukup mampu untuk berinteraksi dengan H<sub>2</sub>O tersebut, sehingga TTIP dapat bereaksi langsung H<sub>2</sub>O bebas tersebut. Akibatnya jaringan TiO<sub>2</sub>- PEG tidak akan dihasilkan dan diperoleh struktur TiO<sub>2</sub> tak beraturan.

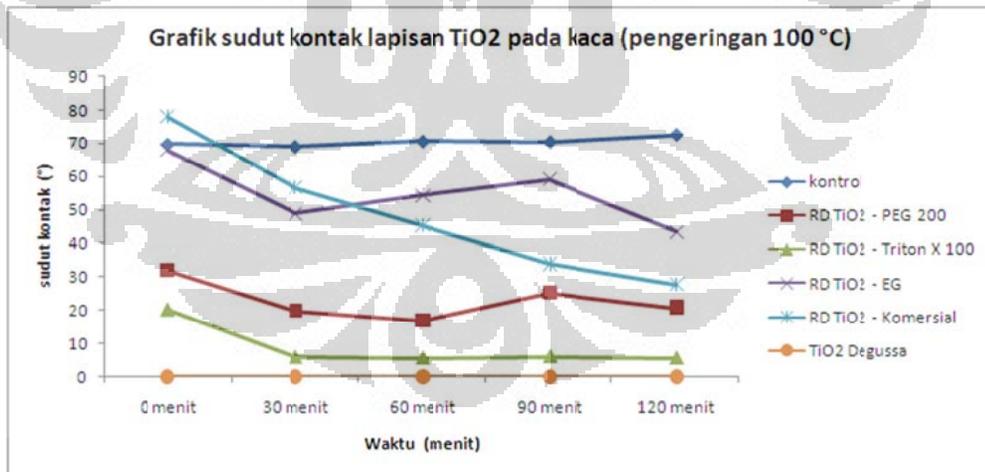
#### **4. 3. Pengukuran Sudut Kontak**

Untuk mengetahui efek superhidrofilik dilakukan pengukuran sudut kontak air pada permukaan kaca yang dilapisi dengan larutan redispersi TiO<sub>2</sub> hasil sintesis dengan jumlah lapisan 10 lapis. Pengukuran sudut kontak dilakukan pada pelapisan kaca menggunakan larutan suspensi TiO<sub>2</sub> hasil refluks dan suspensi TiO<sub>2</sub> hasil redispersi kristal TiO<sub>2</sub> hasil sintesis. Lapisan TiO<sub>2</sub> pada permukaan kaca dikeringkan pada tiga keadaan, yaitu pada suhu kamar, suhu 100°C, dan suhu 400°C. Hasil pengukuran sudut kontak disampaikan dalam beberapa grafik pada Gambar 4.21; 4.22; dan 4.23.

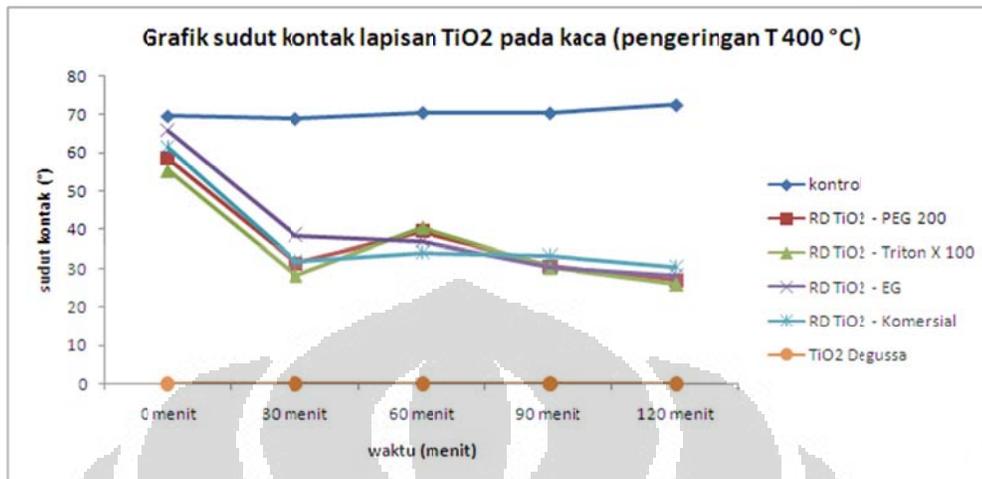


Gambar 4.21. Grafik sudut kontak lapisan TiO<sub>2</sub> pada pengeringan T kamar

Dari grafik pada Gambar 4.21 di atas dapat disimpulkan sementara bahwa redispersi suspensi TiO<sub>2</sub> yang dihasilkan sifat superhidrofilik yang terbaik dimiliki oleh suspensi TiO<sub>2</sub> dengan *dispersant* Triton X 100, dimana sudut kontakannya mendekati 0°.



Gambar 4.22. Grafik sudut kontak lapisan TiO<sub>2</sub> pada pengeringan T 100



Gambar 4.23. Grafik sudut kontak lapisan TiO<sub>2</sub> pada pengeringan T 400

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut kontak yang paling baik diperoleh pada lapisan TiO<sub>2</sub> yang dikeringkan pada suhu kamar dan 100°C. Hal ini dikarenakan pada lapisan tersebut masih terdapat *dispersant* yang akan menambah kemampuan pembasahan kaca dengan baik. TiO<sub>2</sub> Degussa memberikan sudut kontak yang paling kecil. Namun demikian, TiO<sub>2</sub> Degussa tidak direkomendasikan untuk penelitian ini, dikarenakan tujuan utama dari penelitian ini adalah membuat stabilitas suspensi dalam media air. Sementara TiO<sub>2</sub> Degussa sukar larut dalam air. Selain itu TiO<sub>2</sub> Degussa pada penelitian ini tidak memberikan efek transparan pada kaca walaupun dibuat dengan konsentrasi 1 %.



Gambar 4.24. Dispersi TiO<sub>2</sub> Degussa dalam air dan transparansi lapisan TiO<sub>2</sub> Degussa pada kaca

Sesuai dengan penelitian yang dilaporkan oleh J.Yu et al (2001) yang meneliti tentang superhidrofilik film menggunakan *dispersant* PEG dengan variasi berat molekulnya. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa sudut kontak menurun dengan semakin banyaknya jumlah PEG yang digunakan. Sementara pada lapisan TiO<sub>2</sub> yang tidak menggunakan PEG memiliki sudut kontak yang terbesar. Hal ini dikarenakan tidak adanya gugus hidroksil, sehingga air tidak dapat masuk ke dalam area interior lapisan film.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari ketiga variasi dispersant masing-masing dapat member efek stabil dalam bentuk larutan suspensi hasil refluks, tetapi untuk suspensi dari hasil redispersi kristal  $\text{TiO}_2$  yang dihasilkan belum dapat memberikan efek stabil yang maksimal. Namun demikian endapan/ agregat yang terbentuk dalam waktu beberapa hari tersebut dapat dihilangkan kembali dengan cara pengocokan, pengadukan, atau sonikasi.
2. Karakterisasi  $\text{TiO}_2$  dengan X-Ray Difraktometer (XRD) menunjukkan berturut-turut bahwa  $\text{TiO}_2$  yang terbentuk memiliki struktur anatase
3. Karakterisasi  $\text{TiO}_2$  dengan *Diffuse Reflectance* Spektrometri UV – Vis menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis mengalami blue shift ke arah panjang gelombang yang lebih pendek dibandingkan dengan  $\text{TiO}_2$  Degussa sebagai material referensinya.
4. Karakterisasi  $\text{TiO}_2$  dengan FTIR menunjukkan bahwa gugus organik dari dispersant yang digunakan masih tampak pada  $\text{TiO}_2$  yang dikeringkan pada suhu kamar dan T 100 °C.
5. Sifat superhidrofilik terbaik diperoleh pada lapisan film  $\text{TiO}_2$  dari redispersi suspensi  $\text{TiO}_2$  dengan dispersan Triton X 100, dimana sudut kontakya mendekati 0°.

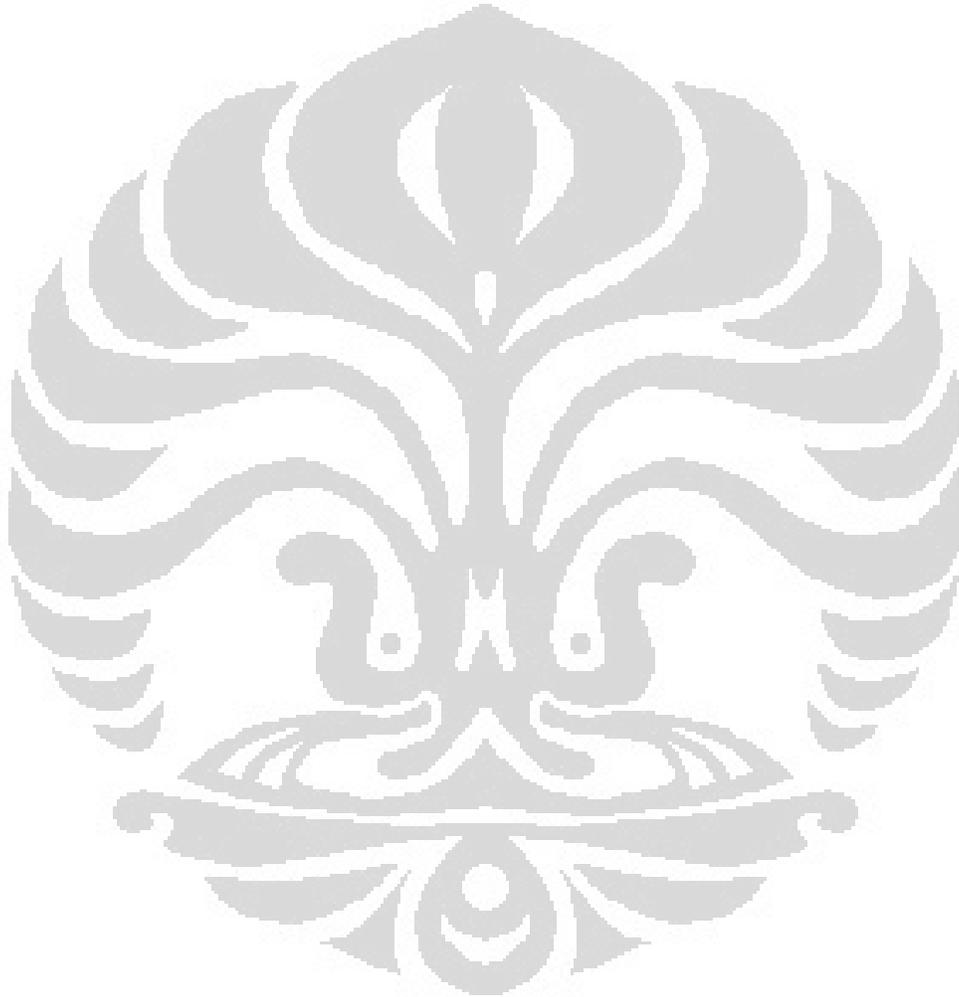
#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat dikemukakan adalah :

1. Perlu diteliti lebih lanjut tentang stabilitas suspensi  $\text{TiO}_2$  menggunakan dispersant kationik ataupun anionik. Karena ketiga dispersant ini merupakan dispersant nonionic. Sehingga akan diketahui pengaruh sifat

dispersant terhadap stabilitas suspensi nanopartikel TiO<sub>2</sub> dalam medium air.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang uji fotokatalitik TiO<sub>2</sub> dengan adanya dispersan untuk degradasi indoor polutan seperti formaldehida dan lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

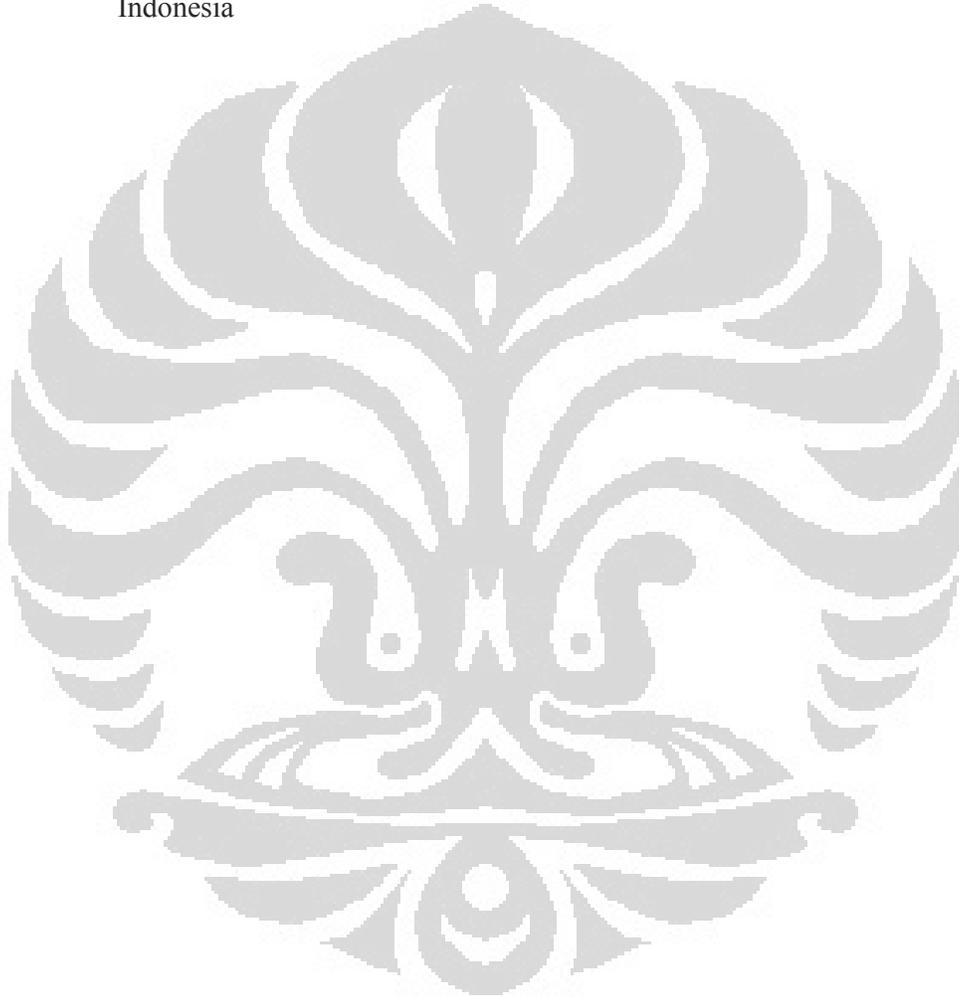
- Abdullah, Mikrajuddin, Yudistira Virgus, Nirmin, dan Khairurrija (2008), *Review : Sintesis Nanomaterial*, Jurnal Nanosains & Nanoteknologi, Vol. 1 No.2
- Ahonen, P. (2001). Aerosol Production and Crystallization of Titanium Dioxide from Metal Alkoxide Droplets. *Dissertation*. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT), Technical Research Centre of Finland.
- Alphonse, Piere., Bleta Rudina., Soules, Regis., *Effect of PEG on Rheology and Stability of Nanocrystalline Titania Hydrosols*, Universite De Toulouse, France
- Amy L. Linsebigler, Guangquan Lu, and John T. Yates, Jr.(1995), *Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results*, Chem Rev 95: 735-758
- Attar, A.S., Ghamsari, M.S., Hajiesmaeilbaigi, F., dan Mirdamadi, S. (2008). *Modifier Ligands Effects on The Synthesized TiO<sub>2</sub> Nanocrystals*. *J. Matter Sci*, 43, 1723-1729.
- Bing, Peng., Yi, Huan., Yuan, Chai Li., Liang, Li Guo., Ming, Cheng Ming., Fei, Zhang Xiao, (2007), *Influence of Polymer dispersants on dispersion stability of nano-TiO<sub>2</sub> aqueous Suspension and Its Application in Inner Wall Latex Paint*, Springer, Journal Central South University, China.
- Chen, Xiaobo., Mao, S Samuel., (2007), *Titanium Dioxide Nanomaterial: Synthesis, Properties, Modification, and Application*, Chem Rev, 107 : 2891 - 2959
- Choi, Hyeok., Stathatos, Elias, Dionysiou, D Dyonisios, (2006), *Synthesis of nanocrystalline photocatalytic TiO<sub>2</sub> Thin Films and Particles, using sol-Gel Method Modified with nonionic surfactant*, Science Direct, Thin Solid Films 510 : 107-114
- Feng, Ming Chang, Yu-Jane Sheng, Hu Chen, Heng Kwong Tsao, (2007), *From superhydrophobic to superhydrophilic surfaces tuned by surfactant solution*, Physics Letter 91, 094108, American Institute of Physic.

- French, R.A., Jacobson, A.R., Kim, B., Isley, S.L., Penn, R.L., dan Baveye, P.C. (2009). Influence of Ionic Strength, pH, and Cation Valence on Aggregation Kinetics of Titanium Dioxide Nanoparticles. *Environ. Sci. Technol.*, 43, 1354-1359.
- Fujishima, A., Hashimoto, K., & Watanabe, T. (1999). *TiO<sub>2</sub> Photocatalysis Fundamentals and Applications*, BKC, Inc, Japan.
- Gunlazuardi, Jarnuzi, (2007), *Bahan Kuliah Fotokatalisis*, Program Pasca Sarjana, Departemen Kimia, Universitas Indonesia
- Guzman, K.A.D., Finnegan, M.P., dan Banfield, J.F. (2006). Influence of Surface Potential on Aggregation and Transport of Titania Nanoparticles. *Environ. Sci. Technol.*, 40, 7688-7693.
- Hardeli. (2008). Evaluasi Reaksi Degradasi Fotokatalisis Asam Palmitat dan Asam Oleat pada Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> yang Dilekatkan di Atas Substrat Gelas. *Disertasi*, Ilmu Kimia Program Pascasarjana, FMIPA UI.
- Hatch, Jeremy (2006), *switchable surface; Superhydrophilic to Superhydrophobic*, Literature Seminar
- Jannah, W. W. (2010). Preparasi dan Karakterisasi Titanium Dioksida : Pengembangan Metode Dispersi Partikel Titanium Dioksida dalam Air. *Skripsi Sarjana Ilmu Kimia*, FMIPA UI.
- Jean-Louis SALAGER, (2002), *Surfactant Types and Uses*, Universidad de Los Andes, Venezuela
- Kuang Liao, leo Chau., Chang Hsuan., Kuang Yang, Thomas Chun., Huang, Chien Lung, (2007), *Effect of Poly(ethilene glycol) additivies on Photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> Film Prepared By Sol-Gel Processing and Low Temperature Treatment*, Science Direct, Journal of The Chinese Institute of Chemical Engineers, 39 : 237-242
- Luca, Victoria., Watson, Jonathan N., RuschenaMartin., Knott, B Robert, (2006), *Anionic Surfactant Templated Titanium Oxide Mesophase : Synthesis, Characterization, and Mechanism of Formation*, Chem Mater, 18 : 1156-1168

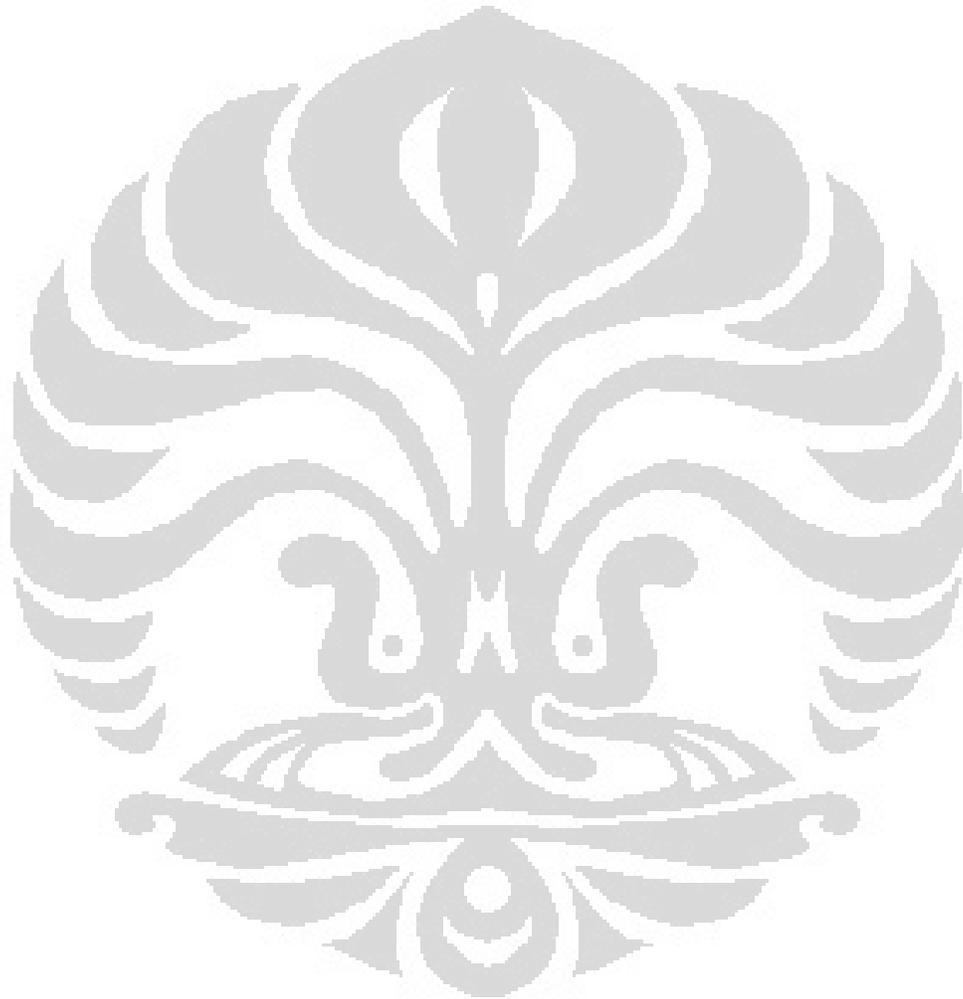
- Mikrajuddin Abdullah, (2008), *Review : Sintesis Nanomaterial*, Jurnal Nanosains & Nanoteknologi, Vol. 1 No.2
- Oh, Song-Taek., Lu Lianhai., Lee, Ho-In, (2006), *Intrinsic effect of H<sub>2</sub>O on Structural Characteristic of TiO<sub>2</sub> Synthesized by using polyethylene glycol as template*, Science Direct, Material Letters 60 : 2795 – 2798
- Pratama, Hendra Adhi, (2010), *Preparasi Dan Karakterisasi Suspensi Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Berbasis Medium Air*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Ilmu Kimia, Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia
- Ranogajec, Jonjaua., Radeka, Miroslava., Barkalic, Zoran., Skapin, Andreja., Zoric Dmtar, (2010), *Photocatalytic and Superhydrophilic Phenomena of TiO<sub>2</sub> Coated Clay Roofing Tiles*, CI & CEQ, 16(2), 117 - 126
- Rosen, J. Milton, (2004), *Surfactants and Interfacial Phenomena*, 3<sup>rd</sup> edition, Wiley Interscience, John Wiley & Sons, Inc.
- Sentein, C., Guizard, B., Giraud, S., Yé, C., dan Ténégal, F. (2009). Dispersion and Stability of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles Synthesized by Laser Pyrolysis in Aqueous Suspensions. *Journal of Physics: Conference Series*, 170, 012013.
- Stamate, Marius., Gabriel, Lazar, (2007), *Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self Cleaning Materials*, MOCM 13, Vol 3, Romanian Technical Science Academy.
- Subianto, Haruno., Mikrajuddin Abdullah, Khairurrijal, dan Hernawan Mahfudz, *J. Nano Saintek*. Edisi Khusus Agustus 2009
- Trung, Tran., Cho, Won Jei. Ha, Chang Sik, (2002), *Preparation of TiO<sub>2</sub> nanoparticles, in glycerol-containing Solution*, Science Direct, Material Letters 57 : 2746-2750
- Wang, P., Wang, D., Li, H., Xie, T., Wang, H., dan Du, Z. (2007). *A Facile Solution-Phase Synthesis of High Quality Water-Soluble Anatase TiO<sub>2</sub> Nanocrystals*. *J. Colloid and Interface Science*, 314, 337-340.
- Vijayalakshmi, R., Rajendran, K.V., (2010), *Influence of Surfactant on Synthesis of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles*, The Azo Journal of Materials Online

Yu, Jiago., Zhao, Xiujian., Zhao Qingnan., Wang, Gao, *Preparation and Characterization of Superhydrophilic Porous TiO<sub>2</sub> Coating Films*, Journal Materials Chemistry and Physics, Elsevier, 2009.

Yulizar, Yoki., Tresye Utari, 2004, *Kimia Permukaan*, Diklat Kuliah, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

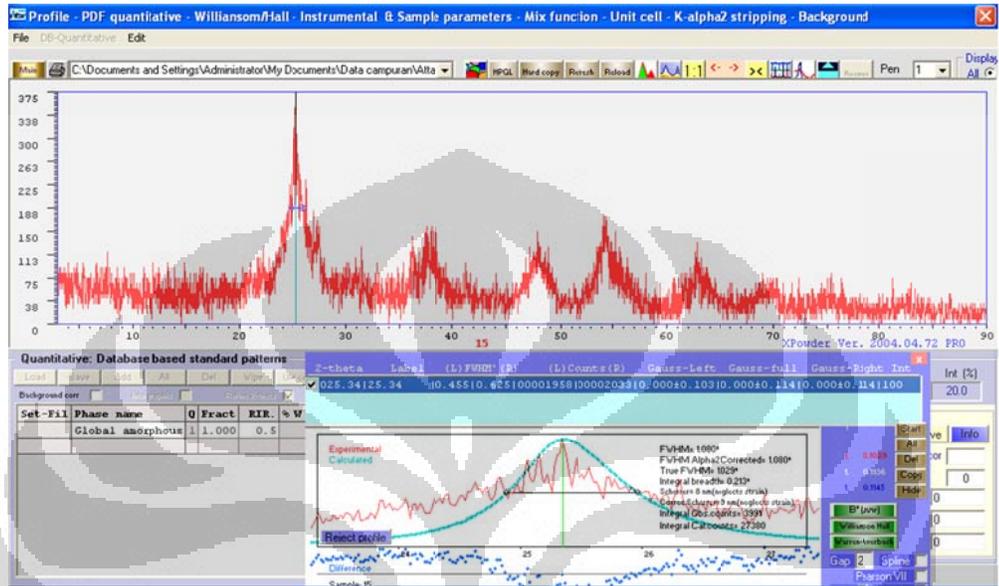


# LAMPIRAN

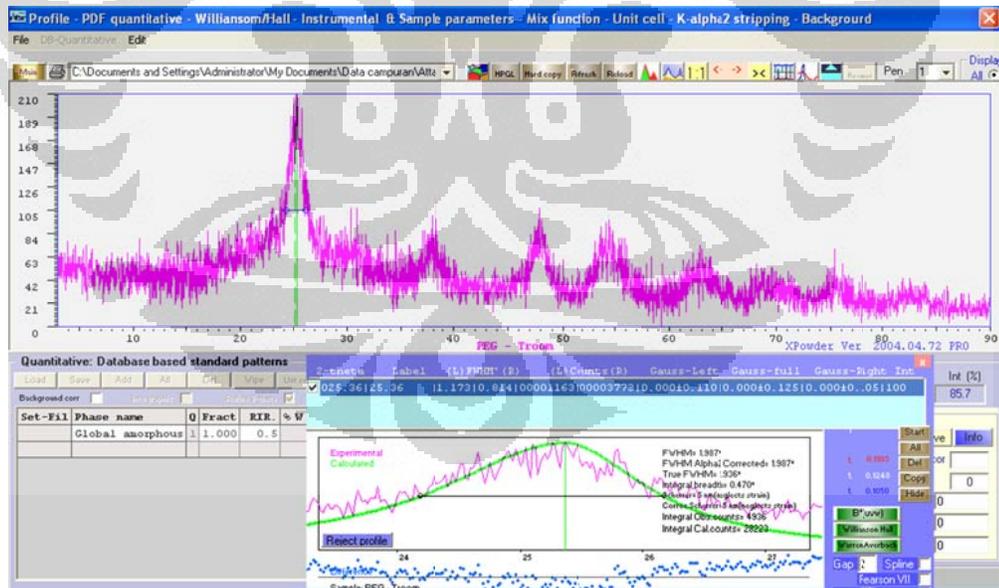


## Lampiran 2. Grafik Analisa XRD TiO<sub>2</sub> Hasil Sintesis

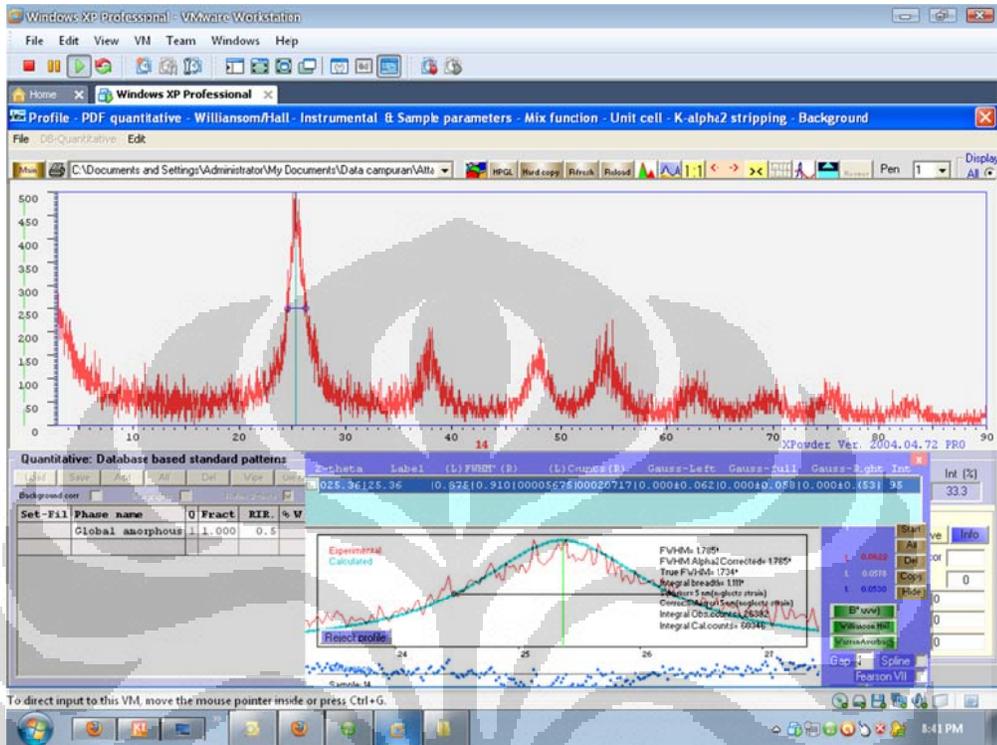
### a. Grafik XRD TiO<sub>2</sub> Komersial



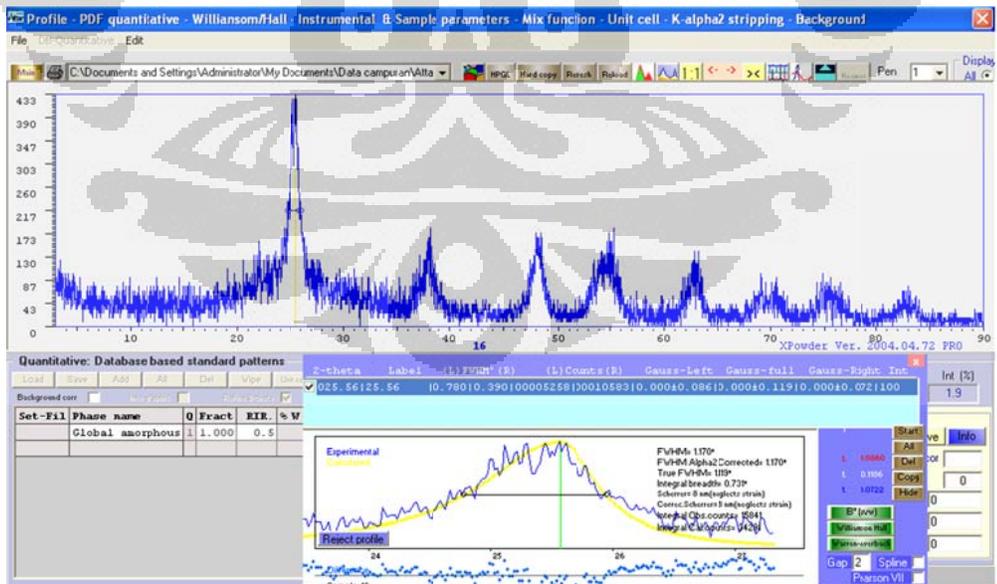
### b. Grafik XRD D1-T room



c. Grafik XRD D3-T 100



d. Grafik XRD D3-T 400



Condition Summary

S/N :

User : Common	Group : RD-PEG	Repetition : 1/1
Date : 7/7/2011	File Name : RD-PEG_20110707_144126	
Time : 14:41:26	Sample Information : RD-PEG	
SOP Name : Nanotech		Security : No Security

Version 2.31 / 2.00

Measurement Condition

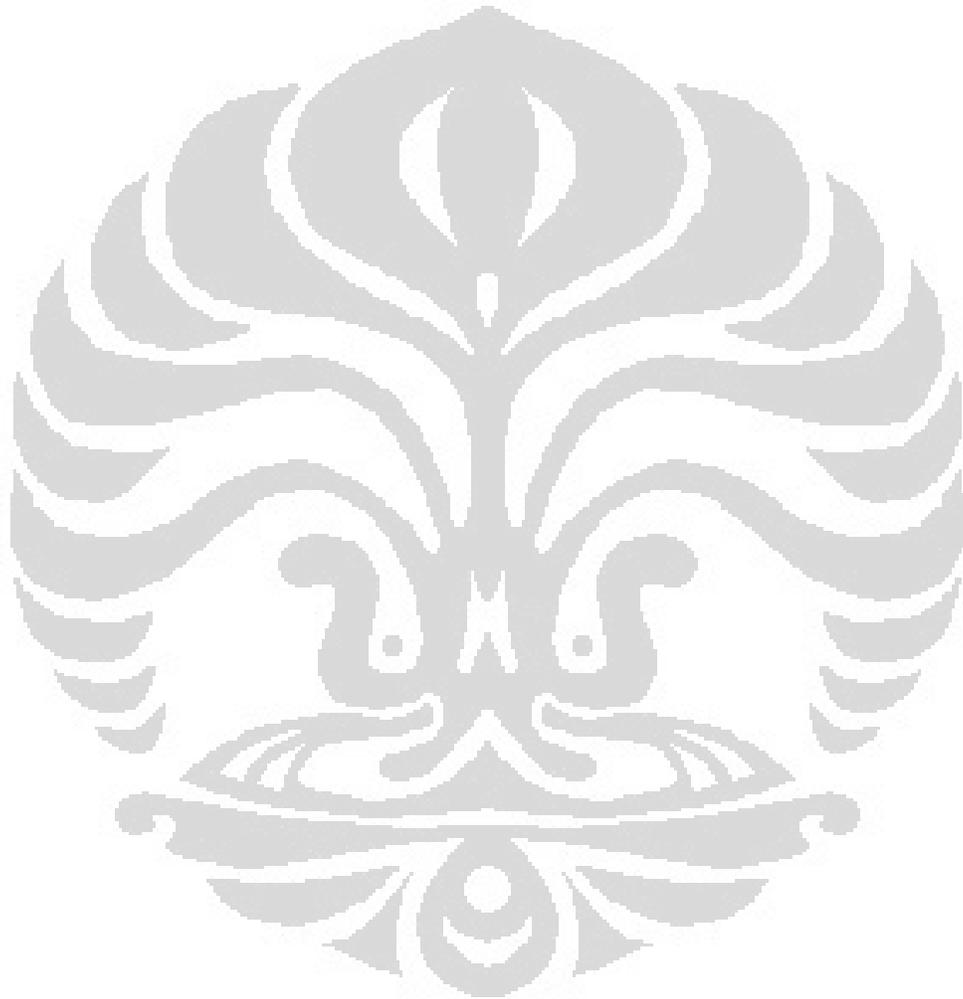
Sampling Time	: N/A	( $\mu$ s)	Correlation Method	: TD	
Correlation Channel	: 440	(ch)	Attenuator 1	: 8.12	(%)
Accumulation times	: 40	(times)	Pinhole	: 50	( $\mu$ m)
Cell Center	: Z : 6.250	(mm)			
	: X : 7.600	(mm)			
Scattering Angle	: 165.0	( $^{\circ}$ )	Temperature	: 25.0	( $^{\circ}$ C)
Diluent Name	: WATER		Viscosity	: 0.8878	(cP)
Refractive Index	: 1.3328				
Intensity	: 5568	(cps)			

Cumulants Results

Mean Diameter (d)	: 808.4	(nm)	Diffusion Constant (D)	: 6.085e-009	( $\text{cm}^2/\text{sec}$ )
Polydispersity Index (P.I.)	: 0.337		Decay Constant ( $\Gamma$ )	: 385.1	(1/sec)

Fitting Parameter

Analysis Method	: CONTIN				
Histogram Range	: 10.0 - 4000.0	(nm)	Cut	Left : 0	Right : 0
Fitting Range	: 1.003 - 2				
Noise Cut Level	: 0.3	(%)			
Residual	: 1.796e-002	[OK]			

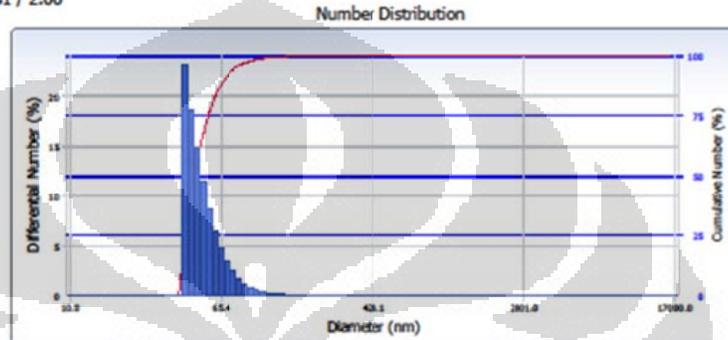


Number Distribution

S/N :

User : Common Group : RD-PEG Repetition : 1/1  
 Date : 7/7/2011 File Name : RD-PEG\_20110707\_144126  
 Time : 14:41:26 Sample Information : RD-PEG  
 SOP Name : Nanotech Security : No Security

Version 2.31 / 2.00



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	53.3	15.1
2	2,254.0	479.9
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	53.3	16.3

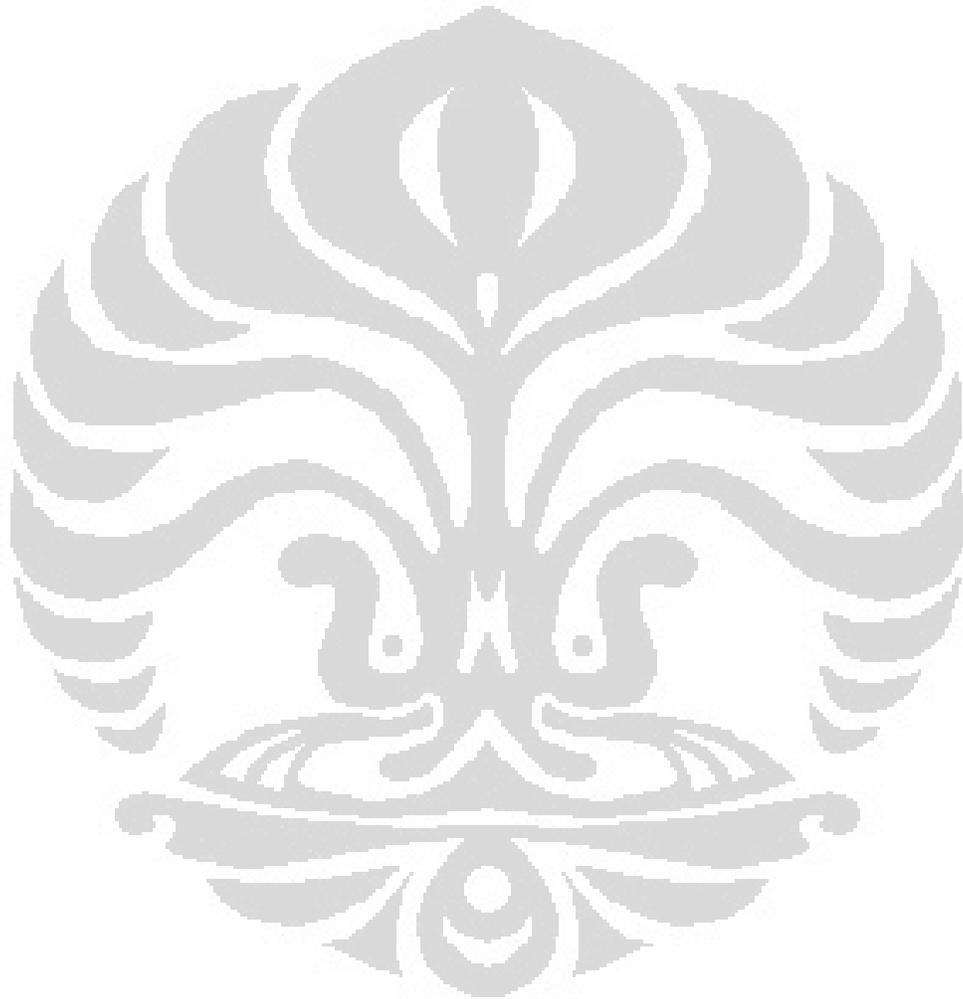
Residual : 1.796e-002 (O.K)

Cumulants Results

Diameter (d) : 808.4 (nm)  
 Polydispersity Index (P.I.) : 0.337  
 Diffusion Const. (D) : 6.085e-009 (cm<sup>2</sup>/sec)  
 Measurement Condition  
 Temperature : 25.0 (°C)  
 Diluent Name : WATER  
 Refractive Index : 1.3328  
 Viscosity : 0.8878 (cP)  
 Scattering Intensity : 5568 (cps)

Number Distribution Table

d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)
10.0	0.0	0.0	65.4	4.8	88.2	428.1	0.0	100.0	2801.0	0.0	100.0
10.8	0.0	0.0	70.5	3.5	91.7	461.5	0.0	100.0	3019.5	0.0	100.0
11.6	0.0	0.0	76.0	2.5	94.2	497.5	0.0	100.0	3255.2	0.0	100.0
12.5	0.0	0.0	82.0	1.8	96.0	536.3	0.0	100.0	3509.2	0.0	100.0
13.5	0.0	0.0	88.4	1.3	97.3	578.2	0.0	100.0	3781.0	0.0	100.0
14.6	0.0	0.0	95.3	0.9	98.1	623.3	0.0	100.0	4078.2	0.0	100.0
15.7	0.0	0.0	102.7	0.6	98.8	671.9	0.0	100.0	4396.4	0.0	100.0
16.9	0.0	0.0	110.7	0.4	99.2	724.4	0.0	100.0	4739.4	0.0	100.0
18.2	0.0	0.0	119.3	0.3	99.4	780.9	0.0	100.0	5109.2	0.0	100.0
19.7	0.0	0.0	128.7	0.2	99.6	841.8	0.0	100.0	5507.9	0.0	100.0
21.2	0.0	0.0	138.7	0.1	99.8	907.5	0.0	100.0	5937.7	0.0	100.0
22.9	0.0	0.0	149.5	0.1	99.8	978.3	0.0	100.0	6401.0	0.0	100.0
24.6	0.0	0.0	161.2	0.1	99.9	1054.7	0.0	100.0	6906.5	0.0	100.0
26.6	0.0	0.0	173.8	0.0	99.9	1136.9	0.0	100.0	7438.9	0.0	100.0
28.6	0.0	0.0	187.3	0.0	100.0	1225.7	0.0	100.0	8019.4	0.0	100.0
30.9	0.0	0.0	201.9	0.0	100.0	1321.3	0.0	100.0	8645.1	0.0	100.0
33.3	0.0	0.0	217.7	0.0	100.0	1424.4	0.0	100.0	9319.7	0.0	100.0
35.9	0.0	0.0	234.7	0.0	100.0	1535.5	0.0	100.0	10046.9	0.0	100.0
38.7	0.0	0.0	253.0	0.0	100.0	1655.4	0.0	100.0	10830.9	0.0	100.0
41.7	23.1	23.1	272.7	0.0	100.0	1784.5	0.0	100.0	11676.0	0.0	100.0
44.9	18.7	41.9	294.0	0.0	100.0	1923.8	0.0	100.0	12587.1	0.0	100.0
48.4	14.8	56.7	317.0	0.0	100.0	2073.9	0.0	100.0	13569.3	0.0	100.0
52.2	11.5	68.2	341.7	0.0	100.0	2235.7	0.0	100.0	14628.1	0.0	100.0
56.3	8.7	76.9	368.4	0.0	100.0	2410.2	0.0	100.0	15769.5	0.0	100.0
60.7	6.5	83.4	397.1	0.0	100.0	2598.2	0.0	100.0	17000.0	0.0	100.0
D (10%) : 39.9 (nm)			D (50%) : 46.8 (nm)			D (90%) : 68 (nm)					



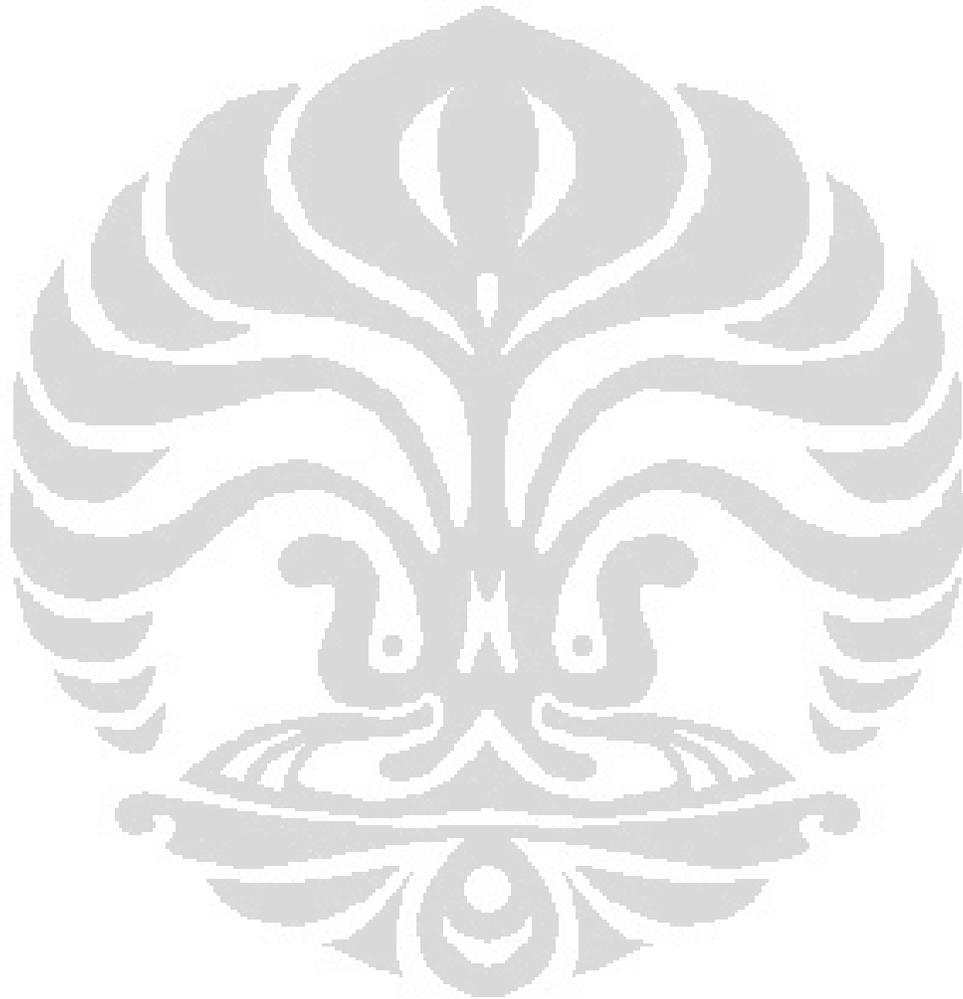
Cumulative Size Distribution Table

S/N :

User : Common	Group : RD-PEG	Repetition : 1/1
Date : 7/7/2011	File Name : RD-PEG_20110707_144126	
Time : 14:41:26	Sample Information : RD-PEG	
SOP Name : Nanotech		Security : No Security

Version 2.31 / 2.00

Cum.%	d (nm) Int. Dist.	d (nm) Vol. Dist.	d (nm) No. Dist.
5	69.0	41.4	39.3
10	90.9	44.2	39.9
15	111.9	47.3	40.6
20	133.4	50.6	41.3
25	156.5	54.3	42.0
30	181.8	58.6	42.8
35	210.0	63.5	43.7
40	242.3	69.5	44.6
45	279.9	76.9	45.7
50	324.9	86.9	46.8
55	380.6	101.6	48.0
60	452.2	127.9	49.5
65	550.4	228.6	51.1
70	697.6	1870.2	53.0
75	954.8	1999.6	55.4
80	1511.3	2171.0	58.3
85	2606.1	2409.2	62.2
90	4118.6	2789.4	68.0
95	6300.9	3530.6	78.5
100	11676.0	11676.0	4078.2



Condition Summary

S/N :

User : Common	Group : RD-TRITON	Repetition : 1/1
Date : 7/7/2011	File Name : RD-TRITON_20110707_150902	
Time : 15:09:02	Sample Information : RD-TRITON	
SOP Name : Nanotech		Security : No Security

Version 2.31 / 2.00

Measurement Condition

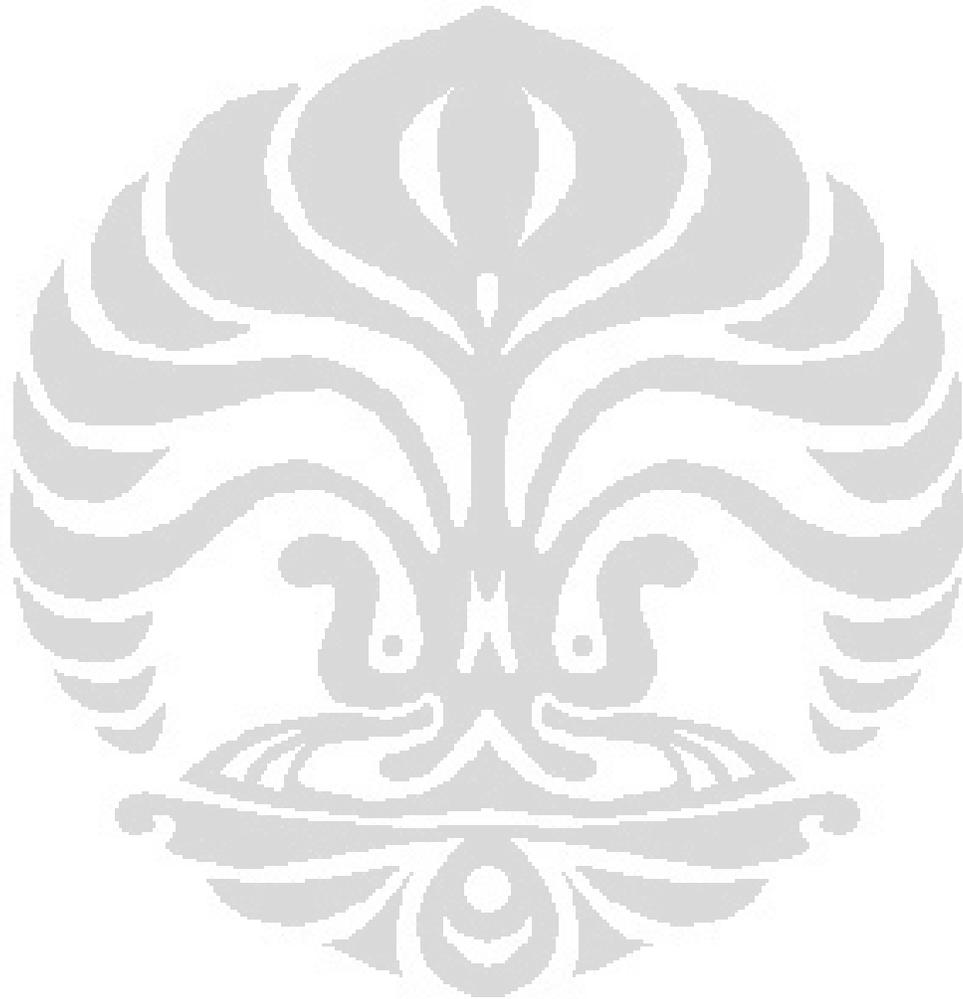
Sampling Time	: N/A	( $\mu$ s)	Correlation Method	: TD	
Correlation Channel	: 440	(ch)	Attenuator 1	: 6.52	(%)
Accumulation times	: 40	(times)	Pinhole	: 50	( $\mu$ m)
Cell Center	: Z : 6.250	(mm)			
	: X : 7.600	(mm)			
Scattering Angle	: 165.0	( $^{\circ}$ )	Temperature	: 25.0	( $^{\circ}$ C)
Diluent Name	: WATER		Viscosity	: 0.8878	(cP)
Refractive Index	: 1.3328				
Intensity	: 9993	(cps)			

Cumulants Results

Mean Diameter (d)	: 765.5	(nm)	Diffusion Constant (D)	: 6.426e-009	( $\text{cm}^2/\text{sec}$ )
Polydispersity Index (P.I.)	: 0.257		Decay Constant ( $\Gamma$ )	: 406.8	(1/sec)

Fitting Parameter

Analysis Method	: CONTIN				
Histogram Range	: 10.0 - 4000.0	(nm)	Cut	Left : 0	Right : 0
Fitting Range	: 1.003 - 2				
Noise Cut Level	: 0.3	(%)			
Residual	: 6.005e-003	[OK]			

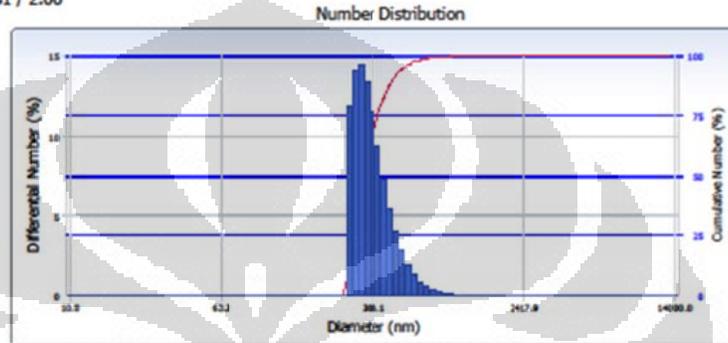


Number Distribution

S/N :

User : Common                      Group : RD-TRITON                      Repetition : 1/1  
 Date : 7/7/2011                      File Name : RD-TRITON\_20110707\_150902  
 Time : 15:09:02                      Sample Information : RD-TRITON  
 SOP Name : Nanotech                      Security : No Security

Version 2.31 / 2.00



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	393.8	104.2
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	393.8	104.2

Residual : 6.005e-003 (O.K)

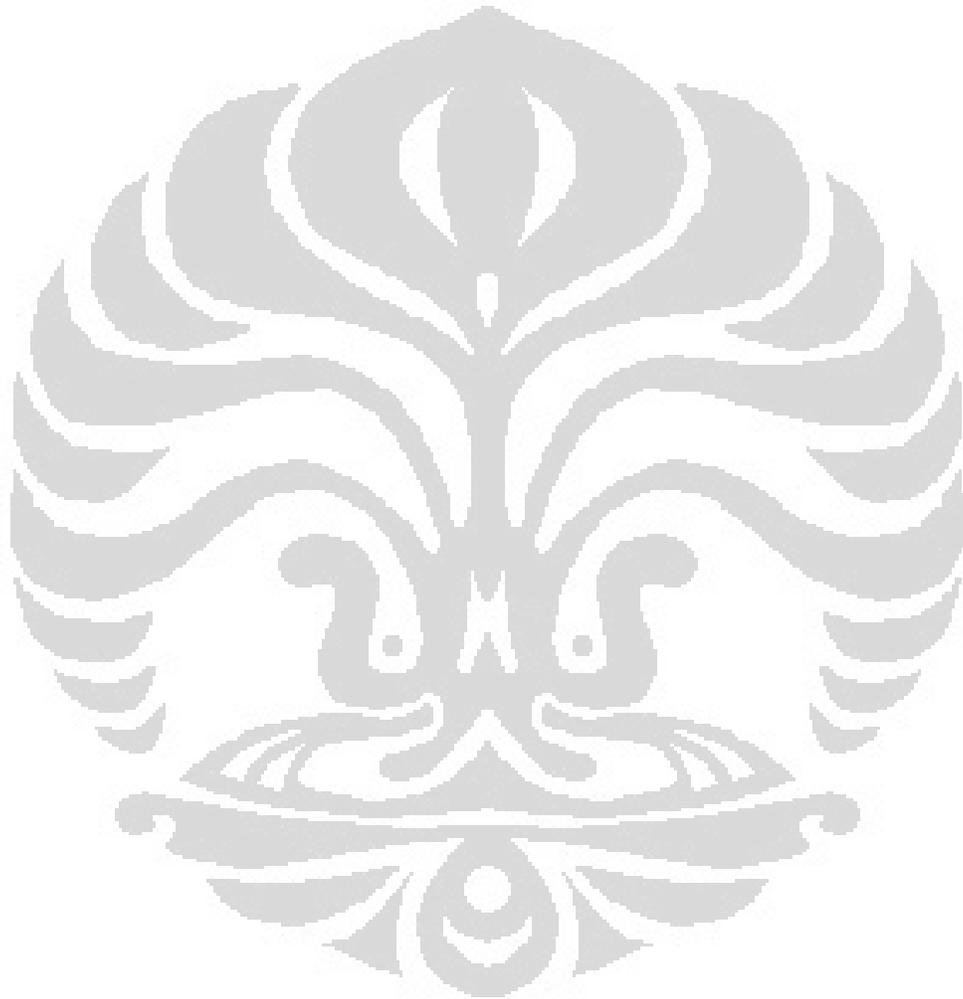
Cumulants Results

Diameter (d) : 765.5 (nm)  
 Polydispersity Index (P.I.) : 0.257  
 Diffusion Const. (D) : 6.426e-009 (cm<sup>2</sup>/sec)  
 Measurement Condition  
 Temperature : 25.0 (°C)  
 Diluent Name : WATER  
 Refractive Index : 1.3328  
 Viscosity : 0.8878 (cP)  
 Scattering Intensity : 9993 (cps)

Number Distribution Table

d (nm)	f (%)	f(cum.%)	d (nm)	f (%)	f(cum.%)	d (nm)	f (%)	f(cum.%)	d (nm)	f (%)	f(cum.%)
10.0	0.0	0.0	62.3	0.0	0.0	388.1	11.5	65.5	2417.9	0.0	100.0
10.8	0.0	0.0	67.0	0.0	0.0	417.6	9.4	74.9	2601.4	0.0	100.0
11.6	0.0	0.0	72.1	0.0	0.0	449.3	7.3	82.2	2798.9	0.0	100.0
12.5	0.0	0.0	77.6	0.0	0.0	483.4	5.5	87.6	3011.4	0.0	100.0
13.4	0.0	0.0	83.5	0.0	0.0	520.1	4.0	91.6	3240.0	0.0	100.0
14.4	0.0	0.0	89.8	0.0	0.0	559.6	2.8	94.4	3486.0	0.0	100.0
15.5	0.0	0.0	96.6	0.0	0.0	602.0	1.9	96.3	3750.6	0.0	100.0
16.7	0.0	0.0	104.0	0.0	0.0	647.7	1.3	97.6	4035.4	0.0	100.0
18.0	0.0	0.0	111.9	0.0	0.0	696.9	0.9	98.5	4341.7	0.0	100.0
19.3	0.0	0.0	120.4	0.0	0.0	749.8	0.6	99.1	4671.3	0.0	100.0
20.8	0.0	0.0	129.5	0.0	0.0	806.8	0.4	99.4	5026.0	0.0	100.0
22.4	0.0	0.0	139.3	0.0	0.0	868.0	0.2	99.7	5407.5	0.0	100.0
24.1	0.0	0.0	149.9	0.0	0.0	933.9	0.1	99.8	5818.1	0.0	100.0
25.9	0.0	0.0	161.3	0.0	0.0	1004.8	0.1	99.9	6259.8	0.0	100.0
27.9	0.0	0.0	173.5	0.0	0.0	1081.1	0.1	99.9	6735.0	0.0	100.0
30.0	0.0	0.0	186.7	0.0	0.0	1163.2	0.0	100.0	7246.3	0.0	100.0
32.2	0.0	0.0	200.9	0.0	0.0	1251.5	0.0	100.0	7796.4	0.0	100.0
34.7	0.0	0.0	216.1	0.0	0.0	1346.5	0.0	100.0	8388.3	0.0	100.0
37.3	0.0	0.0	232.5	0.0	0.0	1448.7	0.0	100.0	9025.1	0.0	100.0
40.2	0.0	0.0	250.2	0.0	0.0	1558.7	0.0	100.0	9710.3	0.0	100.0
43.2	0.0	0.0	269.2	0.0	0.0	1677.0	0.0	100.0	10447.5	0.0	100.0
46.5	0.0	0.0	289.6	11.9	11.9	1804.3	0.0	100.0	11240.6	0.0	100.0
50.0	0.0	0.0	311.6	14.2	26.1	1941.3	0.0	100.0	12094.0	0.0	100.0
53.8	0.0	0.0	335.3	14.5	40.6	2088.7	0.0	100.0	13012.2	0.0	100.0
57.9	0.0	0.0	360.7	13.4	54.0	2247.3	0.0	100.0	14000.0	0.0	100.0

D (10%) : 286.3 (nm)      D (50%) : 353 (nm)      D (90%) : 505.1 (nm)



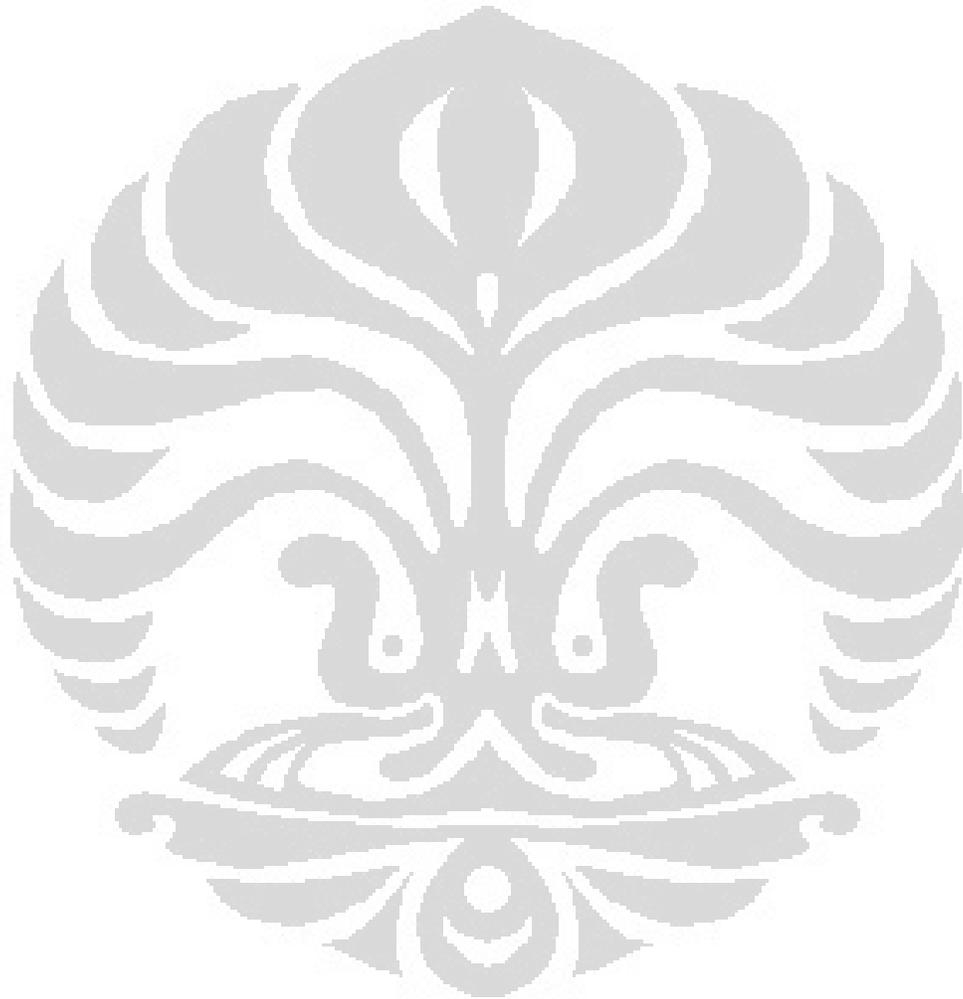
Cumulative Size Distribution Table

S/N :

User : Common	Group : RD-TRITON	Repetition : 1/1
Date : 7/7/2011	File Name : RD-TRITON_20110707_150902	
Time : 15:09:02	Sample Information : RD-TRITON	
SOP Name : Nanotech		Security : No Security

Version 2.31 / 2.00

Cum.%	d (nm) Int. Dist.	d (nm) Vol. Dist.	d (nm) No. Dist.
5	371.3	294.3	277.6
10	423.8	313.6	286.3
15	467.6	330.0	294.3
20	508.4	345.7	302.0
25	547.9	361.4	309.9
30	587.3	376.7	317.9
35	627.4	392.6	326.0
40	668.8	409.0	334.3
45	712.2	426.4	343.5
50	758.2	444.8	353.0
55	807.5	465.2	363.1
60	861.4	487.1	374.8
65	921.0	512.1	386.9
70	988.2	541.0	402.0
75	1065.6	574.8	418.1
80	1157.4	616.5	439.6
85	1272.9	671.0	466.7
90	1427.5	748.0	505.1
95	1669.0	888.1	572.7
100	2417.9	2417.9	2417.9



**Condition Summary**

S/N :

User : Common	Group : RD-EG	Repetition : 1/1
Date : 7/7/2011	File Name : RD-EG_20110707_133926	
Time : 13:39:26	Sample Information : RD-EG	
SOP Name : Nanotech		Security : No Security

Version 2.31 / 2.00

Measurement Condition

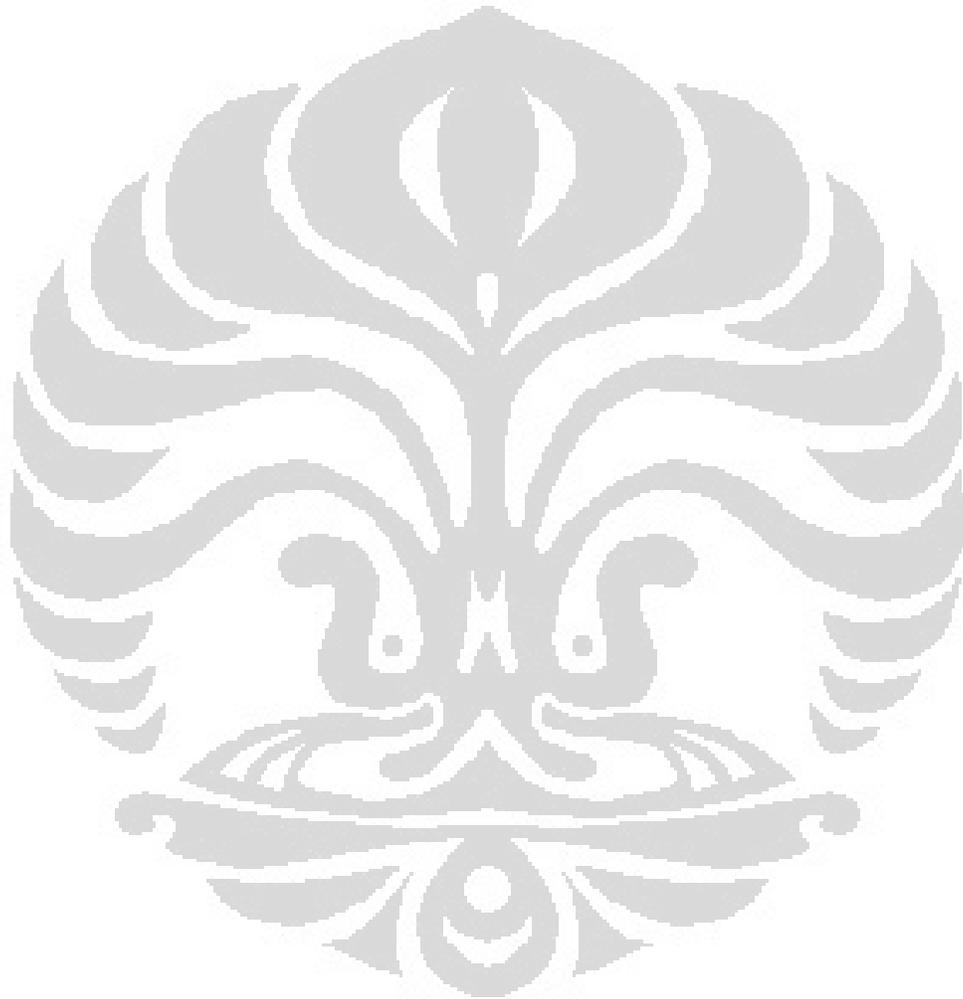
Sampling Time	: N/A	( $\mu$ s)	Correlation Method	: TD	
Correlation Channel	: 440	(ch)	Attenuator 1	: 17.53	(%)
Accumulation times	: 40	(times)	Pinhole	: 50	( $\mu$ m)
Cell Center	: Z : 6.250	(mm)			
	: X : 7.600	(mm)			
Scattering Angle	: 165.0	( $^{\circ}$ )	Temperature	: 25.0	( $^{\circ}$ C)
Diluent Name	: WATER		Viscosity	: 0.8878	(cP)
Refractive Index	: 1.3328				
Intensity	: 4060	(cps)			

Cumulants Results

Mean Diameter (d)	: 4461.1	(nm)	Diffusion Constant (D)	: 1.103e-009	( $\text{cm}^2/\text{sec}$ )
Polydispersity Index (P.I.)	: 0.424		Decay Constant ( $\Gamma$ )	: 69.8	(1/sec)

Fitting Parameter

Analysis Method	: CONTIN				
Histogram Range	: 10.0 - 4000.0	(nm)	Cut	Left : 0	Right : 0
Fitting Range	: 1.003 - 2				
Noise Cut Level	: 0.3	(%)			
Residual	: 2.527e-002	[NG]			

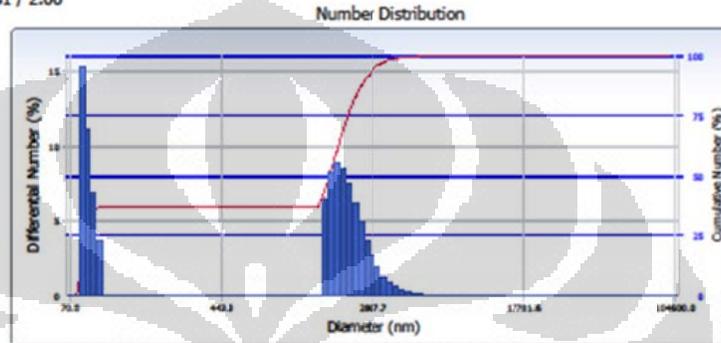


Number Distribution

S/N :

User : Common Group : RD-EG Repetition : 1/1  
 Date : 7/7/2011 File Name : RD-EG\_20110707\_133926  
 Time : 13:39:26 Sample Information : RD-EG  
 SOP Name : Nanotech Security : No Security

Version 2.31 / 2.00



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	87.4	6.6
2	2,151.4	572.6
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	1,385.7	1,095.6

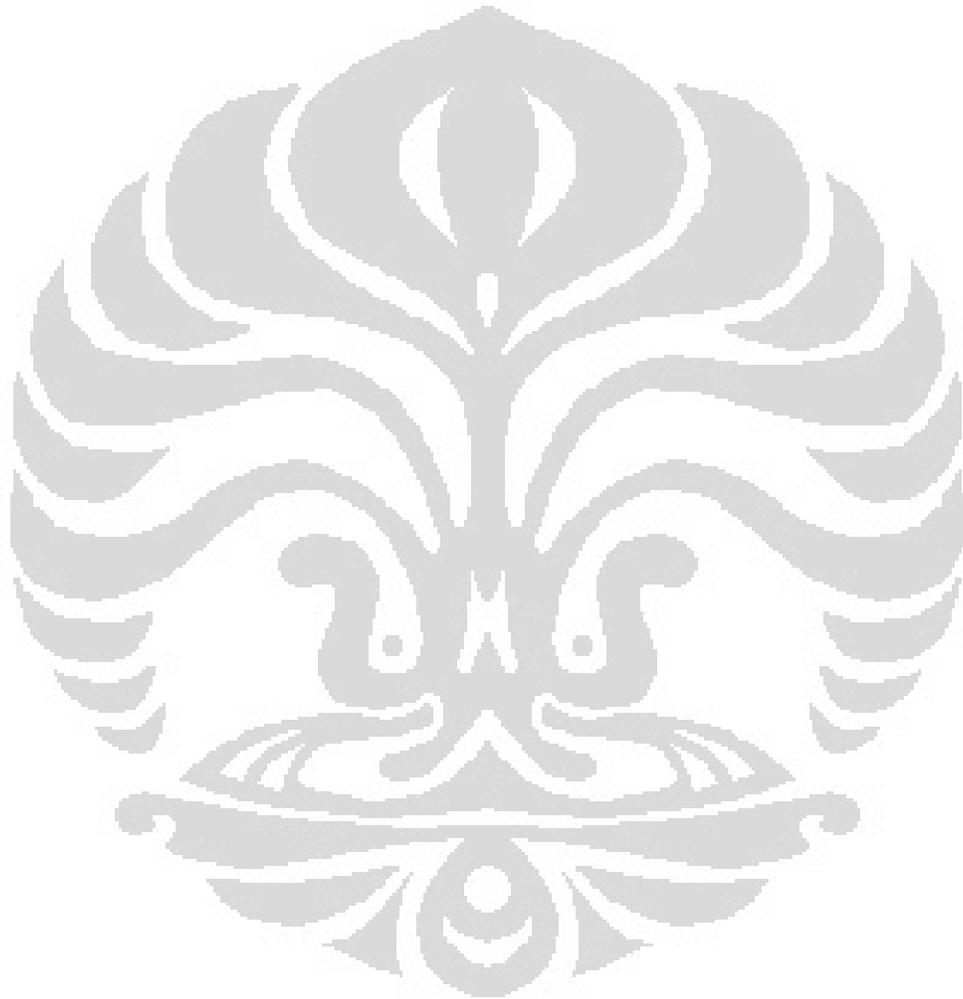
Residual : 2.527e-002 (N.G)

Cumulants Results

Diameter (d) : 4461.1 (nm)  
 Polydispersity Index (P.I.) : 0.424  
 Diffusion Const. (D) : 1.103e-009 (cm<sup>2</sup>/sec)  
 Measurement Condition  
 Temperature : 25.0 (°C)  
 Diluent Name : WATER  
 Refractive Index : 1.3328  
 Viscosity : 0.8878 (cP)  
 Scattering Intensity : 4060 (cps)

Number Distribution Table

d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)
70.0	0.0	0.0	443.3	0.0	37.1	2807.7	2.7	94.3	17781.6	0.0	100.0
75.4	0.0	0.0	477.3	0.0	37.1	3022.8	1.9	96.2	19144.2	0.0	100.0
81.1	15.4	15.4	513.9	0.0	37.1	3254.4	1.3	97.5	20611.1	0.0	100.0
87.4	11.2	26.5	553.2	0.0	37.1	3503.8	0.9	98.4	22190.5	0.0	100.0
94.0	6.9	33.4	595.6	0.0	37.1	3772.3	0.6	99.0	23890.9	0.0	100.0
101.3	3.7	37.1	641.3	0.0	37.1	4061.4	0.4	99.4	25721.5	0.0	100.0
109.0	0.0	37.1	690.4	0.0	37.1	4372.6	0.2	99.6	27692.5	0.0	100.0
117.4	0.0	37.1	743.3	0.0	37.1	4707.6	0.2	99.8	29814.5	0.0	100.0
126.4	0.0	37.1	800.3	0.0	37.1	5068.4	0.1	99.9	32099.0	0.0	100.0
136.0	0.0	37.1	861.6	0.0	37.1	5456.7	0.1	99.9	34558.7	0.0	100.0
146.5	0.0	37.1	927.6	0.0	37.1	5874.9	0.0	100.0	37206.8	0.0	100.0
157.7	0.0	37.1	998.7	0.0	37.1	6325.0	0.0	100.0	40057.8	0.0	100.0
169.8	0.0	37.1	1075.2	0.0	37.1	6809.7	0.0	100.0	43127.3	0.0	100.0
182.8	0.0	37.1	1157.6	0.0	37.1	7331.5	0.0	100.0	46431.9	0.0	100.0
196.8	0.0	37.1	1246.3	0.0	37.1	7893.3	0.0	100.0	49989.8	0.0	100.0
211.9	0.0	37.1	1341.8	0.0	37.1	8498.1	0.0	100.0	53820.4	0.0	100.0
228.1	0.0	37.1	1444.6	0.0	37.1	9149.3	0.0	100.0	57944.4	0.0	100.0
245.6	0.0	37.1	1555.3	6.4	43.5	9850.4	0.0	100.0	62384.5	0.0	100.0
264.4	0.0	37.1	1674.5	8.3	51.8	10605.2	0.0	100.0	67164.8	0.0	100.0
284.7	0.0	37.1	1802.8	8.9	60.7	11417.8	0.0	100.0	72311.4	0.0	100.0
306.5	0.0	37.1	1941.0	8.5	69.2	12292.7	0.0	100.0	77852.4	0.0	100.0
330.0	0.0	37.1	2089.7	7.5	76.7	13234.6	0.0	100.0	83817.9	0.0	100.0
355.2	0.0	37.1	2249.8	6.2	82.9	14248.8	0.0	100.0	90240.6	0.0	100.0
382.5	0.0	37.1	2422.2	4.9	87.8	15340.6	0.0	100.0	97155.3	0.0	100.0
411.8	0.0	37.1	2607.8	3.7	91.5	16516.1	0.0	100.0	104600.0	0.0	100.0
D (10%) : 79.1 (nm)			D (50%) : 1647.5 (nm)			D (90%) : 2528.7 (nm)					



Cumulative Size Distribution Table

S/N :

User : Common	Group : RD-EG	Repetition : 1/1
Date : 7/7/2011	File Name : RD-EG_20110707_133926	
Time : 13:39:26	Sample Information : RD-EG	
SOP Name : Nanotech		Security : No Security

Version 2.31 / 2.00

Cum.%	d (nm) Int. Dist.	d (nm) Vol. Dist.	d (nm) No. Dist.
5	1902.2	1600.1	77.2
10	2214.2	1711.2	79.1
15	2455.8	1807.9	81.0
20	2671.2	1894.0	83.7
25	2876.9	1980.2	86.5
30	3079.3	2065.7	90.7
35	3282.9	2152.8	97.1
40	3490.4	2242.7	1493.5
45	3705.3	2337.8	1575.7
50	3931.8	2438.0	1647.5
55	4173.2	2547.8	1719.3
60	4433.4	2667.8	1792.2
65	4717.8	2799.7	1871.1
70	5037.0	2955.3	1955.8
75	5402.2	3136.5	2054.4
80	5831.4	3357.2	2172.5
85	6360.8	3643.3	2320.7
90	7072.6	4043.9	2528.7
95	8163.8	4756.2	2888.9
100	11417.8	11417.8	11417.8

