



Universitas Indonesia

**PREPARASI PERMUKAAN BERSIFAT
SUPERHIDROFILIK DAN KONSTRUKSI PERANGKAT
EVALUASI DINAMIKA SUDUT KONTAK AIR**

SKRIPSI

**Oleh:
Rustikawati
0606069306**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Departemen Kimia
Depok
Januari 2011**



Universitas Indonesia

**PREPARASI PERMUKAAN BERSIFAT
SUPERHIDROFILIK DAN KONSTRUKSI PERANGKAT
EVALUASI DINAMIKA SUDUT KONTAK AIR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat memperoleh gelar sarjana

**Oleh:
Rustikawati
0606069306**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Departemen Kimia
Depok
Januari 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Rustikawati

NPM : 0606069306

Tanda tangan :

Tanggal : 6 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Rustikawati
NPM : 0606069306
Program Studi : S1 Kimia -Reguler
Judul Skripsi : Preparasi Permukaan Bersifat Superhidrofilik dan Konstruksi Perangkat
Evaluasi Dinamika Sudut Kontak Air

SKRIPSI INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH

Dr. Jarnuzi Gunlazuardi

Pembimbing 1

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Rustikawati
NPM : 0606069306
Program Studi : S1 Kimia -Reguler
Judul Skripsi : Preparasi Permukaan Bersifat Superhidrofilik dan Konstruksi Perangkat
Evaluasi Dinamika Sudut Kontak Air

Telah Berhasil dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Dewan Penguji

Pembimbing : Dr. Jarnuzi Gunlazuardi ()
Penguji 1 : Prof. Dr. Endang Asijati ()
Penguji 2 : Dr. Yuni Krisnandi .K ()
Penguji 3 : Dra. Tresye Utari, MSi ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Januari 2011

Kata Pengantar

Bismillahirrahmannirrahim..

Alhamdulillahirrabbi'l'amin, puji syukur penulis persembahkan kepada Allah Yang Maha Esa atas segala ridho, rahmat, kasih sayang dan hidayahNya. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad salallahu 'alaihi wassalam, teladan terbaik bagi seluruh ummat manusia.

Banyak cerita, tangis, juga tawa dalam menyelesaikan skripsi ini, namun itu semua bisa dijadikan kisah yang sangat menarik untuk kehidupan penulis yang akan datang, Insya Allah. Untuk itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Ayah dan Ibu, atas motivasi dan do'a tiada henti untuk segera menyelesaikan kuliah ini (maaf nambah 1 semester nih). Alhamdulillah amanah yang ini akan segera ananda selesaikan. Karena amanah yang lain, siap menanti.
2. Kakak-kakakku, Puji Ruswanto, Ruskin Ristiana, Sulaiman, Ana. Terima kasih atas setiap doa, semangat, nasihat, juga dukungan materiilnya selama ini. Tenang, aku akan tetap menjadi adik yang baik.
3. Bapak Dr. Jarnuzi Gunlazuardi, selaku pembimbing akademik juga pembimbing skripsi yang dengan kesabaran memberi arahan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Yuni Krisnandi dan Bapak Hedi atas setiap arahan dan masukan di progres rutin kami setiap senin siang.
5. Pak Sustrisno (Babeh Perpustakaan) atas kelonggarannya dalam meminjamkan buku selama ini. Maaf, sering terlambat mengembalikan buku.
6. Bapak Darsono, BSc selaku teknisi contact anglemeter di P3TIR BATAN.
7. Pak Antoni atas ide-idenya dalam pembuatan alat dalam skripsi ini..
8. Pak Soleh yang telah membantu mengkontruksi alat dalam skripsi ini.
9. Nany Nurul Husna dan Desi Bettivia yang telah sudi meminjamkan kamera digitalnya berminggu-minggu

10. Linda Puspita Sari yang telah meminjamkan kaca pembesar, akan jadi hak milikku sepertinya.
11. Mas Mawan atas *sput* tinta printernya.
12. Dani Kurniawan dan Andika Yudha Utomo yang telah membantu mencari *software* penghitung besar sudut.
13. Putri dan Dian yang telah mengajarkan saya matematika statistik dan menggunakan SPSS, ilmu kalian bermanfaat.
14. Rekan-rekan seperjuangan di KBI Kimia analisa, Wiwit, Nadya, kak Siti mastanah, kak Andri.
15. Rekan-rekan tim fotokatalisis S2 dan S3; Pak Hendra, Pak Irwan, Kak Destya, Pak Antoni, Pak Khalid.
16. Para Sailorchemist, yang selalu ada saat ku butuh. Terima Kasih atas semangat dan ukhuwah yang selalu di hati.
17. Teman-teman Pelangi FMIPA UI, setelah mewarnai langit MIPA, kini tiba saatnya kita mewarnai langit yang lebih luas lagi.
18. Teman-teman BPH dan Rakoor SALAM UI X3, maaf bila harus kabur-kaburan dari SALAM demi skripsi ini. Terima kasih telah mewarnai hidupku.
19. Teman-teman kimia 2009 yang atas inspirasi dan semangatnya Tsabitah, Rima, Dea, Desy, Tiol, Rara.

Dan banyak lagi, maaf tidak bisa disebutkan satu-satu disini.

Semoga amal dan kebaikan yang tulus ikhlas dibalas oleh Allah SWT. Semoga skripsi ini bermanfaat dan semoga ilmu yang saya dapatkan di kimia selama 4,5 tahun ini juga bermanfaat.

Mohon maaf atas setiap kekurangan.

Depok, Desember 2010

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Rustikawati
NPM : 0606069306
Program Studi : S1-Kimia Reguler
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

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

Preparasi Permukaan Bersifat Superhidrofilik dan Konstruksi Perangkat Evaluasi Dinamika Sudut Kontak Air

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 15 Desember 2010
Yang menyatakan

(Rustikawati)

ABSTRAK

Nama : Rustikawati
NPM : 0606069306
Program Studi : S1 Kimia -Reguler
Judul Skripsi : Preparasi Permukaan Bersifat Superhidrofilik dan Konstruksi Perangkat Evaluasi Dinamika Sudut Kontak Air

Bahan swabersih (*self cleaning*) dapat dibuat dengan merubah struktur permukaan substrat menjadi superhidrofilik atau superhidrofobik. Struktur permukaan yang bersifat superhidrofilik salah satunya dapat diperoleh dengan membuat lapisan tipis katalis TiO_2 pada permukaan kaca dengan metode *sol-gel*. Ketika permukaan kaca disinari lampu UV, semakin lama permukaan tersebut kontak dengan UV, semakin superhidrofilik permukaan kaca itu. Hal ini ditandai dari nilai sudut kontak air yang terbentuk semakin kecil yakni mendekati 0° . Pengukuran penurunan sudut kontak air di permukaan film katalis biasanya dilakukan dengan alat komersial yang dinamakan *contact anglemeter*. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan preparasi permukaan bersifat superhidrofilik dengan cara melapisi kaca preparat dengan katalis TiO_2 menggunakan metode *sol-gel*, selanjutnya peneliti mengembangkan (konstruksi) alat evaluasi sudut kontak yang akurasinya tidak berbeda secara signifikan dengan alat komersial yang sudah ada. Permukaan kaca yang dilapisi TiO_2 menunjukkan aktifitas superhidrofilik dalam waktu sekitar tiga jam setelah penyinaran UV, ini ditunjukkan dari nilai sudut kontak air yang lebih kecil dari 10° . Setelah dilakukan pengukuran sudut kontak air secara berulang antara *Face Contact Anglemeter* dan *contact anglemeter* hasil konstruksi, diperoleh kesimpulan bahwa *contact anglemeter* hasil konstruksi memiliki nilai akurasi yang tidak berbeda secara signifikan terhadap alat komersial yang telah ada.

Kata kunci : TiO_2 , superhidrofilik, sudut kontak, *contact anglemeter*

ABSTRACT

Name : Rustikawati
Student Number : 0606069306
Study Program : Bachelor-Chemistry -Regular
Title of Thesis : Preparation of Superhydrophilic Surface dan The Construction of Evaluation Device of The Water Contact Angles Dynamics.

Self cleaning materials can be created by changing the structure of the substrate surface into superhydrophilic or superhydrophobic. One of the Superhydrophilic surface structures can be obtained by making a thin layer of TiO_2 catalyst on the glass surface with the sol-gel method. When the surface of the glass irradiated UV light, the longer the surface is in contact with UV, the more superhydrophilic the glass surface. This marked the value of contact angle of water formed the less that is closer to 0° . Measurement of water contact angle decreased in the surface film of catalyst is usually done with a commercial instrument that called contact anglemeter. In this study, researchers conducted a superhydrophilic surface preparation by coating glass with TiO_2 catalysts using sol-gel method. Farther, researchers developed (construction) contact angle evaluation tools that have no significantly different from existing commercial instrument. TiO_2 -coated glass surface showed superhydrophilic activity for about three hours after UV irradiation. It is shown from the water contact angle value smaller than 10° . After the water contact angle measurements were taken repeatedly from Face Contact Angle meter and the contact anglemeter construction, we concluded that the construction contact anglemeter has no significantly difference with the commercial instrument that already exist.

Keys : contact anglemeter, superhidrophilic, TiO_2 , water contact angle,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesa	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Fenomena Pembasahan.....	4
2.2 Kemampuan Membasahi.....	5
2.3 Sifat Pembasahan	6
2.4 Pengukuran Sudut Kontak	11
2.5 Alat Pengukuran Sudut Kontak Air.....	13
2.6 Semikonduktor	13
2.7. Semikonduktor TiO ₂	15
2.7 Mekanisme reaksi fotokatalitik semikonduktor TiO ₂	16
2.8 Metoda Pelapisan TiO ₂ Pada Bahan Penyangga Kaca	18
2.9 Proses Sol Gel	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian.....	23
3.2 Metode Penelitian	
3.2.1 Pembuatan Sol TiO ₂	23
3.2.2 Preparasi Film Katalis TiO ₂	23
3.2.3 Karakterisasi Film Katalis TiO ₂ pada pelat kaca dengan SEM/EDAX .	24
3.2.4 Uji Hidrofilisitas Film Katalis TiO ₂ dengan Contact Anglemeter.....	24
3.2.5 Konstruksi Alat Evaluasi Sudut Kontak Air.....	25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Film Katalis TiO ₂	
4.1.1 Pelapisan Pelat Kaca dengan TiO ₂	26
4.1.2 Karakterisasi dengan SEM-EDX.....	27
4.2 Uji Hidrofilisitas Film Katalis TiO ₂	28
4.3 Uji Visual Film Katalis TiO ₂	29
4.4 Konstruksi Alat Evaluasi Sudut Kontak Air.....	30
4.5 Uji Akurasi.....	32

KESIMPULAN dan SARAN.....	35
---------------------------	----

DAFTAR PUSTAKA.....	36
---------------------	----

Lampiran 1.....	38
-----------------	----

Lampiran 2.....	39
-----------------	----

Lampiran 3.....	41
-----------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fenomena Pembasahan	4
Gambar 2.2 Persamaan Young	5
Gambar 2.3 Tipikal Sudut Kontak	5
Gambar 2.4 Efek Lotus Pada Daun Talas	7
Gambar 2.5 Efek Sinar UV Pada Terhadap Sudut Kontak Air pada Film TiO ₂	7
Gambar 2.6 Efek Sinar UV Pada Kaca	8
Gambar 2.7 Skema Ilustrasi Perubahan Reversibel Pada Jumlah Gugus Hidroksil Pada Film TiO ₂ di bawah sinar UV dan Kondisi Gelap	10
Gambar 2.8 Metode Pengukuran Sudut Kontak	12
Gambar 2.9 <i>Contact Anglemeter</i> Komersial.....	13
Gambar 2.10 <i>Band gap</i> energi dari beberapa semikonduktor.....	15
Gambar 2.11 Tiga struktur kristal TiO ₂	15
Gambar 2.12 Mekanisme Reaksi Fotokatalitik TiO ₂	16
Gambar 3.1 Diagram kenaikan suhu kalsinasi.....	24
Gambar 3.2 Rancangan alat evaluasi sudut kontak yang di konstruksi	25
Gambar 4.1 Grafik penambahan massa TiO ₂ pada tiap-tiap lapisan	26
Gambar 4.2 Hasil Karakterisasi film TiO ₂ dengan SEM	27
Gambar 4.3 Hasil Karakterisasi film TiO ₂ dengan EDX	28
Gambar 4.4 Pengaruh Jumlah Lapisan dan Waktu Penyinaran	28
Gambar 4.5 Uji Transparansi film TiO ₂	29
Gambar 4.6 Uji Antikabut film TiO ₂	30
Gambar 4.7 Alat evaluasi sudut kontak hasil konstruksi.....	31
Gambar 4.8 Gambar Penurunan Sudut Kontak.....	31
Gambar 4.9 Sifat superhidrofobik pada Film TiO ₂ dan daun talas	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Metode Immobilisasi Film TiO ₂	20
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Sudut kontak Air.....	33
Tabel 4.2 Nilai Mean	34



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bagian-bagian permukaan suatu gedung seperti lantai, jendela atau dinding keramik mudah sekali kotor karena selalu mengalami kontak dengan udara yang mengandung partikel debu atau polutan lain. Bila saja permukaan tersebut merupakan bahan yang bisa bersih sendiri (swabersih) dengan bantuan air, misalnya saat hujan, tentu akan mengurangi biaya pemeliharaan karena bahan tersebut akan selalu bersih dan jernih. Selain permukaan material tersebut, udara disekitarnya juga menjadi lebih bersih, karena polutan akan secara perlahan tapi pasti diurai oleh bahan swabersih tersebut. Akibatnya ruangan tetap segar dan sehat.

Permukaan swabersih bisa dibuat melalui dua cara, yaitu membuat permukaan yang superhidrofobik atau superhidrofilik. Pada permukaan superhidrofobik, air akan berbentuk tetesan karena sudut kontakannya lebih besar dari 100° sehingga tingkat kebasahan permukaan rendah. Partikel-partikel pengotor akan terbawa ketika tetesan air bergulir jatuh. Sedangkan pada permukaan superhidrofilik, air cenderung menyebar rata pada permukaan bahan daripada membentuk partikel-partikel berupa butiran. Hal ini disebabkan oleh sudut kontak air dengan permukaan rendah ($<10^\circ$) sehingga memiliki kebasahan yang tinggi [1,2]. Fujishima[4], Muthia Widyaningsih [3], Hardeli [24] dalam penelitiannya menemukan bahwa sudut kontak air di atas permukaan lapisan tipis TiO_2 turun menjadi sekitar 10° , semakin besar kekuatan cahaya UV yang diberikan maka penurunan sudut kontak air semakin cepat [3]. Sifat ini bisa diaplikasikan untuk kaca yang tidak berkabut (*anti fogging*).

Permukaan superhidrofilik mempunyai afinitas yang lebih tinggi terhadap air daripada terhadap minyak, sehingga pengotor-pengotor berminyak yang menempel di permukaan bahan dengan mudah akan lepas, misalnya oleh air hujan [4,5]. Inilah yang membuat kaca selalu bersih dan jernih.

Penelitian tentang metode pelapisan telah banyak dipublikasikan. Beberapa metode telah dipergunakan untuk membuat lapisan tipis (film) TiO_2 , seperti *spray pyrolysis*, *dip-coating*, CVD (*chemical vapour deposition*), sol-gel atau MOCVD (*metal organic chemical vapour deposition*), dan APCVD (*atmospheric pressure vapour deposition*) [6], namun diantara metode diatas, metode *sol-gel* merupakan metode yang terbukti paling mudah dan efisien. Keaktifan fotokatalitik biasanya dipengaruhi oleh struktur kristal, luas permukaan, ukuran partikel, porositas dan ketebalan film TiO_2 . Kuantitas tersebut akan berbeda tidak hanya dengan bahan awal yang dipakai, tetapi juga dengan metode pelapisan, proses pengeringan dan perlakuan panas. Film fotokatalisis harus memperlihatkan aktivitas fotokatalitik yang tinggi selain transparansi yang baik. Transparansi merupakan parameter kunci dalam kasus ini, karena ketika ingin mengaplikasikan film fotokatalisis diatas jendela kaca, maka film tersebut harus transparan sehingga tidak merusak pandangan mata [7]. Disamping itu, fotokatalis juga harus melekat erat pada permukaan kaca sehingga tidak mudah dilepas.

Untuk memperoleh film TiO_2 dengan sifat-sifat yang diinginkan, yakni transparan, melekat erat pada bahan penyangga, dan memiliki aktifitas yang tinggi terhadap cahaya maka dibuatlah preparat kaca yang dilapisi dengan TiO_2 dengan metode *sol-gel* yang kemudian dikalsinasi. Setelah itu kaca diuji sifat hidrofilitasnya dengan mengukur sudut kontak terhadap air.

Pengukuran sudut kontak dari tetesan air adalah cara yang cepat dan sederhana untuk mengetahui jenis sifat permukaan dari zat padat dan mampu mengevaluasi kebersihan permukaan padat. Namun, alat untuk mengukur sudut kontak di pasaran sangat mahal, sehingga dilakukan pembuatan alat evaluasi pengukuran sudut kontak yang diharapkan dapat mengukur secara akurat, cepat, dan memiliki presisi tinggi.

1.2 Perumusan Masalah

- Dalam pembuatan kaca swabersih dengan cara melapiskan sol TiO_2 pada permukaan kaca, diperlukan persyaratan untuk terapannya yakni film katalis TiO_2 harus tetap transparan dan mempunyai aktivitas fotokatalitik

yang baik. Untuk menetapkan cara preparasi agar diperoleh film TiO₂ seperti yang disebutkan tadi, maka dilakukan studi variasi jumlah pelapisan sol TiO₂ dan cara karakterisasinya. Salah satu karakterisasi film TiO₂ tersebut dilakukan dengan mengukur sudut kontak air di atas permukaan film tersebut, yang dapat memberikan gambaran hidrofilitasnya.

- Pengukuran penurunan sudut kontak air di permukaan film katalis biasanya dilakukan dengan alat komersial yang dinamakan *Contact Anglemeter*. Pada prinsipnya cara pengukuran dilakukan dengan mengukur sudut kontak atau lengkungan tetes air dengan kaca preparat yang telah dilapisi TiO₂.
- Dalam penelitian yang dilaporkan ini, peneliti mengembangkan (konstruksi) alat ukur sudut kontak yang akurasinya tidak berbeda jauh dengan alat komersil yang sudah ada

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- Membuat film TiO₂ yang transparan, memiliki aktivitas tinggi, yang melekat erat pada bahan penyangga kaca
- Mengembangkan atau mengkonstruksi alat evaluator sudut kontak yang sederhana dan akurasinya tidak berbeda secara signifikan dengan alat yang ada, kemudian melakukan uji di atas permukaan yang bersifat superhidrofilik dan superhidrofobik.

1.4 Hipotesa

- Permukaan kaca yang dilapisi film TiO₂ dengan metode *sol-gel* akan menunjukkan aktivitas superhidrofilik ketika disinari cahaya UV.
- Alat evaluator sudut kontak hasil konstruksi dapat digunakan untuk pengukuran sudut kontak air dalam reaksi fotokatalisis karena memiliki nilai akurasi yang tidak berbeda secara signifikan dengan alat komersil yang ada

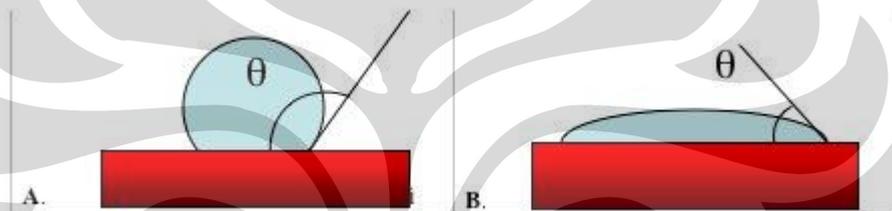
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fenomena Pembasahan

Ketika permukaan suatu zat padat mengalami kontak dengan cairan, terjadilah suatu fenomena yang disebut pembasahan. Fenomena ini banyak terjadi di sekitar kita, dan dapat dijadikan acuan sifat permukaan zat padat atau jenis cairan apa saja yang mengalami kontak tersebut.

Contoh fenomena pembasahan dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fenomena Pembasahan A: Pembasahan permukaan gelas oleh merkuri, B : Pembasahan permukaan gelas oleh air [8]

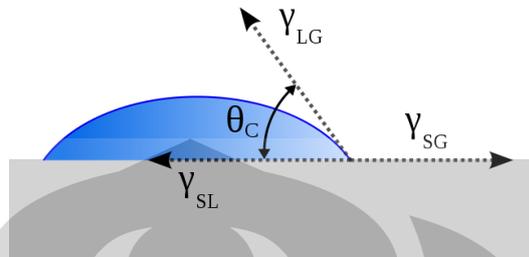
Dua gambar di atas memperlihatkan permukaan gelas ditetesi dengan dua jenis cairan yang berbeda, air dan merkuri. Dalam gambar tersebut, terdapat sudut (θ) antara permukaan gelas dan garis tangen ditarik dari permukaan gelas sepanjang permukaan tetesan air atau merkuri, sudut tersebut dinamakan sudut kontak.

Dengan kata lain definisi sudut kontak, θ , adalah ukuran kuantitatif dari suatu cairan untuk mampu tersebar di permukaan padatan. Secara geometris bisa dijelaskan sebagai sudut yang dibentuk oleh cairan pada batas dari tiga fasa dimana cairan, gas dan solid saling berpotongan (Gambar 2.1).

Dalam fenomena pembasahan ini, dapat disimpulkan harga θ yang kecil menunjukkan banyak pembasahan yang terjadi (air menyebar di permukaan zat padat). Begitu pula sebaliknya, harga θ yang besar menunjukkan sedikit terjadi

pembasahan. Nilai θ lebih besar dari 90° disebut non-pembasahan dan nilai θ sama dengan 0° menunjukkan terjadi pembasahan sempurna. [9]

Sudut kontak dapat dinyatakan berdasarkan **persamaan Young** diberikan di bawah ini:



$$0 = \gamma_{SG} - \gamma_{SL} - \gamma_{LG} \cos \theta_C$$

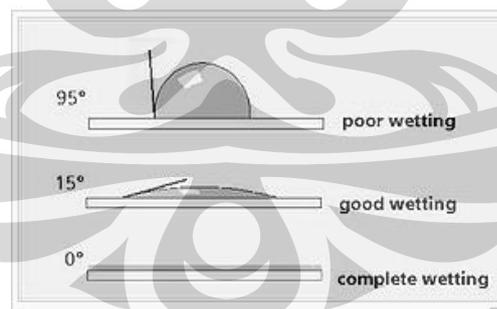
Gambar 2.2 Persamaan Young [10]

Keterangan: γ_{SG} = tegangan permukaan padat-uap

γ_{SL} = tegangan permukaan padat-cair

γ_{LG} = tegangan permukaan cair-uap

Dari data sudut kontak, sifat fisik dari interaksi antara padat dan cair, seperti afinitas, kelengketan dan *wetting ability* dapat dipelajari. Tipikal dari sudut kontak air ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tipikal Sudut Kontak [11]

2.2 Kemampuan Membasahi

Ukuran kemampuan cairan untuk membasahi permukaan padatan disebut kemampuan membasahi (*wetting ability / wettability*). Ada tiga jenis pembasahan yaitu:

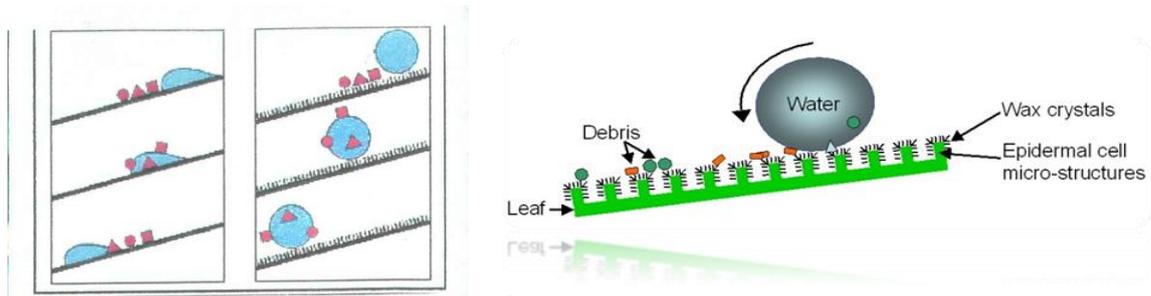
1. Pembasahan di permukaan (*spreading wetting*) adalah suatu cairan (fluida) yang kontak dengan substrat, menyebar pada permukaan substrat (padatan). Contoh: ketika tetesan etanol jatuh pada permukaan gelas, etanol akan segera menyebar lalu membentuk lapisan tipis di permukaan gelas.
2. Pembasahan adhesi (*adhesional wetting*) adalah mengontakkan secara sengaja suatu fluida ke permukaan zat padat. Misal: ketika sebuah tetesan merkuri diletakkan pada pelat gelas, merkuri kontak dengan permukaan gelas membentuk flat kecil bagian bawah.
3. Pembasahan dengan dicelupkan (*immersional wetting*) adalah padatan pada awalnya tidak kontak dengan fluida, lalu padatan tersebut dicelupkan sampai seluruhnya atau sebagiannya tenggelam di dalam fluida tersebut. Misal: ketika ujung bawah kapiler gelas dimasukkan dalam air, air akan naik sepanjang dinding dalam secara gaya kapiler atau ketika pasir kering dimasukkan dalam air, permukaan pasir tersebut menjadi basah.

2.3 Sifat Pembasahan

2.3.1 Permukaan Superhidrofobik

Permukaan superhidrofobik dengan kebasahan yang rendah dimana sudut kontak lebih besar dari 100° memiliki daya adhesi yang juga rendah. Sifat permukaan superhidrofobik terdapat pada tanaman Lotus. Tanaman ini memiliki mikrostruktur tertentu (lapisan lilin) yang mampu 'menolak' air sehingga bila air mengenai permukaan tanaman Lotus, air akan segera jatuh tergelincir. Prinsip inilah yang kemudian digunakan untuk *self cleaning*. Yakni dengan mengubah mikrostruktur suatu benda mengikuti permukaan tanaman Lotus tadi, sehingga permukaan superhidrofobik dapat dikembangkan. Penelitian telah membuktikan hubungan antara mikrostruktur, kebasahan, dan pengotor dengan menggunakan daun Lotus, maka hal ini dikenal dengan Efek Lotus. Permukaannya menunjukkan sudut kontak yang melebihi 130° , artinya daya adhesi air atau partikel lainnya berkurang. Air yang kontak dengan permukaan ini akan membentuk

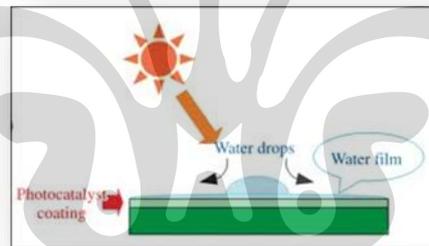
bulatan/tetes air. Partikel-partikel pengotor akan terbawa ketika tetesan air ini terjatuh. Efek Lotus ini terdapat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Efek Lotus Pada Daun Talas [12]

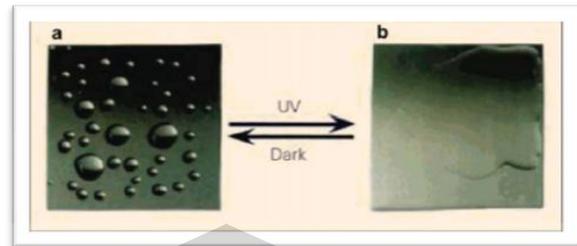
2.3.2 Permukaan Superhidrofilik

Permukaan suatu bahan yang dikontakkan dengan air, pasti akan membentuk sudut kontak beberapa puluh derajat. Kaca dan benda-benda anorganik memiliki sudut kontak 20° - 30° . Untuk plastik berkisar 70° . Hampir tidak ada benda yang memiliki sudut kontak 0° , pembasahan sempurna. [1,2,4].



Gambar 2.5 Efek Sinar UV Terhadap Sudut Kontak Air pada Permukaan TiO_2 [13]

Sudut kontak air pada lapisan tipis TiO_2 di permukaan benda adalah sekitar beberapa puluh derajat. Bila disinari dengan UV, sudut kontak akan turun dan air cenderung menyebar rata pada permukaan bahan daripada membentuk tetesan berupa butiran. Pada akhirnya sudut kontak air akan mendekati 0° , dan pada kondisi ini permukaan bahan menjadi sama sekali tidak menolak air dan dinamakan berada dalam keadaan superhidrofilik. Bahan tersebut akan tetap bersifat superhidrofilik selama beberapa jam, walau lampu UV dipadamkan. Akan tetapi bahan tersebut akan kembali menjadi hidrofobik dan kembali lagi menjadi superhidrofilik ketika disinari UV kembali [1,4]. Efek sinar UV terhadap lapisan tipis TiO_2 dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.6 Efek Sinar UV Pada Kaca : a adalah kaca yang dilapisi TiO₂ dalam keadaan gelap dan gambar b adalah kaca yang dilapisi TiO₂ setelah disinari UV [14]

Sifat inilah yang kemudian diaplikasikan untuk membuat benda yang bersifat swabersih (*self cleaning*). Misal pada lantai, kaca, tembok, atau pada cat mobil. Sifat ini juga mampu membuat sifat antikabut (*antifogging*) pada kaca spion, kaca mobil, kaca kamar mandi, juga kaca helm. Dengan adanya sifat *antifogging*, air akan menyebar dan tidak membentuk tetesan-tetesan air yang membuat buram permukaan kaca.



Sifat Antikabut [15]

Turunnya sudut kontak air pada permukaan TiO₂ disebabkan oleh terbentuknya pasangan elektron-hole, dimana *hole* bereaksi dengan oksigen sehingga terbentuk permukaan kosong oksigen dan elektron bereaksi dengan ion logam (Ti⁴⁺) sehingga terbentuk ion (Ti³⁺) permukaan perangkap elektron [1,2].



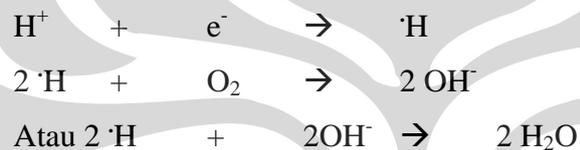
Selama penyinaran dengan UV, maka konsentrasi Ti³⁺ meningkat akibat reduksi dari Ti⁴⁺ dan Ti³⁺ yang terbentuk selanjutnya bereaksi dengan molekul oksigen.



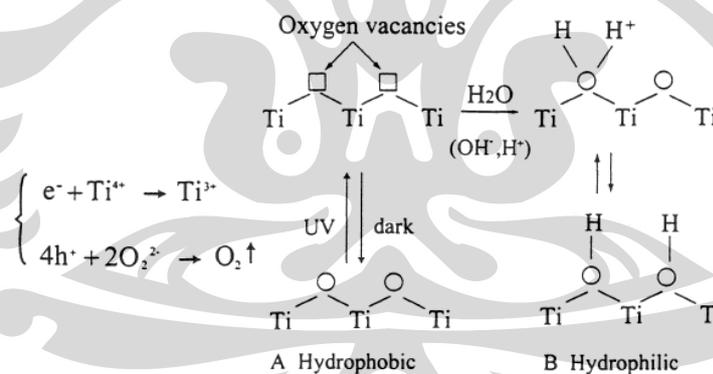
Hole (h^+) mengoksidasi oksigen yang berasal dari *bridging site oxygen* pada kristal TiO_2 . Hasil oksidasi, yaitu oksigen akan dilepaskan dan menghasilkan *oxygen vacancies*.



Dengan adanya *oxygen vacancies* ini permukaan menjadi hidrofilik karena air dapat dengan mudah mengisi tempat lowong dan menghasilkan group OH^- terabsorpsi (*chemisorbed water*) yang membentuk monolayer pada permukaan TiO_2 . H^+ dari air mengikuti reaksi di bawah ini.



Mekanisme lengkap yang terjadi digambarkan berikut ini [4]:

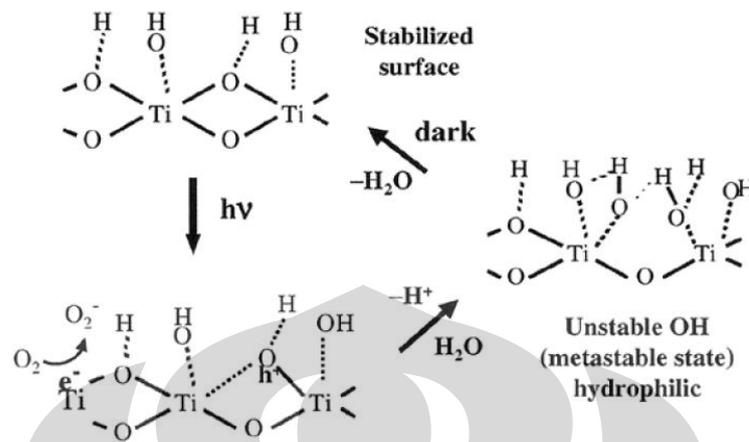


[Fujishima, 1999]

Molekul air akan mengisi tempat-tempat yang kosong oksigen, penyerapan air pun akan bertambah. Inilah yang menyebabkan terjadinya peningkatan efek hidrofilik. Namun, ketika UV dipadamkan dan oksigen cukup tersedia, maka oksigen akan kembali mengisi permukaan yang kosong tadi, dan permukaan kembali ke kondisi semula (hidrofobik).

Dari studi di atas, menunjukkan bahwa hole yang bertanggung jawab dalam menghasilkan efek superhidrofilik, bukan elektron. Fujishima dalam

jurnalnya di tahun 2007 mengusulkan mekanisme yang berbeda terkait dihasilkannya sifat superhidrofilik pada lapisan TiO_2 di bawah radiasi sinar UV.



Gambar 2.7 Skema Ilustrasi perubahan reversibel pada jumlah grup hidroksil pada film TiO_2 di bawah sinar UV dan kondisi gelap [26]

Ilustrasi di atas menjelaskan bahwa *hole* diperoleh dari bulk difusi TiO_2 pada permukaan dan terjebak pada sisi oksigen kisi. Sebagian besar *hole* ini kemudian bereaksi dengan senyawa organik yakni teradsorpsi secara langsung, atau *hole* ini terserap air menghasilkan radikal hidroksil. Namun sebagian kecil dari *hole* ini mungkin bereaksi dengan TiO_2 itu sendiri, yakni memecahkan ikatan antara kisi titanium dan ion oksigen karena adanya koordinasi molekul air pada titanium. Koordinasi molekul air ini melepaskan proton untuk menyeimbangkan muatan, sehingga terbentuklah gugus OH yang baru yang selanjutnya meningkatkan jumlah gugus-gugus OH pada permukaan. Ini menunjukkan bahwa koordinasi tunggal gugus-gugus OH yang dihasilkan dari radiasi sinar UV kurang stabil bila dibandingkan dengan koordinasi ganda gugus-gugus OH. Sehingga tegangan permukaan pada permukaan TiO_2 yang dilapisi gugus OH yang kurang stabil lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan TiO_2 yang dilapisi gugus-gugus OH awal. Dengan demikian permukaan TiO_2 yang tidak stabil ini akan cenderung bersifat hidrofilik.

Penelitian yang dilakukan oleh Muthia Widyaningsih [3] menjelaskan bahwa sudut kontak air di atas permukaan lapisan tipis $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ turun menjadi sekitar 10° . Semakin besar kekuatan cahaya UV yang diberikan, maka penurunan sudut kontak air semakin cepat. Hasil lainnya adalah bila lapisan $\text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$ diletakkan di tempat gelap, maka sudut kontak mencapai 70° dalam waktu 2 jam.

Permukaan benda yang dilapisi TiO_2 inilah yang kemudian diaplikasikan untuk *self cleaning*. Ketika bersifat hidrofilik, permukaan benda memiliki afinitas yang tinggi terhadap air, sehingga kotoran zat organik (minyak, mikroorganisme), dapat dengan mudah dibersihkan tanpa harus menggunakan bahan kimia. Begitu pula ketika bersifat hidrofobik, dimana air ketika dialirkan ke permukaan, akan segera tergelincir seraya membawa partikel-partikel pengotor.

2.4 Pengukuran Sudut Kontak

Ada lima teknik umum yang dapat digunakan untuk mengukur sudut kontak. Hal ini dapat dilihat dalam Gambar 2.8. Teknik ini dipilih terutama pada geometri dan lokasi dari permukaan atau lapisan untuk dipelajari.[8]

a. Metode statis atau *Drop Sessile*

Teknik yang paling umum digunakan adalah metode *drop* statis atau *Sessile* (Gambar 2.8a). Dilakukan dengan penambahan tetesan cairan berturut-turut sampai cembungan di sudut kontak tercapai. Cembungan ini dikenal sebagai "maju sudut kontak". Segera setelah percobaan sudut kontak maju, akan didapatkan nilai "sudut kontak surut" dengan memantau sudut kontak sebagai tetesan setara volume cairan yang berturut-turut ditarik kembali dari tetesan itu. Penting untuk memahami bahwa maju dan mundur sudut biasanya tidak sama. Ada biasanya tingkat tinggi histeresis eksperimental yang dihasilkan dari sampel pra-hidrasi, kekasaran permukaan, heterogenitas kimia, penguapan dan / atau gerakan molekul. Jadi, sudut kontak surut memungkinkan seseorang untuk mengukur tingkat histeresis melekat pada permukaan sampel.

b. Metode *Plat Wilhemly*

Metode *Plat Wilhemly* (Gambar 2.8b) sangat ideal untuk sampel yang memiliki dua sisi permukaan yang perlu diuji dalam kondisi suhu yang dikontrol. Karena pada permukaan tertentu ada yang sangat peka terhadap suhu (suhu-sensitif), mereka hidrofobik pada satu suhu dan hidrofilik di suhu lain. Suhu dari gelas air lebih mudah untuk dipantau dan dijaga pada suhu konstan daripada suhu pada tetesan cairan. .

c. Metode *Captive Gelembung Udara*

Metode ini (Gambar 2.8c) adalah alternatif dari metode *plate Wilhemly*. Dalam metode ini, sudut kontak diukur pada bagian dalam gelembung udara dan permukaan padat yang tenggelam. Metode ini pun suhu dapat dikendalikan.

d. Metode *Rise Kapiler*

Metode *rise kapiler* (Gambar 2.8d) cocok dilakukan untuk pengukuran sudut kontak pada sampel bahan tabung dan *coating*. Suhu dapat dipertahankan dalam metode ini dalam periode waktu yang singkat.

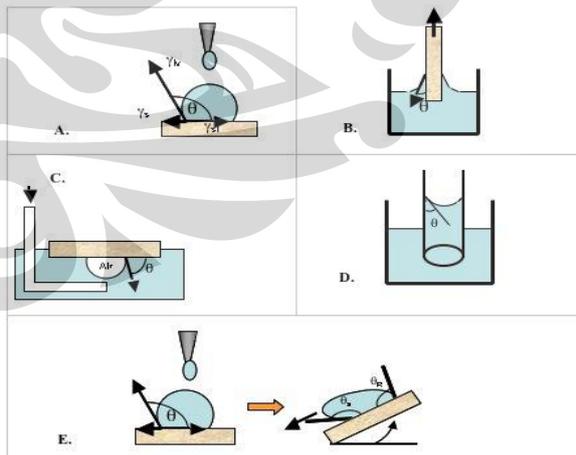
e. Metode *Sloping-drop*

Pengukuran *sloping-drop* (Gambar 2.8e) dilakukan dengan cara menambahkan tetesan air ke permukaan, kemudian dimiringkan hingga bergerak maju-mundur. Selanjutnya sudut kontak permukaan diukur pada saat dimiringkan sampai tetesan mencapai titik di mana hampir bergerak. Teknik ini berguna untuk mengukur "surut dan maju" sudut kontak pada saat yang sama.

Secara umum, pengukuran sudut kontak berfungsi sebagai teknik awal yang baik untuk karakterisasi permukaan. Namun, nilai pengukuran sudut perlu dianalisis dengan hati-hati karena sejumlah faktor termasuk kesalahan operator, kekasaran permukaan, heterogenitas permukaan, terkontaminasi cairan, dan geometri sampel dapat mempengaruhi hasil secara keseluruhan.

Metode Pengukuran Sudut Kontak [8]

- (a.) *Sessile drop.*
- (b.) *Wilhelmy plate*
- (c.) *Captive air bubble*
- (d.) *Capillary rise*
- (e.) *Sloping-Drop*



Gambar 2.8

2.5 Alat Pengukuran Sudut Kontak Air

Alat pengukuran sudut kontak air yang kini beredar di pasaran memiliki berbagai macam bentuk dan variasi, namun pada prinsipnya, alat ini memiliki susunan alat yang sama dan cara kerja yang tidak jauh berbeda.

Alat pengukuran sudut kontak (*Contact Anglemeter*) pada umumnya memiliki prinsip kerja mengukur besar sudut yang terbentuk dari tetesan air yang dijatuhkan pada permukaan benda yang akan diukur tingkat kebasahannya (*wettability*). Oleh karena itu, alat ini umumnya terdiri dari :

- *Syringe* sebagai penetes air pada permukaan preparat
- Lensa focus untuk mengamati besar tetesan
- Tempat spesimen
- Sumber cahaya
- *Protractor* (pengukur besar sudut), biasanya disatukan pada lensa.

Gambar 2.9 adalah contoh-contoh *Contact Anglemeter* yang berada di pasaran; *Geniometer*, *CAM Micro Contact Anglemeter*, dan *Face Contact Anglemeter*.



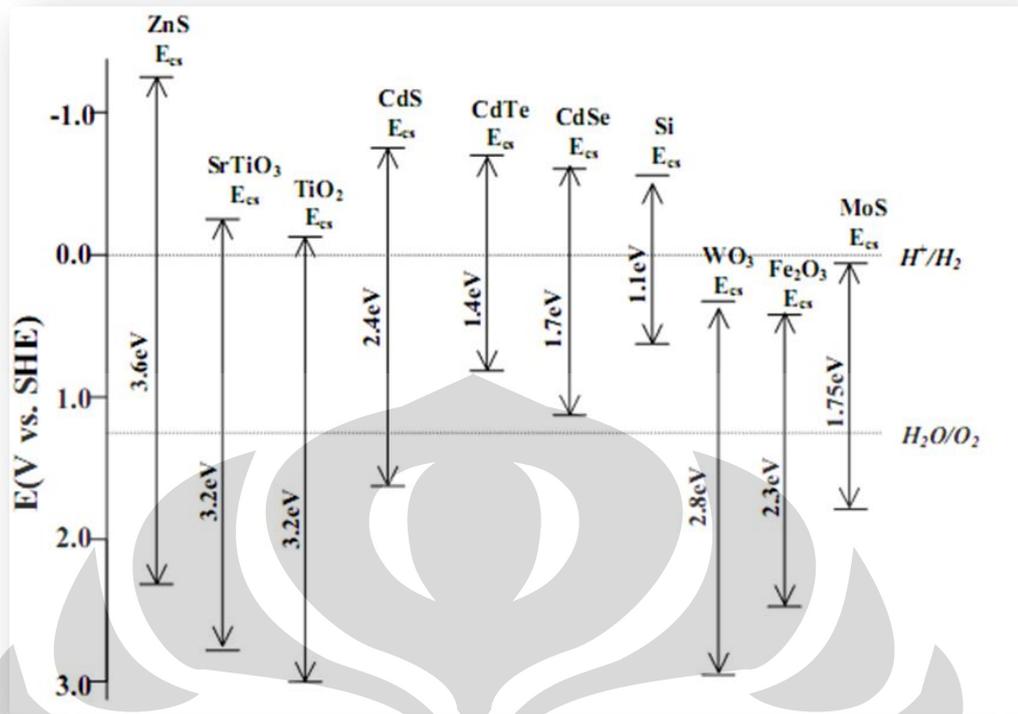
Gambar 2.9 *Contact Anglemeter* Komersial, dari kiri ke kanan: *Geniometer*, *Face Contact Anglemeter*, *CAM Micro Anglemeter* [16]

2.6 Semikonduktor

Semikonduktor adalah bahan yang memiliki celah energi antara 0.5-5.0 eV². Bahan dengan energi celah di atas kisaran energi tersebut termasuk jenis bahan isolator. Pada proses fotokatalitik, ketika semikonduktor mengadsorpsi cahaya yang berenergi sama atau lebih besar dari energi celah pitanya maka akan terjadi pemisahan muatan atau fotoeksitasi dalam semikonduktor [17]. Elektron (e) akan tereksitasi ke pita konduksi meninggalkan lubang positif (h⁺) pada pita valensi. Umur lubang positif pada semikonduktor lebih panjang dari umur *hole*

pada konduktor karena keberadaan *band gap* pada semi konduktor, sehingga keberadaan lubang positif ini dapat dimanfaatkan [18] . Secara termodinamika, tingkat energi pada sisi pita konduksi merupakan ukuran dari kekuatan reduksi dari elektron, sedangkan energi pada sisi pita valensi menunjukkan kekuatan lubang positif untuk melakukan oksidasi. Makin negative nilai sisi potensial sisi valensi makin besar daya oksidasi lubang positif.

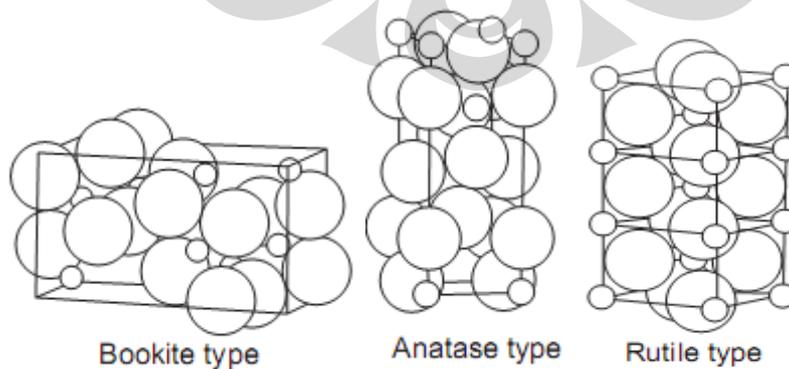
Beberapa semikonduktor memiliki *band gap* yang berbeda-beda (Gambar 2.9) menunjukkan level *band gap* energi semikonduktor pada keadaan pH 0.0 dengan medium pelarut air. Pada dasarnya semua semikonduktor dapat digunakan dalam proses fotokatalitik akan tetapi masing-masing semikonduktor memiliki karakteristik yang tidak menguntungkan bagi proses fotokatalitik dalam proses teknisnya. Misalnya, semikonduktor sulfida mudah mengalami korosi; ZnO tidak stabil secara kimia karena mudah larut dalam air dan membentuk $Zn(OH)_2$. Pada semi konduktor yang memiliki *band gap* energi yang kecil memiliki spektrum absorpsi yang sama dengan spektrum emisi solar. Sehingga dapat digunakan dalam peralatan sumber energi alternatif tenaga surya. Akan tetapi, semikonduktor yang memiliki *band gap* yang kecil memiliki daya oksidasi yang rendah. Oleh karena itu , pemilihan semikonduktor sebagai fotokatalis tergantung pada aplikasi dengan beberapa pertimbangan hal yakni kekuatan oksidasi , dan stabil secara biologi maupun kimia. Diantara beberapa semikonduktor, TiO_2 merupakan semikonduktor yang umum digunakan pada proses fotokatalitik karena memiliki kestabilan yang baik secara biologi maupun kimia, murah, dan memiliki daya oksidasi yang tinggi ($E= 3.1 \text{ eV Vs SHE}$)



Gambar 2.10 Band Gap Energi dari Beberapa Semikonduktor

2.7 Semi konduktor TiO_2

Semikonduktor TiO_2 di alam memiliki 3 tipe struktur kristal yakni tipe rutile, anatase, dan brookite. Penggunaan yang paling umum adalah tipe anatase dan brookite. Struktur anatase memiliki *band gap* sebesar 3.2 eV yang setara dengan energi gelombang cahaya UV dengan panjang gelombang 388 nm sedangkan pada rutile memiliki *band gap* sebesar 3.0 eV setara dengan energi cahaya dengan panjang gelombang 413 nm.

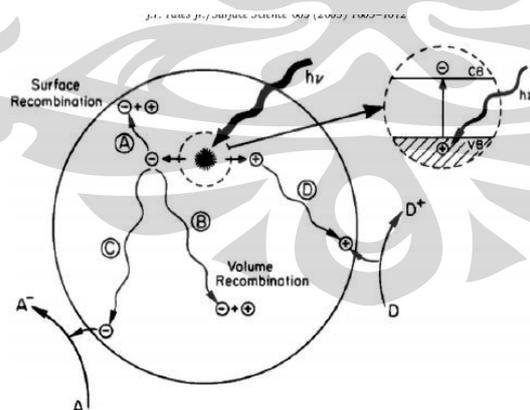


Gambar 2.11 Tiga struktur kristal TiO_2

Berdasarkan *band gap* kedua kristal tersebut, secara logis rutile lebih cocok digunakan pada fotokatalis. Akan tetapi kenyataannya adalah aktivitas fotokatalitik anatase lebih besar. Hal ini dikarenakan perbedaan struktur dari kristal yang terbentuk, anatase memiliki luas permukaan lebih besar dibandingkan dengan rutile sehingga sisi aktif per unit anatase lebih besar dibandingkan dengan rutile.

Band gap energi antara pita valensi dan pita konduksi menunjukkan energi yang dibutuhkan elektron untuk dapat berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi yang terjadi pada saat iradiasi. Berpindahannya elektron dari pita valensi ke pita konduksi menghasilkan pasangan *hole* dan elektron dimana pasangan ini menginisiasi terjadinya reaksi redoks. Pada sisi elektron akan terjadi reduksi sedangkan pada sisi *hole* akan terjadi oksidasi. *Hole* merupakan oksidator yang sangat kuat sehingga pada permukaan mampu mengoksidasi air (H_2O) sehingga membentuk spesi radikal hidroksil (OH^\cdot) yang sangat reaktif yang mampu mengoksidasi dan mendekomposisi senyawa organik. Pita konduksi pada anatase memiliki tingkat energi konduksi yang tinggi yang mampu mereduksi molekul oksigen (O_2) menjadi superoksida (O_2^\cdot). Superoksida merupakan spesi reaktif yang mampu mendegradasi material organik.

2.8 Mekanisme reaksi fotokatalitik semikonduktor TiO_2



Gambar 2.12 Mekanisme Reaksi Fotokatalitik TiO_2 [14]

Fotokatalis merupakan kombinasi dari fotokimia dan katalis, karena pada reaksi fotokatalitik dibutuhkan cahaya dan katalis untuk mempercepat reaksi kimia. Penyerapan cahaya mengakibatkan elektron pada pita valensi (*valence bond*, VB) pindah ke pita konduksi (*conduction band*, CB), meninggalkan h^+ , di

VB. Elektron pada CB bergerak bebas, mengubah material menjadi konduktor dari yang sebelumnya isolator. Sebagian besar elektron berekombinasi kembali dengan h^+ baik dipermukaan (A) atau dibagian dalam (B). Namun ada juga elektron (C) dan h^+ (D) yang selamat sampai permukaan. Masing-masing akan bereaksi dengan zat kimia yang ada disekitar permukaan bahan. Elektron inilah yang akan menginisiasi terjadinya reaksi reduksi. Sedangkan h^+ yang akan menginisiasi reaksi oksidasi, dalam media air akan menghasilkan radikal hidroksil, $\cdot\text{OH}$, suatu spesi pengoksidasi kuat (pada pH =1, mempunyai potensial oksidasi sebesar - 2,8 Volt vs elektrode hydrogen) yang memiliki kemampuan merusak hampir kebanyakan polutan organik.[14].

Mekanisme secara keseluruhan yang terjadi pada proses fotokatalisis TiO_2 adalah sebagai berikut:

1. Pembentukan elektron konduksi dan hole valensi sebagai pembawa muatan oleh foton



2. Penangkapan pembawa muatan



3. Rekombinasi pembawa muatan



4. Transfer muatan antarmuka



Keterangan :

$>\text{TiOH}$: permukaan TiO_2 dalam keadaan terhidrat

e^-_{cb} : elektron pada pita konduksi

h^+_{vb} : *hole* pada pita valensi

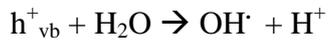
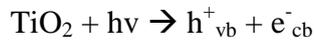
$(>\text{Ti}^{\text{IV}}\text{OH}^{\cdot})$: *hole* yang terjebak di permukaan

$(>\text{Ti}^{\text{III}}\text{OH})$: elektron pita konduksi yang terjebak di permukaan

Red : reduktor, donor elektron

Oks : Oksidator, akseptor elektron

reaksi juga dapat terjadi langsung oleh *hole* maupun tidak langsung oleh radikal hidroksil yang terjadi melalui reaksi dengan air atau ion hidroksil



Radikal hidroksil juga terbentuk melalui reaksi reduksi oksigen oleh elektron pada pita konduksi



Hole merupakan oksidator yang sangat kuat sehingga mampu mengoksidasi senyawa-senyawa organik secara langsung. Radikal hidroksil merupakan spesi yang sangat reaktif dan oksidator kuat yang dapat mengoksidasi senyawa-senyawa organik menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana seperti CO_2 , NH_3 , H_2O dan ion-ion halida bagi senyawa dengan kandungan atom-atom halida.

2.9 Metoda Pelapisan TiO_2 Pada Bahan Penyangga Kaca

Serbuk TiO_2 terutama dalam bentuk kristal anatase, merupakan katalis yang paling banyak digunakan dalam reaksi-reaksi fotokatalitik karena memiliki luas permukaan yang lebih besar dan stabilitas kimia yang baik. Dekomposisi fotooksidatif senyawa-senyawa organik dalam sistem suspensi partikel-partikel TiO_2 telah banyak diteliti. Proses ini didasarkan pada daya oksidatif yang kuat dari pasangan elektron – *hole* yang dihasilkan di atas permukaan TiO_2 . Akan tetapi, terdapat berbagai masalah teknis jika menggunakan serbuk dalam proses fotoelektrokimia, yakni [3]:

1. Sulitnya pemisahan katalis dari suspensi setelah reaksi katalitik selesai.
2. Partikel-partikel yang tersuspensi cenderung menggumpal terutama pada konsentrasi lebih tinggi.
3. Kedalaman penetrasi sinar UV dalam sistem suspensi terbatas.

4. Suspensi serbuk TiO_2 tidak mudah diterapkan untuk sistem aliran yang kontinu.

Untuk menghindari berbagai masalah teknis tersebut, maka salah satu pendekatan yang diambil adalah dengan melakukan preparasi katalis TiO_2 dalam bentuk film. Aktivasi fotoeksitasi TiO_2 bentuk film sangat bervariasi dan bergantung pada berbagai faktor, seperti struktur kristalnya (rutile atau anatase), luas permukaan, diameter partikel (*cluster*), porositas, kerapatan gugus hidroksil, serta ketebalan film. Beberapa metoda telah dipergunakan untuk mempersiapkan film-film TiO_2 , yang bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pembuatan film fotokatalisis bila ingin diaplikasikan untuk lingkungan adalah aktivitas fotokatalitik yang tinggi dan transparansi yang baik. Dalam hal ini transparansi merupakan parameter kunci, karena ketika kita ingin mengaplikasikan film fotokatalis di atas kaca, seperti kaca jendela, maka film tersebut harus transparan sehingga tidak merusak pandangan mata [7]. Disamping itu, film TiO_2 yang dibuat juga harus mampu melekat kuat pada permukaan kaca sehingga tidak mudah lepas.

Tabel 2.1 Metode Immobilisasi Film TiO₂ [19]

No	Metode Immobilisasi	Bahan Penyangga
1	Pencelupan	Gela berpori Tabung Kaca Pela kaca Fiber gelas Timah Oksida Gelas Silika gel
2	Sol-gel	Quartz Fiber Optik Gelas Berpori Silika Gel Pelat kaca Timah Oksida Gelas
3	Oksidasi dari logam induk secara elektrokimia	Titanium
4	Termal	Titanium Aloy Titanium
5	Anodisasi TiCl ₂	Timah Oksida Gelas Ti,Pt, dan Au
6	Pelapisan elektroporetik	Stainless steel
7	Penyemprotan plasma	Aloy Titanium
8	Semprotan serbuk aerosol	Gelas berpori
9	Pemusingan	Gelas Quartz
10	Pelapisan fasa air	Pelat Kaca

2.10 Proses *Sol Gel* [19,20]

Proses *sol gel* merupakan salah satu proses alternatif untuk memperoleh material oksida logam. Teknik ini biasa digunakan dalam proses pembuatan bubuk keramik dan gelas dengan cara merubah sol menjadi *gel* dengan melalui reaksi hidrolisis dan kondensasi. Sol yang merupakan sistem padat yang tersuspensi stabil dalam larutan dan gel yang merupakan cairan yang terjebak dalam partikel padat. Gel selanjutnya terbentuk ketika sol terdestabilisasi. Sol yang tidak stabil ini akan membentuk endapan spesies sol sebagai partikel agregat sedangkan endapan sol sebagai partikel non-agregat.

Melalui proses sol gel, jaringan an-organik yang diperoleh melalui reaksi hidrolisis dan kondensasi dapat dikontrol dan dimodifikasi. Sehingga akan mampu dihasilkan karakteristik material yang baik ; homogenitas dan kemurnian tinggi. Disamping itu proses pembentukan struktur dan ukuran pori dapat diatur, kondisi sintesis dapat divariasikan, juga lapisan transparan dapat diperoleh.

Proses gelasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni konsentrasi dan tipe prekursor yang digunakan, temperatur, sifat dan jenis pelarut serta pengadukan. Pembentukan gel dari sol dapat berlangsung hingga beberapa hari. Proses sol gel itu sendiri meliputi reaksi hidrolisis dan kondensasi yang berlangsung secara simultan selama pembuatannya, tetapi ada kemungkinan satu tahapan berlangsung lebih lama dari tahapan lain.

Salah satu penerapan dari proses *sol gel* adalah pembuatan lapisan tipis film TiO₂. Lapisan tipis ini dibuat dengan membasahi permukaan substrat (kaca) dengan larutan prekursor. Ketika pelarut menguap, akan tertinggal lapisan tipis pada permukaan substrat yang selanjutnya akan mengalami proses hidrolisis dan kondensasi. Lapisan logam oksida yang diinginkan kemudian dapat diperoleh dengan mengkalsinasi lapisan tipis pada substrat tersebut. Keuntungan dari metode ini adalah kehomogenan dan keseragaman lapisan tipis yang diperoleh.

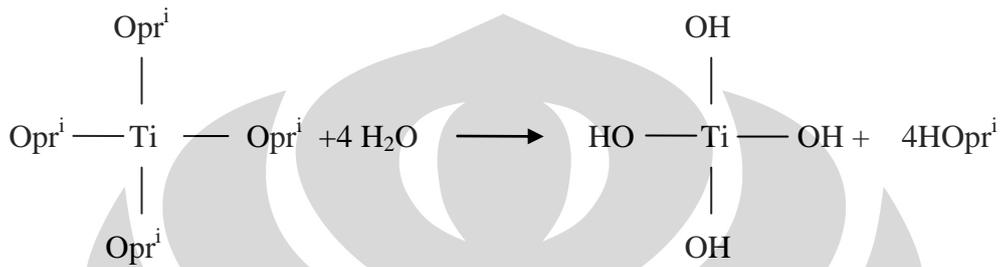
Metode pelapisan *sol-gel* meliputi [3]:

1. Menyiapkan sol untuk melapisi substrat
2. Pembentukan gel terjadi beberapa saat kemudian, partikel koloid bergabung membentuk struktur/jaringan tiga dimensi dan viskositasnya akan meningkat tajam

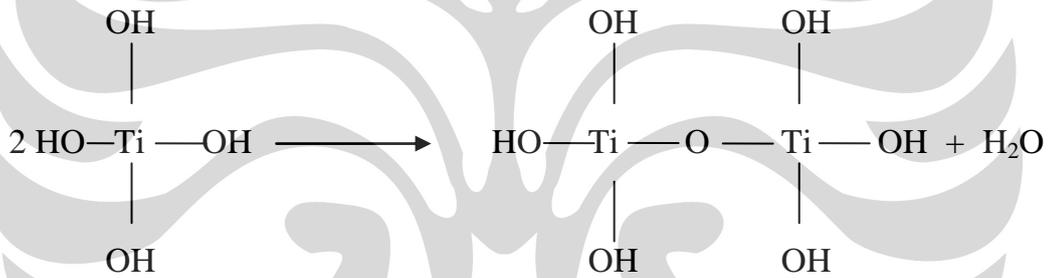
3. *Aging* (penuaan) yakni perubahan struktur lebih lanjut setelah pembentukan gel
4. Pengeringan, yaitu penguapan pelarut dari pori-pori jaringan
5. Kalsinasi, yaitu pemanasan gel pada temperatur tinggi.

Reaksi yang terjadi selama pelapisan [20] :

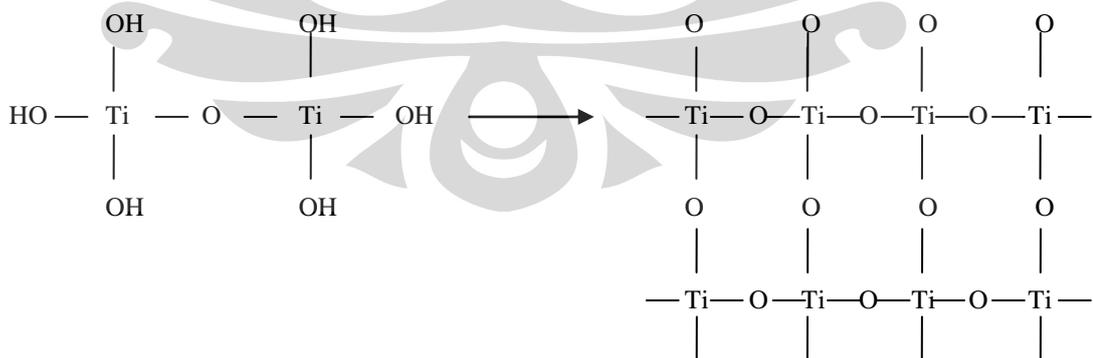
1. Reaksi Hidrolisis Titanium tetraisopropoksida



2. Reaksi Kondensasi



3. Reaksi Polikondensasi



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

3.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *titanium tetra isopropoksida* $\text{Ti}(\text{OiPr})_4$, HNO_3 pekat, aquades.

3.1.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, *magnetic stirrer*, oven, tanur, peralatan gelas, reaktor lampu UV 9 Watt, stop watch, SEM/EDAX, *Face Contact Anglemeter*, kamera digital, *Personal Computer*, spuit.

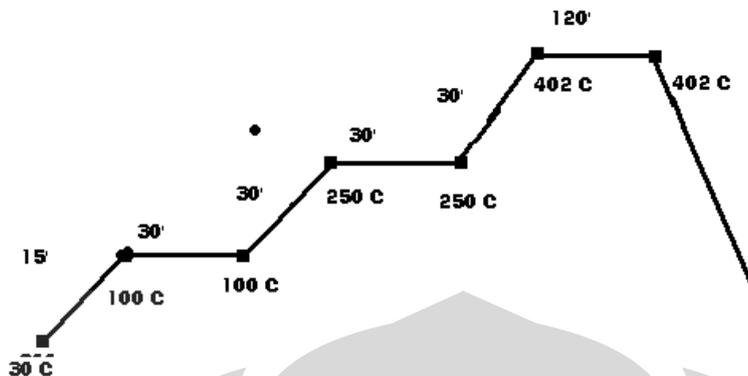
3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Pembuatan Sol TiO_2

Larutan TiO_2 dibuat dengan mencampurkan 150 mL H_2O , 15 mL *titanium tetra isopropoksida* $\text{Ti}(\text{OiPr})_4$ dan 1 mL HNO_3 , campuran ini lalu direfluks selama 3 hari pada suhu 80°C [21]

3.2.2 Preparasi Film Katalis TiO_2

Larutan TiO_2 yang telah dibuat digunakan untuk pencelupan pelat kaca penyangga (2,5 cm x 6 cm x 1 mm) dengan kecepatan tarik 1 cm per 10 detik. Pelat yang telah dilapisi ini dipanaskan dalam oven pada suhu 80°C selama 1 jam. Pelat yang telah dilapisi ini kemudian dikalsinasi selama 2 jam pada suhu 402°C dengan laju kenaikan seperti Gambar 3.1 di bawah ini. Proses pelapisan diulang sehingga diperoleh pelat kaca dengan pelapisan 1 hingga 9 kali.



Gambar 3.1 Diagram kenaikan suhu kalsinasi

3.2.3 Karakterisasi Film Katalis TiO_2 pada Pelat Kaca dengan SEM/EDAX

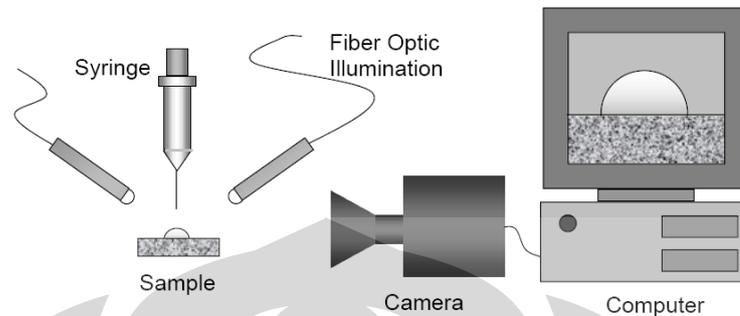
Lapisan katalis TiO_2 pada pelat kaca SLP dikarakterisasi dengan alat SEM LEO 420i yang dilengkapi dengan EDAX LEO 420i yang dilakukan pada kondisi operasi tegangan 12-15 kV dengan tekanan 10 Pa. Untuk mengetahui morfologi dan ketebalan film katalis TiO_2 yang terbentuk.

3.2.4 Uji Hidrofilisitas Film Katalis TiO_2 dengan *Face Contact Anglemeter*

Preparat yang terdiri dari 0-5 lapis TiO_2 disinari lampu UV 20 Watt dari reaktor selama 0-4 jam. Satu tetes cairan dijatuhkan pada permukaan substrat kemudian ditentukan sudut kontak air yang terbentuk. Pengukuran sudut kontak ini menggunakan alat *Face Contact Anglemeter* yang berada di P3TIR BATAN dan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi. Kemudian dibuat grafik penurunan sudut kontak air terhadap variasi lapisan TiO_2 dan lamanya waktu penyinaran.

3.2.5 Konstruksi Alat Evaluasi Sudut Kontak Air

Alat untuk mengevaluasi sudut kontak air, dilakukan konstruksi seperti Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Rancangan Alat Evaluasi Sudut Kontak yang Dikonstruksi
Preparat film ditetesi air melalui *syringe*, kemudian dilakukan penyinaran UV, dan sudut kontak yang terjadi diamati melalui kamera. Gambar yang diperoleh di-*input* ke komputer yang dilengkapi software penghitung besar sudut (*MB-Ruler*) [22]

Alat evaluasi sudut kontak air ini dibuat untuk keperluan reaksi fotokatalisis, sehingga dalam konstruksi alat ini sengaja didesain dengan kondisi tertutup dan dilengkapi dengan reaktor UV. Dalam pengujian akurasi dari alat evaluasi sudut kontak hasil konstruksi, dilakukan pengukuran sudut kontak secara berulang sebanyak 25-30 kali dengan menggunakan alat evaluasi sudut kontak hasil konstruksi dan *Face Contact Anglemeter* sebagai pembanding. Pengukuran dilakukan secara bersamaan dan dalam kondisi sampel yang sama pula yakni tanpa disinari oleh UV. Selanjutnya data diolah secara statistik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

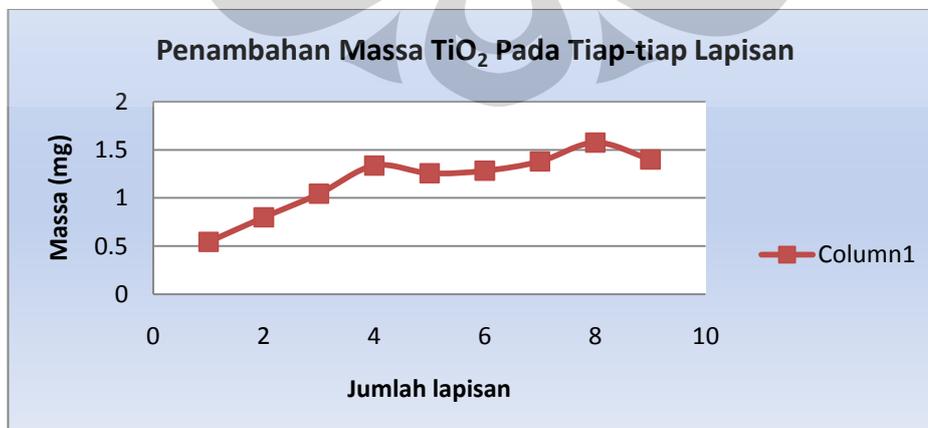
4.1 Preparasi Film Katalis TiO₂

4.1.1 Pelapisan pelat kaca dengan TiO₂

Ada berbagai macam teknik untuk melapisi pelat kaca dengan TiO₂ yakni metode pencelupan (*dip-coating*), pemutaran (*spin-coating*), penyemprotan (*spray coating*), atau dengan pencetakan (*screen coating*), pemilihan metode ini bergantung pada substrat yang digunakan dan tujuan penelitian. Pada penelitian ini, digunakan pelapisan secara *dip-coating*.

Pelapisan (*coating*) pelat kaca dengan TiO₂ dilakukan secara bertahap, yakni dengan melakukan proses pencelupan dengan tujuan membasahi permukaan kaca dengan sol TiO₂. Ketika dimasukkan ke dalam oven pada suhu 80⁰ C, pelarut akan menguap dan lapisan tipis TiO₂ akan tertinggal pada kaca. Lapisan TiO₂ ini selanjutnya akan mengalami hidrolisis dan kondensasi, kemudian dilakukan kalsinasi pada suhu 402⁰C selama 2 jam sehingga lapisan tipis TiO₂ yang homogen dan seragam dapat diperoleh.

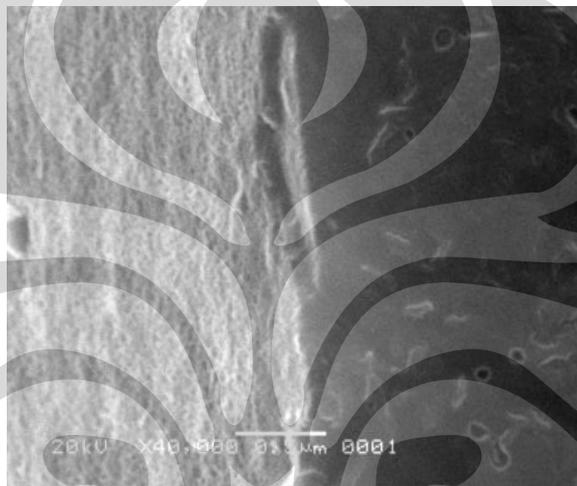
Lapisan inilah yang ada pada pelat kaca yang kemudian dilakukan pelapisan secara berulang sebanyak sembilan kali. Didapatkan adanya penambahan massa TiO₂ dari tiap-tiap penambahan lapisan, hal ini menunjukkan dengan proses pelapisan berulang, lapisan TiO₂ semakin bertambah. Namun, pada lapisan ke tujuh hingga sembilan, lapisan cenderung konstan, ini menunjukkan preparat sudah cukup jenuh untuk mengikat sol TiO₂ kembali.



Gambar 4.1 Grafik Penambahan Massa TiO₂ Pada Tiap-tiap Lapisan

4.1.2 Karakterisasi dengan SEM-EDX

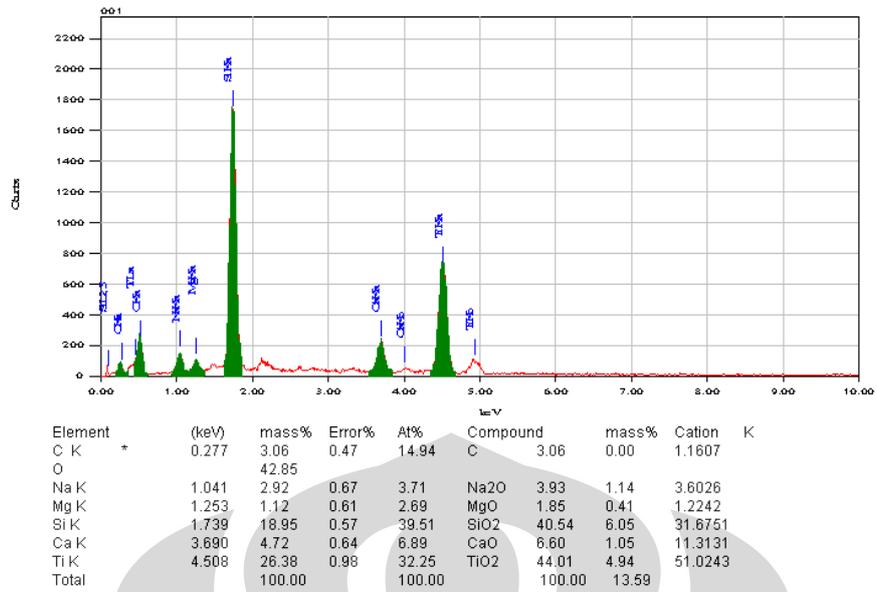
Karakterisasi pelat kaca yang telah dilapisi dengan TiO_2 dengan SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui ketebalan lapisan TiO_2 pada permukaan kaca serta unsur-unsur yang terkandung dalam lapisan tersebut. Dari Gambar 4.2 menunjukkan pengukuran SEM yang diambil melintang di mana posisi TiO_2 berada disebelah kiri pelat kaca. Dan informasi yang diperoleh berasal dari 'coverage' sinar X yang melewati *matrix* lapisan tipis TiO_2 dan pelat kaca.



Gambar 4.2 Hasil Karakterisasi film TiO_2 dengan SEM

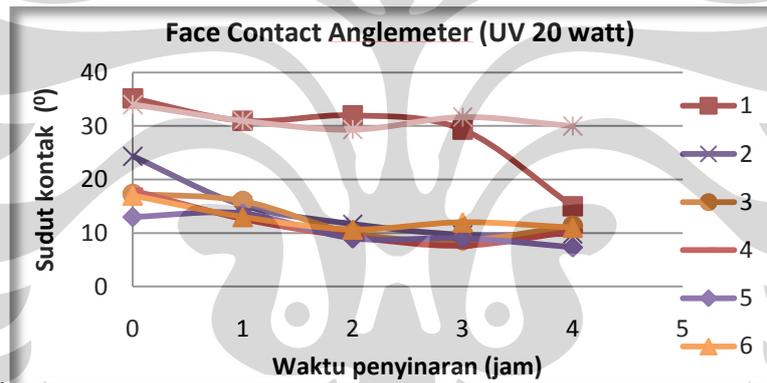
Pelat yang dikarakterisasi adalah pelat kaca yang telah dilapisi TiO_2 sebanyak 5x lapisan dan memberikan ketebalan $0.23 \mu\text{m}$. Ketebalan lapisan ini menunjukkan bahwa kaca masih tergolong transparan dimana kaca bersifat transparan bila lapisan TiO_2 ketebalannya di bawah $1 \mu\text{m}$ [25].

Untuk mengetahui komposisi yang ada pada permukaan pelat kaca, dilakukan karakterisasi dengan EDX (*Energy Dispersed X-Ray*). Dari Gambar 4.3, terlihat unsur-unsur apa saja yang terkandung dalam pelat kaca yang telah dilapisi TiO_2 sebanyak 5x pelapisan, pada permukaan tersebut mengandung TiO_2 44%. Ini menunjukkan di dalam kaca tersebut memang benar adanya TiO_2 yang menyebabkan terjadinya reaksi fotokatalisis.

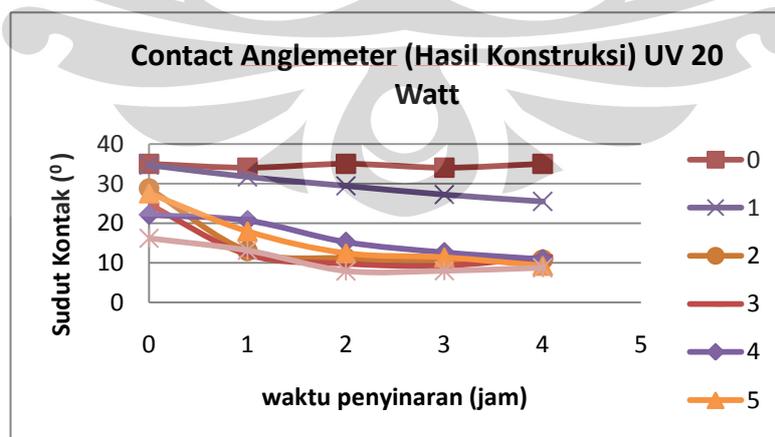


Gambar 4.3 Hasil Analisis komposisi lapisan film TiO₂ dengan EDX di permukaan pelat kaca pada pelapisan 5x.

4.2 Uji Hidrofilisitas Film Katalis TiO₂



(a)



(b)

Gambar 4.4 Pengaruh Jumlah pelapisan dan waktu penyinaran terhadap sudut kontak

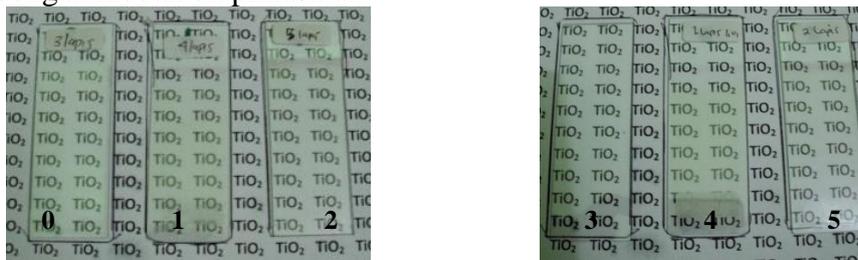
(a) *Face Contact Anglemeter*, (b) *Contact Anglemeter* hasil konstruksi

Uji Hidrofilisitas pada film katalis TiO_2 dilakukan dengan melakukan pengukuran sudut kontak pada film yang telah dibuat dengan menggunakan *Face Contact Anglemeter* dan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi. Pengukuran ini dilakukan dengan melakukan variasi waktu penyinaran UV 20 Watt (0 sampai 5 jam) dan jumlah lapisan TiO_2 yang berbeda (0 sampai 5 lapisan). Dari hasil pengukuran (Gambar 4.4), didapatkan bahwa semakin tebal lapisan TiO_2 , maka sudut kontak yang terbentuk semakin kecil dan semakin lama lapisan TiO_2 disinari oleh sinar UV, maka sudut kontak akan semakin kecil juga hingga mendekati 0° . Pada plat kaca yang tidak dilapisi TiO_2 , sudut kontak cenderung konstan walau disinari dengan sinar UV. Dan pada pelat kaca yang dilapisi film TiO_2 1 kali, penurunan sudut kontak baru terjadi setelah penyinaran selama empat jam.

Gambar 4.4 menggambarkan semakin banyak lapisan TiO_2 pada kaca, maka konsentrasi TiO_2 akan semakin banyak pula sehingga jumlah molekul yang teraktivasi oleh cahaya UV akan meningkat dan pembasahan akan semakin besar, sudut kontak air menurun (dibawah 10°). Begitu pula dengan variasi lamanya penyinaran UV, semakin lama waktu penyinaran, maka intensitas sinar UV yang mengenai permukaan film TiO_2 semakin besar, sehingga jumlah molekul yang teraktivasi juga meningkat, pembasahan semakin besar dan sudut kontak air akan menurun.

4.3. Uji Visual Film Katalis TiO_2

Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat transparansi film TiO_2 yang dibuat. Dari Gambar 4.5 diperlihatkan bahwa film TiO_2 dari lapisan 1x hingga 5x masih kelihatan transparan. Hanya saja semakin banyak lapisan TiO_2 , semakin berkurang transparansi kaca tersebut. Ini menunjukkan pelapisan TiO_2 pada preparat kaca dengan metode *sol-gel* memiliki transparansi yang baik sehingga dapat dengan mudah diaplikasikan.



Gambar 4.5 Uji Visual film TiO_2 . Perbandingan transparansi kaca pada pelapisan 0 sampai 5 kali

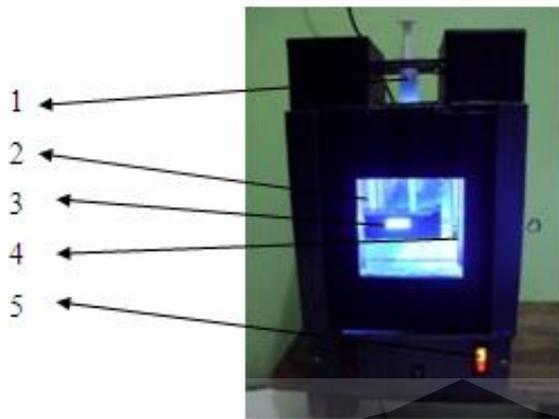
Sifat antikabut (*antifogging*) dari kaca yang dilapisi katalis TiO_2 dapat diketahui dengan memasukkan film TiO_2 ke dalam lemari es selama 20 menit. Dan didapatkan seperti yang terlihat pada Gambar 4.6, bahwa pada pelat kaca tanpa TiO_2 terdapat banyak butiran-butiran air di permukaannya, begitu juga pada kaca dengan 1x, 2x, dan 3x lapisan, juga terdapat sedikit butiran air. Namun pada pelat kaca dengan 4x hingga 6x lapisan, kaca tetap jernih tidak ada butiran air yang menempel pada permukaan kaca.



Gambar 4.6 Sifat Antikabut antara kaca yang tidak dilapisi katalis dengan kaca yang dilapisi 1-5 kali katalis TiO_2

4.4 Konstruksi Alat Evaluasi Sudut Kontak Air (*Contact Anglemeter*)

Konstruksi *contact anglemeter* ini dilakukan untuk menunjang penelitian dalam bidang fotokatalisis. *Contact anglemeter* yang dibuat tidak hanya tersusun dari perangkat *contact anglemeter* pada umumnya seperti lensa fokus yang dilengkapi *protactor*, penyangga pelat, *syringe*, dan lampu penerang, tetapi juga harus memenuhi kriteria dalam pemeriksaan fotokatalisis, dimana cahaya memainkan peranan penting dalam reaksi ini. Inilah alasan kenapa *contact anglemeter* dikonstruksi dalam kondisi tertutup, untuk meminimalisir paparan dari cahaya luar yang mampu mempengaruhi pemeriksaan. Selain itu, *contact anglemeter* yang dikonstruksi juga dilengkapi lampu sinar UV, ini bertujuan dalam pengamatan reaksi fotokatalisis diperlukan UV sebagai pengaktifasi konduktor TiO_2 .



Keterangan:

1. Spuit
2. Lampu UV 4 buah, masing-masing 9 Watt
3. Tempat specimen uji
4. Pintu yang dapat dibuka-tutup
5. Tombol power Lampu UV

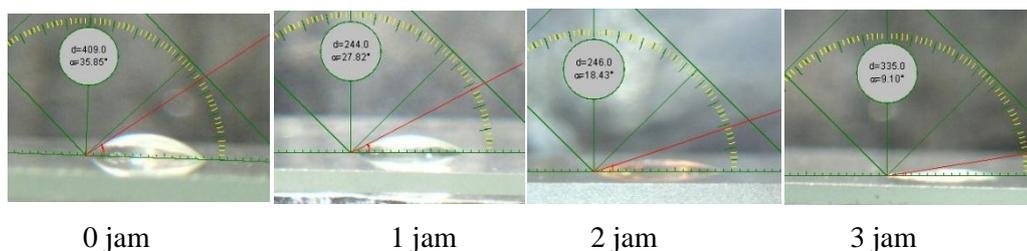
Gambar 4.7 Alat Evaluasi Sudut Kontak (*Contact Anglemeter*) Hasil Konstruksi

4.4.1 Cara Penggunaan *Contact Anglemeter* Hasil Konstruksi

Penggunaan alat ini dilakukan mula-mula dengan meletakkan preparat yang akan diukur sudut kontak nya ke plat sandaran dalam posisi horizontal. Selanjutnya preparat disinari UV sampai waktu dan daya yang ditentukan. Kemudian teteskan air ($\pm 50 \mu\text{L}$) dan ambil gambar tetesan tersebut dengan menggunakan kamera digital atau kamera yang dilengkapi *microzoom* yang diatur sehingga mendapatkan gambar tetesan air yang fokus. Dalam penelitian ini, cukup sulit untuk mendapatkan fokus dengan menggunakan kamera digital, oleh karena itu digunakan lup (kaca pembesar) sebagai alat pembantu. Selanjutnya gambar yang telah diperoleh di input ke dalam komputer untuk di ukur sudut kontak nya dengan *software protactor (MB-ruler)*. [22]

4.4.2 Uji Sifat Superhidrofilik

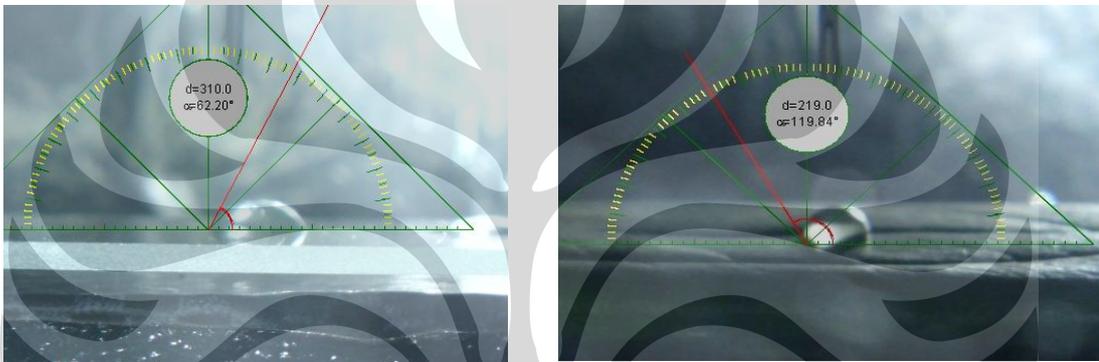
Dengan menggunakan *contact anglemeter* hasil konstruksi ini, dilakukan uji hidrofilisitas pada film TiO_2 , setelah disinari UV tampak jelas terjadinya penurunan sudut kontak dari waktu ke waktu.



Gambar 4.8 Penurunan Sudut Kontak pada film TiO_2 pada lapisan 2x setelah disinari UV 20 Watt

4.4.3 Uji Sifat Hidrofobik

Untuk mengukur sudut kontak hidrofobik dengan *contact anglemeter* hasil konstruksi, digunakan film TiO_2 yang telah didiamkan dalam ruang gelap dan daun talas yang dilekatkan pada pelat kaca. Daun talas memiliki lapisan lilin (*wax*) pada permukaannya sehingga memiliki sifat hidrofobik, yakni memiliki tingkat kebasahan terhadap air yang sangat rendah. Suatu benda dikatakan memiliki sifat superhidrofobik bila memiliki sudut kontak diatas 100° . Dan ini dimiliki pada daun talas, dari hasil pengukuran dengan *contact anglemeter* hasil konstruksi, didapatkan nilai sudut kontak air sebesar 119.84° . Sedangkan pada film TiO_2 diperoleh sudut kontak air sebesar 62.30° .



Gambar 4.9 Sifat hidrofobik Pada Film TiO_2 dan Daun Talas

4.5 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui apakah *contact anglemeter* hasil konstruksi dapat digunakan untuk mengukur sudut kontak air dengan nilai yang keakuatannya tidak berbeda secara signifikan dengan *contact anglemeter* yang telah ada.. Uji ini dilakukan dengan melakukan pengukuran berulang dengan menggunakan *Face Contact Anglemeter* yang berada di P3TIR BATAN dan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi secara bersamaan. Pengukuran dilakukan sebanyak 25-30 kali. Kemudian data sudut kontak yang diperoleh diolah secara statistik menggunakan SPSS, yakni dengan parametrik uji beda dua mean, statistik uji-t.

Tabel 4.1 merupakan data hasil pengukuran sudut kontak dengan menggunakan *Face Contact Anglemeter* dengan *Contact Anglemeter* hasil Konstruksi pada pelat kaca yang tidak dilapisi dan dilapisi katalis TiO_2 .

Selanjutnya data sudut kontak air pada kaca yang tidak dilapisi TiO₂ diolah dengan diuji kenormalan, untuk mengetahui distribusi atau sebaran data tersebut normal atau tidak, sebagai acuan untuk uji berikutnya; uji parametrik atau nonparametrik. (Lampiran 2)

Uji normal untuk data sudut kontak air pada kaca yang tidak dilapisi TiO₂ menunjukkan bahwa data tersebut berdistribusi normal. Sehingga langsung dilakukan uji-t yakni membandingkan dua nilai rata-rata apakah berbeda secara signifikan atau tidak. Dalam uji-t ini didapatkan kesimpulan dengan tingkat kepercayaan 95% kita percaya bahwa rata-rata pengukuran sudut kontak dengan menggunakan *Face Contact Anglemeter* tidak berbeda secara signifikan dengan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi. Atau dengan kata lain, memiliki akurasi yang tidak berbeda secara signifikan.

No	Sudut Kontak Air Tanpa Lapisan TiO ₂ (°)		Sudut Kontak Air pada 1 Lapisan TiO ₂ (°)	
	<i>Face Contact Anglemeter</i> (BATAN)	<i>Contact Anglemeter</i> Hasil Konstruksi	<i>Face Contact Anglemeter</i> (BATAN)	<i>Contact Anglemeter</i> Hasil Konstruksi
1	36.0	33.0	45.0	41.07
2	35.0	32.0	43.0	39.69
3	33.0	30.5	36.5	37.75
4	28.0	29.74	39.0	40.21
5	34.0	33.63	34.0	39.85
6	27.0	32.0	36.0	40.26
7	28.0	32.67	31.0	39.46
8	30.0	34.0	30.0	32.56
9	26.0	24.05	27.0	30.09
10	28.0	26.8	29.0	33.31
11	31.0	30.13	34.0	39.71
12	29.0	28.16	34.0	32.56
13	37.0	32.5	41.0	41.61
14	35.0	34.42	42.0	41.68
15	31.0	31.16	44.0	40.31
16	32.0	30.72	45.0	41.74
17	30.0	24.81	41.0	37.77
18	29.0	25.43	41.0	38.65
19	37.0	35.51	45.0	38.13
20	27.0	31.49	34.0	33.95
21	32.0	35.87	42.0	35.8
22	26.0	32.71	34.0	31.71
23	26.0	32.36	41.0	34.0
24	25.0	27.0	36.0	35.91
25	32.0	35.82	25.0	29.86

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Sudut Kontak Air

	<i>Face Contact Anglemeter</i> (BATAN)	<i>Contact Angelemeter</i> hasil konstruksi
Lapis 0	30.56 ± 1.46	31.06 ± 1.34
Lapis 1	37.18 ± 2.36	37.10 ± 1.52

Table 4.2 Nilai Mean

Demikian halnya dengan pengolahan data pada film dengan 1 lapis TiO₂ (Lampiran 3), uji normal menunjukkan bahwa data tersebut tidak berdistribusi normal. Namun dalam statistik, masih ada parameter uji lain untuk mengetahui boleh tidaknya data diolah secara parametrik, yakni dengan melakukan uji kurtosis (Lampiran 3). Dari uji kurtosis yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95%, kita percaya bahwa data berdistribusi normal. Dengan demikian data dapat langsung kita olah dengan statistikal parametrik (uji-t). Pada uji-t juga diperoleh kesimpulan dengan tingkat kepercayaan 95% kita percaya bahwa rata-rata pengukuran sudut kontak dengan menggunakan *Face Contact Angelemeter* tidak berbeda secara signifikan dengan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi. Sehingga alat evaluasi sudut kontak hasil konstruksi ini dapat digunakan.

Dari hasil pengukuran sudut kontak yang dilakukan, terdapat perbedaan besaran sudut antara pengukuran dengan menggunakan *Face Contact Anglemeter* dan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi, sementara pengukuran dilakukan dalam waktu dan kondisi yang bersamaan. Ini menunjukkan adanya ketidakpastian dalam pengukuran dengan alat yang digunakan. Perbedaan pengukuran 3-4⁰ masih bisa diterima [23], karena dalam percobaan memungkinkan permukaan film yang tidak rata atau kebersihan yang tidak terjamin. Selain itu faktor volume tetesan juga mempengaruhi besar sudut yang terbentuk. C. Roero dalam jurnalnya menyebutkan semakin besar volume tetesan air, sudut kontak yang terbentuk semakin kecil.[23]. Hal ini bisa diterima, karena pada *Face Contact Anglemeter*, tetesan berasal dari jarum *syringe* (± 20 µL) sedangkan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi menggunakan jarum *sput* (±50 µL).

BAB V

KESIMPULAN

1. Pembuatan permukaan bersifat superhidrofilik dapat dilakukan dengan melapisi pelat kaca dengan katalis TiO_2 dengan metode *sol-gel*.
2. Lapisan tipis TiO_2 setelah disinari UV terbukti memiliki sifat superhidrofilik dengan melakukan uji visual dan pengukuran sudut kontak dengan *contact anglemeter*.
3. Semakin banyak lapisan TiO_2 pada permukaan kaca dan semakin lama waktu penyinaran UV, maka sudut kontak yang terbentuk semakin kecil.
4. *Contact Anglemeter* hasil konstruksi dapat digunakan untuk mengukur sudut kontak air dengan nilai akurasi yang tidak berbeda secara signifikan dengan *Face Contact Anglemeter*.
5. *Contact Anglemeter* hasil konstruksi memiliki beberapa keunggulan terutama untuk pengukuran sudut kontak pada reaksi fotokatalisis, yakni meminimalisasi paparan cahaya luar dan dilengkapi reaktor UV.

SARAN

1. Dalam pembuatan permukaan film TiO_2 , teknik dan jenis sol yang digunakan agar lebih baik lagi, agar dihasilkan lapisan yang homogen, lebih transparan, dan tidak mudah lepas.
2. Untuk mengamati sudut kontak dengan menggunakan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi, hendaknya mencari kamera dengan fokus yang baik dan anti getar, agar gambar yang diperoleh tidak pecah.
3. Diperlukan penyangga kamera dalam penggunaan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi agar gambar yang dihasilkan tidak miring dan posisi *angle* yang tidak berpindah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Benedix, R., et al., *Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self-Cleaning Building Materials*, **LACER** No. 5, 157-162, 2000
- [2]. Licciulli, D.A. and Lissi, D., *Self Cleaning Glass, Corso di Laurea in Ingegneria dei Materiali* A.A. 2001/2002, Universitas Degli Stufi di Lecce, 1-29.
- [3]. Widyaningsih, M., *Studi Fenomena Superhidrofilisitas Lapisan SiO₂-TiO₂ dengan Pengukuran Sudut Kontak*, Karya Utama Sarjana Kimia, FMIPA UI., 2003.
- [4]. Fujishima, A. Hashimoto, K., and Watanabe, T., *TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications*, BKC, Inc., Tokyo, Japan, 66-74, 1999.
- [5]. Gunlazuardi, J., *Fotokatalisis pada Permukaan TiO₂ : Aspek Fundamental dan Aplikasinya*, Seminar Nasional Kimia Fisika II, 1-15, 2001.
- [6]. Hoffmann, M. R., et al., *Environmental Application of Semiconductor Photocatalysis*, Chem. Rev., vol. 95, 69-96, 1995.
- [7]. Sofyan, I., *Fotokatalisis Film TiO₂ untuk Aplikasi Lingkungan*, Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, vol.2, No.6, 19-25, 2000
- [8]. <http://www.uweb.engr.washington.edu/research/tutorials/contact.html>, 28 November 2010, 10:21
- [9]. Yulizar, Yoki dan Tresye Utami, *Diktat Kimia Permukaan*. Departemen Kimia FMIPA UI: 2005, 69-74
- [10]. http://en.wikipedia.org/wiki/Contact_angle, 28 November 2010, 10:33
- [11]. Guan, K., *Relationship Between Photocatalytic Activity, Hydrophilicity and Self Cleaning Effect of TiO₂/ SiO₂ Films*, Surveys and Coatings Technology, Volume 191,155-160, 2005.
- [12]. <http://www.thenakedscientists.com/HTML/articles/article/biomimeticsborrowingfrombiology/> 25/11/10 10:41
- [13]. http://nr1037.blogspot.com/2010_05_01_archive.html, 28 November 2010, 10:15
- [14]. Yates, John T, *Photochemistry on TiO₂: Mechanism behind the surface chemistry*, Surface Science 603, 2009, 1605-1612.

- [15]. <http://www.titaniumart.com/>
- [16]. http://www.wayneassoc.com/cam_micro.htm/ 25/11/10 10:46
- [17]. Jiang, D., *Studies of Photocatalytic Processes at Nanoporous TiO₂ Film Electrode by Photoelectrochemical techniques and Development of a Novel Methodology for a Rapid Determination of Chemical Oxygen Demand*, Griffith University, 2004
- [18]. Terzian, R & Serpon., *Heterogeneous Photocatalyzed Oxidation of Cresole component : mineralization of Xylenols by illuminated TiO₂ in Oxygenated Aqueous Media*, J Photochem, Photobiol, A: Chemistry., 89, 1998, 163-175
- [19]. Byrne, J.A., et al., *Immobilisation of TiO₂ Powder for the Treatment of Polluted Water*, Applied Catalysis B: Environmental, 17, 25-36, 1998.
- [20]. Brinker and Fcherer. *Sol-Gel Science*. Academic Press.
- [21]. Blount, M.C., Kim, D.H, and Falconer, J.L. *Transparent Thin Film TiO₂ Photocatalyst with High Activity*, Environ Sci. Technol, 35, 2988-2994, 2001
- [22]. download software protactor : <http://www.markus-bader.de/MB-Ruler>
- [23]. Roero, C, *Contact angle measurements of sessile drops deformed by a DC electric field*, Swiss Federal Institute of Technology. Switzerland.
- [24]. Hardeli, *Evaluasi Reaksi Degradasi Fotokatalisis Asam Palmitat dan Asam Oleat Pada Lapisan Tipis TiO₂ yang dilekatkan di Atas Substrat Gelas*. Kumpulan Karya Program Pasca Sarjana, Depok: 2008.
- [25]. Hoffmann, et.al, *A snake-based approach to accurate determination of both contact points and contact angles*, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspect 286, 2006, 92-103.
- [26]. Hashimoto, Kazuhito., Hiroshi Irie, dan Akira Fujishima, *TiO₂ Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects*. AAPPS Bulletin Vol. 17, No.6, 2007.

Lampiran 1

Data Penimbangan Preperat pada tiap-tiap Lapisan TiO₂

Awal (gram)	Lapis 1 (gram)	Lapis 2 (gram)	Lapis 3 (gram)	Lapis 4 (gram)	Lapis 5 (gram)	Lapis 6 (gram)	Lapis 7 (gram)	Lapis 8 (gram)	Lapis 9 (gram)
5.0148	5.0142								
4.9993	5.0007	5.0001							
4.9811	4.9815	4.9818							
4.9676	4.968	4.9682	4.9689						
4.9604	4.9616	4.9617	4.9618	4.9619					
4.9469	4.9468	4.9473	4.9474	4.9479	4.9484				
5.0481	5.0486	5.0487	5.0497	5.0496	5.049	5.049			
4.9457	4.9466	4.9469	4.9475	4.9459	4.9462	4.9466	4.9463		
5.0896	5.0909	5.091	5.0918	5.0914	5.0918	5.092	5.0921	5.0914	
4.9965	4.9968	4.9969	4.9968	4.9969	4.9971	4.9972	4.9975	4.9975	4.9975



Lampiran 2

			Statistic	Std. Error
Face	Mean		30.5600	.73048
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	29.0524	
		Upper Bound	32.0676	
	5% Trimmed Mean		30.5000	
	Median		30.0000	
	Variance		13.340	
	Std. Deviation		3.65240	
	Minimum		25.00	
	Maximum		37.00	
	Range		12.00	
	Interquartile Range		6.00	
	Skewness		.307	.464
	Kurtosis		-1.010	.902
	Konstruksi	Mean		31.0592
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	29.6672	
		Upper Bound	32.4512	
5% Trimmed Mean			31.1734	
Median			32.0000	
Variance			11.371	
Std. Deviation			3.37216	
Minimum			24.05	
Maximum			35.87	
Range			11.82	
Interquartile Range			4.36	
Skewness			-.623	.464
Kurtosis			-.376	.902

Pengujian Kenormalan Data

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Face	.118	25	.200 [*]	.947	25	.220
Konstruksi	.130	25	.200 [*]	.939	25	.138

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

- Hipotesis: H_0 = data berdistribusi normal
- H_1 = data tidak berdistribusi normal
- Tingkat signifikansi : $\alpha = 0.05$
- Statistik Uji: Saphiro-Wilk
- Aturan Keputusan : H_0 ditolak jika $\alpha < \alpha$
- Keputusan : Karena $\alpha = 0.138 > \alpha = 0.05$ maka H_0 tidak ditolak
- Kesimpulan : **Dengan tingkat kepercayaan 95 %, kita percaya bahwa data berdistribusi normal**

Selanjutnya, dilakukan uji-t

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
					Lower			Upper
Pair 1	Face - Konstruksi	-.49920	3.50032	.70006	-1.94406	.94566	-.713	24

- Hipotesis : $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (rata-rata pengukuran sudut kontak dengan Alat *Face Contact Anglemeter* tidak jauh berbeda dengan rata-rata pengukuran sudut kontak dengan Alat Hasil Konstruksi.
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$
- Tingkat signifikansi : $\alpha = 0.05$
- Statistik Uji: $t = 1,711$
- Aturan keputusan : H_0 ditolak jika $t > t$ tabel
- Keputusan: Karena $t = 0.713 < t$ tabel = 1,711 maka H_0 tidak ditolak
- Kesimpulan : Dengan tingkat kepercayaan 95% kita percaya bahwa rata-rata pengukuran sudut kontak dengan menggunakan *Face Contact Anglemeter* tidak berbeda secara signifikan dengan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi. Atau dengan kata lain, **memiliki akurasi yang tidak berbeda secara signifikan.**

Lampiran 3

Uji Akurasi Pada 1 Lapisan Film Katalis TiO₂

Descriptives				Statistic	Std. Error
alat	sudut	1	Mean	37,1800	1,17929
			95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 34,7461 Upper Bound 39,6139	
			5% Trimmed Mean	37,4000	
			Median	36,5000	
			Variance	34,768	
			Std. Deviation	5,89647	
			Minimum	25,00	
			Maximum	45,00	
			Range	20,00	
			Interquartile Range	8,00	
			Skewness	-.393	,464
			Kurtosis	-.832	,902
		2	Mean	37,1056	,76200
			95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 35,5329 Upper Bound 38,6783	
			5% Trimmed Mean	37,2488	
			Median	38,1300	
			Variance	14,516	
			Std. Deviation	3,81002	
			Minimum	29,86	
			Maximum	41,74	
			Range	11,88	
			Interquartile Range	6,60	
			Skewness	-.551	,464
			Kurtosis	-1,046	,902

Pengujian Kenormalan Data

Tests of Normality

alat	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
sudut 1	.181	25	.033	.937	25	.129
2	.172	25	.055	.904	25	.022

a. Lilliefors Significance Correction

- Hipotesis: Ho = data berdistribusi normal
- H1 = data tidak berdistribusi normal
- Tingkat signifikansi : $\alpha = 0.05$
- Statistik Uji: Saphiro-Wilk
- Aturan Keputusan : Ho ditolak jika $\alpha < \alpha$
- Keputusan : Karena $\alpha = 0.022 < \alpha = 0.05$ maka Ho ditolak
- **Kesimpulan : Dengan tingkat kepercayaan 95 %, kita percaya bahwa data tidak berdistribusi normal.**

Data tersebut yang tidak berdistribusi normal bukan berarti tidak bisa digunakan dalam uji statistik parametrik, masih ada uji untuk mengetahui, apakah data

tersebut dapat digunakan dalam uji statistik parametrik atau tidak, yaitu uji kurtosis.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error
sudut	50	25.00	45.00	37.1428	4.91333	-.521	.662
Valid N (listwise)	50						

- $\kappa = -0.521$
- $SE = 0.662$
- Uji : $\kappa \pm 1.96 SE = -0.521 \pm 1.96 (0.662) = [-1.811, 0.779]$
- karena $\kappa = 0$ terletak pada interval $[-1.811, 0.779]$ maka data masih dapat dianalisis dengan metode statistika parametrik (uji-t)

Maka data dapat langsung kita olah dengan statistik parametrik (uji-t)

		Paired Differences					t	df
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
					Lower	Upper		
Pair 1	face - konstruk	.07440	4.21689	.84338	-1.66625	1.81505	.088	24

Hipotesis : $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (rata-rata pengukuran sudut kontak dengan Alat *Face Contact Anglemeter* tidak jauh berbeda dengan rata-rata pengukuran sudut kontak dengan Alat Hasil Konstruksi).

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

- Tingkat signifikansi : $\alpha = 0.05$
- Statistik Uji: $t = 1,711$
- Aturan keputusan : H_0 ditolak jika $t > t$ tabel
- Keputusan: Karena $t = 0.088 < t$ tabel = 1,711 maka H_0 tidak ditolak
- Kesimpulan : Dengan tingkat kepercayaan 95% kita percaya bahwa rata-rata pengukuran sudut kontak dengan menggunakan *Face Contact Anglemeter* tidak berbeda secara signifikan dengan *Contact Anglemeter* hasil konstruksi. Atau dengan kata lain, **memiliki akurasi yang tidak berbeda secara signifikan.**