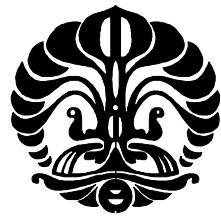


UNIVERSITAS INDONESIA
MODIFIKASI PERMUKAAN KAIN KATUN BERSIFAT
SWABERSIH MENGGUNAKAN TiO_2 SEBAGAI PELAPIS

SKRIPSI

ADITYA WISNU KUSUMA
1006703692

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM SARJANA KIMIA
DEPOK
JUNI 2014



**MODIFIKASI PERMUKAAN KAIN KATUN BERSIFAT
SWABERSIH MENGGUNAKAN TiO_2 SEBAGAI PELAPIS**

SKRIPSI

**ADITYA WISNU KUSUMA
1006703692**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM SARJANA KIMIA
DEPOK
JUNI 2014**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Aditya Wisnu Kusuma
NPM : 1006703692
Tanda Tangan :

Tanggal : 30 JUNI 2014

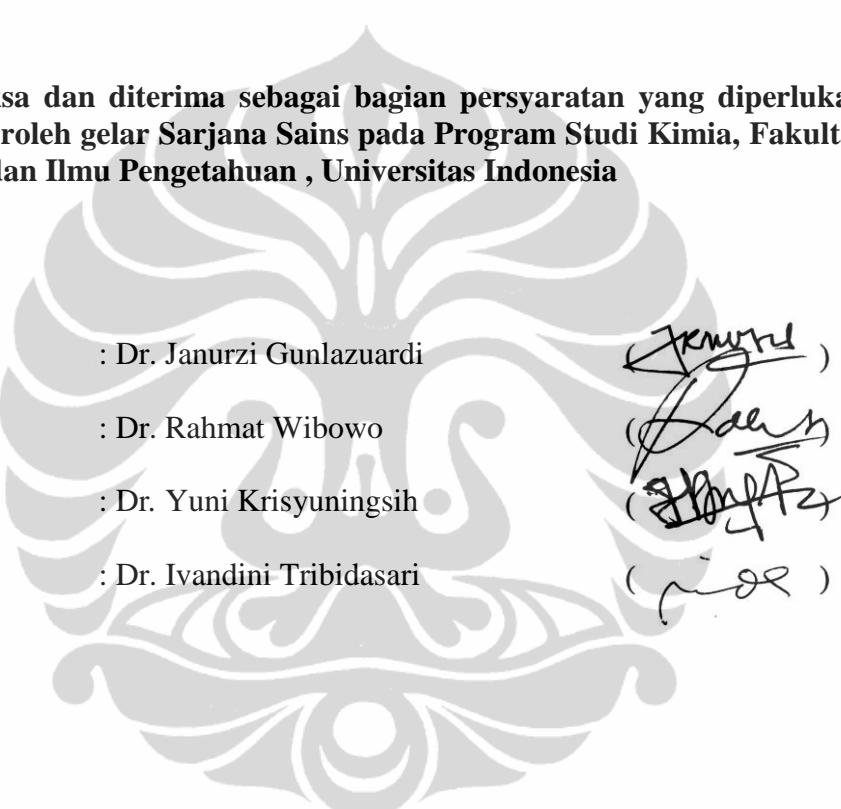
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Aditya Wisnu Kusuma
NPM : 1006703692
Program Studi : Kimia
Judul Riset : Modifikasi Permukaan Kain Katun Bersifat Swabersih
Menggunakan TiO₂ Sebagai Pelapis

**Telah diperiksa dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan , Universitas Indonesia**

Pembimbing : Dr. Janurzi Gunlazuardi
Penguji 1 : Dr. Rahmat Wibowo
Penguji 2 : Dr. Yuni Krisyuningsih
Penguji 3 : Dr. Ivandini Tribidasari



(Janurzi)
(Rahmat)
(Yuni)
(Ivandini)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2014

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Aditya Wisnu Kusuma
NPM : 1006703692
Program Studi : Kimia
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 :

“ Modifikasi Permukaan Kain Katun Bersifat Swabersih Menggunakan TiO₂ Sebagai Pelapis “

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 mempublikasikan 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 : 30 Juni 2014

Yang Menyatakan



(Aditya Wisnu Kusuma)

KATA PENGANTAR

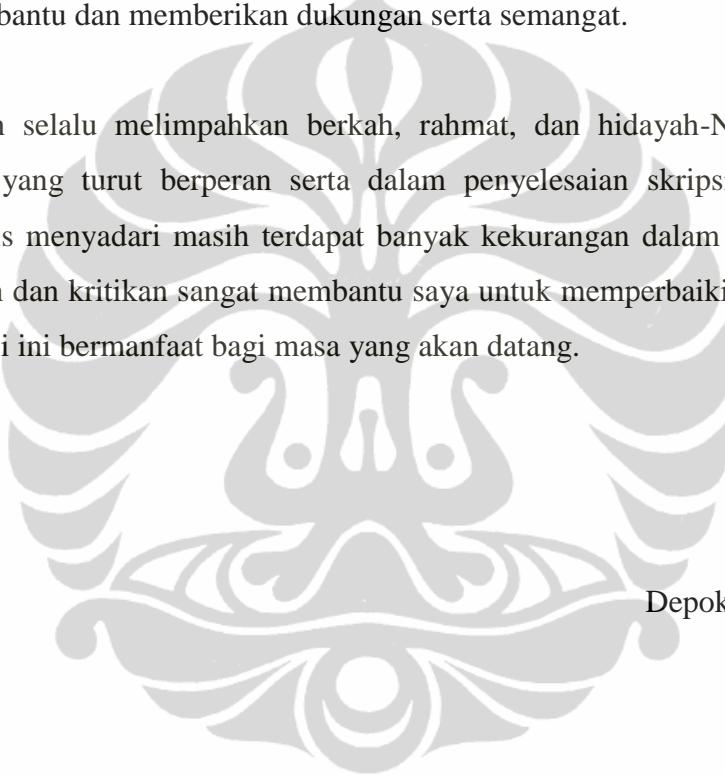
Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini dengan lancar dan sesuai waktu yang telah ditentukan.

Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada Dr. Jarnuzi Gunlazuardi yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing penyelesaian skripsi ini. Beliau merupakan guru dan ayah yang sangat berharga bagi diri saya. Tanpa beliau, saya tidak akan mampu menyelesaikan skripsi ini. Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu hingga terselesaiannya skripsi ini:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan segalanya
2. Angga Pratama sebagai kakak yang sudah banyak memberikan motivasi dan dukungan baik material maupun moral
3. Rahma Amalia yang menjadi motivasi dan pemberi dukungan serta pembelajaran yang sangat luar biasa
4. Orang tua Rahma Amalia yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada saya
5. Ricardo, Paulus, Novi, dan Nissa (teman grup penelitian) yang telah memberikan semangat, masukan, dan membantu penelitian
6. Pak Hedi yang sudah membantu menyiapkan bahan-bahan dan memberi masukan
7. Kak Ibam yang banyak memberikan pelajaran dan masukan serta bantuan
8. Bayu Krisna Murti yang membantu memberikan masukan terhadap penelitian yang dilakukan
9. Renanto Putra yang memberikan ilmu kimia organik kepada saya
10. Teman-teman seperjuangan NR, oki, aris, kidar, mifta, kadek, gilang, rey, riksa, zaldi, lingga, ab, dan yang lainnya.
11. Senior yang sangat super, bang ares, bang aul, bang damar, bang luthfi, bang galih dan semua senior yang membantu saya
12. Babe yang sudah meminjamkan buku-buku untuk sumber tambahan

13. Seluruh dosen kimia yang telah memberikan ilmu dari awal perkuliahan sampai saat ini
14. Seluruh staff lab afiliasi yang membantu dalam hal pemakaian alat-alat instrumen
15. Teman-teman kimia 2010 yang selalu membantu, memberi masukan dan semangat setiap saat
16. Teman-teman penelitian di seluruh lantai
17. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu, yang telah membantu dan memberikan dukungan serta semangat.

Semoga Allah selalu melimpahkan berkah, rahmat, dan hidayah-Nya kepada semua pihak yang turut berperan serta dalam penyelesaian skripsi ini. Saya sebagai penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini, sehingga saran dan kritikan sangat membantu saya untuk memperbaiki semua itu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi masa yang akan datang.



Depok, Juni 2014

Penulis

ABSTRAK

Nama : Aditya Wisnu Kusuma
Program studi : Kimia
Judul : Modifikasi Permukaan Kain Katun Bersifat Swabersih
Menggunakan TiO_2 Sebagai Pelapis

Katun merupakan salah satu bahan pakaian yang umumnya sering ditemui dan digunakan. Pembersihan katun dari kotoran yang menempel memerlukan usaha dan biaya. Titanium dioksida (TiO_2) menjadi salah satu bahan yang sering dan ekstensif dipelajari sebagai bahan swabersih, *self-cleaning*. Namun, pelapisan TiO_2 secara langsung pada katun menghasilkan tingkat keberhasilan pelapisan yang rendah. Diperlukan *spacer*, yaitu bahan kimia (gugus fungsi) yang dicangkokkan kepada rantai selulosa pada katun untuk membantu pengikatan TiO_2 . Lapisan TiO_2 pada permukaan katun akan membuat katun menjadi material yang memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self-cleaning*). Sebelum pelapisan, kain katun dipotong sebesar 3x3 cm dan di *treatment* menggunakan H_2O_2 10 %, NaOH 1 M, dan ammonia pekat. Pelapisan dilakukan menggunakan asam suksinat sebagai *spacer* dan suspensi TiO_2 dengan cara *dip coating*. UV-VIS DRS, FT-IR, SEM, pengukuran sudut kontak air dilakukan untuk mengkarakterisasi permukaan katun yang dilapisi oleh TiO_2 . Permukaan katun yang telah berhasil dilapisi TiO_2 ditandai oleh kemunculan indikasi band gap optis sebesar 3,43 eV; dan keberadaan puncak serapan IR pada daerah bilangan gelombang 676 cm^{-1} (indikasi adanya $\sim\text{Ti-O-Ti}\sim$). Hasil SEM menunjukkan morfologi permukaan katun yang menunjukkan adanya lapisan TiO_2 yang menempel. Sudut kontak yang didapat pada keadaan gelap sebesar 108, 48° dan pada saat diiluminasi dengan lampu UV selama 150 detik sebesar 9,505 $^\circ$, yang menunjukkan permukaan katun memiliki sifat ampifilik. Katun yang dilapisi oleh TiO_2 mampu mendegradasi senyawa *methylene blue* hingga 94.34 % dalam keadaan diiluminasi dengan lampu UV selama 100 menit dan 86.5 % dalam keadaan diiluminasi dengan sinar matahari selama 6 jam.

Kata Kunci : Katun, TiO_2 , *self-cleaning*
xv + 98 hlm : 49 gambar, 21 tabel , 5 lampiran
Daftar Pustaka: 21 (2006-2013)

ABSTRACT

Name : Aditya Wisnu Kusuma
Study Program : Chemistry
Title : Surface Modification of Cotton Self Cleaning using TiO₂ as a Coating

Cotton is one of the most common Clothing found and used. Cleaning of the dirt cotton requires more effort and expense. Titanium dioxide (TiO₂) became one of the ingredients that often and extensively studied as self-cleaning materials. However, TiO₂ coating directly on cotton have low success rate. Required spacer, namely chemical (functional group) is grafted to the cellulose chains in cotton to help the binding of TiO₂. TiO₂ layer on the surface of cotton into cotton will make a material that has the ability to clean it yourself (self-cleaning). Before coating, cotton cut by 3x3 cm and treatment using 10 % H₂O₂, 1 M NaOH, and concentrated ammonia. Coatings using succinic acid as a spacer and TiO₂ suspension by dip coating technique. UV - VIS DRS, FT - IR, SEM, contact angle measurements were performed to characterize the surface of cotton coated by TiO₂. Surfaces coated cotton that has been successfully characterized by the TiO₂ band gap of 3.43 eV and the existence of the IR absorption peaks at wavenumber region 676 cm⁻¹ (indicative of the presence of ~ Ti - O - Ti ~). SEM results showed that cotton surface morphology indicates that TiO₂ layer attached. Contact angle obtained in the dark at 108, 48° and when illuminated with UV light for 150 seconds at 9.505 °, which shows the surface of cotton has amphiphilic properties. Cotton coated with TiO₂ able to degrade compounds up to 94.34 % methylene blue in illuminated with UV light for 100 minutes and 86.5 % when illuminated by sunlight for 6 hours.

Keywords : Cotton, TiO₂, self-cleaning
xv + 98 pages : 49 pictures, 21 tables , 5 attachments
Bibliography : 21 (2006-2013)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Prinsip Dasar Fotokatalisis	5
2.2 Titanium Dioksida (TiO_2)	6
2.3 Fotokatalisis pada Permukaan TiO_2	8
2.4 Hidrofilisitas TiO_2	12
2.5 Mekanisme <i>Self Cleaning</i>	14
2.6 Spektrometri Infra Merah	15
2.7 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	16
2.8 Spektroskopi UV-Visible	17
2.9 <i>Diffuse Reflectance</i>	18
2.10 <i>Contact Angle Meters</i>	18
2.11 Kain Katun	19
2.12 <i>Methyelene Blue</i>	20
2.13 Pelapisan TiO_2 pada Kain Katun	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	22
3.1 Alat dan Bahan	22
3.1.1 Alat	22
3.1.2 Bahan	22
3.2 Bagan Kerja	22
3.3 Prosedur Kerja	22
3.3.1 Preparasi dan Pencucian Kain Katun	22
3.3.2 Pembuatan <i>Spacer</i> Kimia	23
3.3.3 Pembuatan Suspensi TiO_2 P25 <i>Degussa</i>	23
3.3.4 Penambahan <i>Spacer</i> Kimia pada Permukaan Kain Katun...	23
3.3.5 Penambahan TiO_2 pada Permukaan Kain Katun	23

3.3.6 Uji Karakterisasi TiO ₂ pada Kain Katun	23
3.3.7 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i>	24
3.3.7.1 Pembuatan Larutan Standar <i>Methylene Blue</i>	24
3.3.7.2 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> dengan Lampu UV	25
3.3.7.3 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> dengan Sinar Matahari.	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 <i>Treatment</i> Kain Katun	26
4.2 Penambahan <i>Spacer</i> Kimia pada Kain Katun	27
4.3 Penambahan TiO ₂ pada Permukaan Katun	28
4.4 Karakterisasi Menggunakan <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy UV- Vis</i>	30
4.5 Karakterisasi Menggunakan Spektrometri Infra Merah	32
4.6 Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i>	34
4.7 Karakterisasi Menggunakan <i>Contact Angle Meters</i>	35
4.8 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i>	39
4.8.1 Pembuatan Larutan Standar <i>Methylene Bule</i>	39
4.8.2 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> Katun-TP- <i>Methylene Blue</i>	42
4.8.3 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> Katun-DP-SP-TiO ₂ -MB	44
4.8.3.1 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> Katun-DP-SP -TiO ₂ -MB 300 ppm	45
4.8.3.2 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> Katun-DP-SP -TiO ₂ -MB 200 ppm	48
4.8.3.3 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> Katun-DP-SP -TiO ₂ -MB 100 ppm	51
4.8.4 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> Katun-DP-SP-TiO ₂ -MB dengan perbedaan jumlah <i>coating</i> TiO ₂ pada katun	56
4.8.4.1 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> Katun-D2-MB 300 ppm	57
4.8.4.2 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> Katun-D3-MB 300 ppm	60
4.8.5 Uji Perilaku <i>Self Cleaning</i> Katun-DP-SP-TiO ₂ -MB Menggunakan Sinar Matahari	65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kedudukan Celah Pita (<i>Band Gap</i>) pada Berbagai Jenis Material	5
Gambar 2.2	Tiga Bentuk Kristal	6
Gambar 2.3	Tabel NFPA dari TiO ₂	7
Gambar 2.4	Skema Proses Fotokatalis Pada Permukaan TiO ₂	11
Gambar 2.5	Skema Proses Fotokatalis Pada Permukaan TiO ₂	15
Gambar 2.6	Skema Instrumentasi FTIR	16
Gambar 2.7	Skema Kerja UV/Vis.....	17
Gambar 2.8	Ilustrasi <i>Diffuse Reflectance</i>	18
Gambar 2.9	Ilustrasi Sudut Kontak pada Permukaan Bahan	19
Gambar 2.10	Gambaran proyeksi Haworth Struktur Glukosa.....	20
Gambar 2.11	Struktur Molekul <i>Methylene Blue</i>	20
Gambar 2.12	Mekanisme Pelapisan TiO ₂ Pada Katun	21
Gambar 3.1	Ilustrasi Rangkaian Pengukuran Sudut Kontak 1	24
Gambar 4.1	Sampel Potongan Katun Sebelum dan Sesudah Perlakuan	26
Gambar 4.2	Sampel Potongan Katun Sebelum dan Sesudah Penambahan <i>Spacer</i>	27
Gambar 4.3	Reaksi Esterifikasi Asam Suksinat dan Selulosa dengan Bantuan Katalis NaH ₂ PO ₄	28
Gambar 4.4	Sampel Potongan Katun Sebelum dan Sesudah Penambahan TiO ₂	29
Gambar 4.5	Interaksi Elektrostatisik TiO ₂ dengan <i>Spacer</i>	29
Gambar 4.6	Hasil Uji UV-Vis DRS 6 Katun Berbeda dan TiO ₂ P25 <i>Degussa</i>	30
Gambar 4.7	Spektra Kubelka-Munk vs Energi dari TiO ₂ P25 Degussa dan Kedua Katun Memiliki Serapan TiO ₂	31
Gambar 4.8	Daerah Linier Pada Kurva F(R) vs Eg (eV).....	32
Gambar 4.9	Spektrum Infra Merah Katun-DP	33
Gambar 4.10	Spektrum Infra Merah Katun-DP-SP	33
Gambar 4.11	Spektrum Infra Merah Katun-DP-SP-TiO ₂	33
Gambar 4.12	Hasil Perbesaran Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i> Katun Yang Dilapisi Oleh TiO ₂	34
Gambar 4.13	Hasil Foto Sudut Kontak Katun Terlapisi Tio ₂ dalam Keadaan Tanpa Lampu UV	35
Gambar 4.14	Hasil Foto Sudut Kontak Katun Terlapisi TiO ₂ dalam Keadaan Lampu UV dengan Lama Iluminasi 0 Detik.....	36
Gambar 4.15	Hasil Foto Sudut Kontak Katun Terlapisi TiO ₂ dalam Keadaan Lampu UV dengan lama iluminasi 30 Detik	36
Gambar 4.16	Hasil Foto Sudut Kontak Katun Terlapisi TiO ₂ dalam Keadaan Lampu UV dengan Lama Iluminasi 60 Detik.....	36
Gambar 4.17	Hasil Foto Sudut Kontak Katun Terlapisi TiO ₂ dalam Keadaan Lampu UV dengan Lama Iluminasi 90 Detik.....	37
Gambar 4.18	Hasil Foto Sudut Kontak Katun Terlapisi TiO ₂ dalam Keadaan Lampu UV dengan Lama Iluminasi 120 Detik.....	37

Gambar 4.19	Hasil Foto Sudut Kontak Katun Terlapisi TiO ₂ dalam Keadaan Lampu UV dengan Lama Iluminasi 150 detik.....	37
Gambar 4.20	Kurva Perbandingan Besar Sudut Kontak (θ) vs Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Sinar UV	38
Gambar 4.21	Larutan <i>Methylene Blue</i> 100, 200, 300 ppm	39
Gambar 4.22	Kurva Persen A VS Panjang Gelombang Larutan <i>Methylene Blue</i>	39
Gambar 4.23	Kurva Persen R VS Panjang Gelombang Larutan <i>Methylene Blue</i> pada Katun Terlapisi TiO ₂	40
Gambar 4.24	Kurva F (R) VS Berat (mg).....	41
Gambar 4.25	Kurva % R VS Panjang Gelombang Katun-TP-MB Pada Perbedaan Waktu Iluminasi menggunakan lampu UV.....	42
Gambar 4.26	Kurva Berat Tersisa VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-TP-MB	43
Gambar 4.27	Kurva Persen Degradasi VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-TP-MB.....	44
Gambar 4.28	Kurva Persen R VS Panjang Gelombang Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 300 ppm Sebanyak 300 μ l	45
Gambar 4.29	Kurva Berat Tersisa VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 300 ppm	46
Gambar 4.30	Kurva Persen Degradasi VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 300 ppm	47
Gambar 4.31	Kurva Persen R VS Panjang Gelombang Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 200 ppm Sebanyak 300 μ l.....	48
Gambar 4.32	Kurva Berat Tersisa VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 200 ppm	49
Gambar 4.33	Kurva Persen Degradasi VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 200 ppm	50
Gambar 4.34	Kurva Persen R VS Panjang Gelombang Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 100 ppm Sebanyak 300 μ l	51
Gambar 4.35	Kurva Berat Tersisa VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 100 ppm	52
Gambar 4.36	Kurva Persen Degradasi VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 100 ppm	53
Gambar 4.37	Kurva Perbandingan Persen Degradasi VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada Konsentrasi 300, 200, dan 100 ppm	54
Gambar 4.38	Kurva Perbandingan Sisa Berat MB VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada Konsentrasi 300, 200, dan 100 ppm.....	56

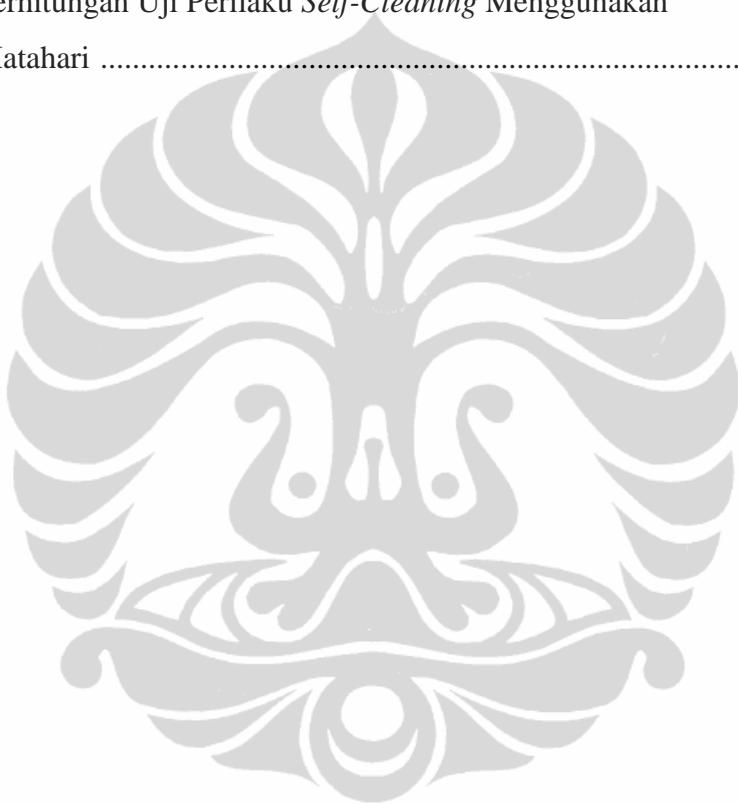
Gambar 4.39	Kurva Persen R VS Panjang Gelombang Katun-D2-MB pada Perbedaan Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV pada 300 ppm.....	57
Gambar 4.40	Kurva Berat Tersisa VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-D2-MB pada 300 ppm	58
Gambar 4.41	Kurva Persen Degradasi VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-D2-MB pada 300 ppm.....	59
Gambar 4.42	Kurva Persen R VS Panjang Gelombang Katun-D3-MB Pada Perbedaan Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Pada 300 ppm.....	60
Gambar 4.43	Kurva Berat Tersisa VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-D3-MB Pada 300 ppm.....	61
Gambar 4.44	Kurva Persen Degradasi VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-D3-MB Pada 300 ppm.....	62
Gambar 4.45	Kurva Perbandingan Persen Degradasi VS Lamanya Waktu Iluminasi Pada Perbedaan Jumlah <i>Coating</i> Menggunakan Lampu UV Pada 300 ppm	64
Gambar 4.46	Kurva Persen R VS Panjang Gelombang Katun-DP-Sp -TiO ₂ -MB Pada Perbedaan Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Sinar Matahari	65
Gambar 4.47	Kurva Berat Tersisa VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Sinar Matahari Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB	66
Gambar 4.48	Kurva Persen Degradasi VS Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Menggunakan Sinar Matahari Katun-DP-Sp -TiO ₂ -MB	67
Gambar 4.49	Hasil Spektrometri Infra Merah Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB Pada Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Sinar Matahari.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Karakteristik Titanium Dioksida	8
Tabel 4.1	Nilai Band Gap Beberapa TiO ₂ yang Dipreparasi.....	32
Tabel 4.2	Hasil Sudut Kontak Berdasarkan Perbedaan Lamanya Waktu Iluminasi	38
Tabel 4.3	Nilai F(R) Pada Masing-Masing Volume Tetesan	40
Tabel 4.4	Nilai F(R) Pada Masing-Masing Berat.....	41
Tabel 4.5	Berat (mg) MB Tersisa Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Pada Katun-TP-MB	43
Tabel 4.6	Persen Degradasi Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Pada Katun-TP-MB	44
Tabel 4.7	Berat (mg) MB Tersisa Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 300 ppm	46
Tabel 4.8	Persen degradasi MB Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 300 ppm	47
Tabel 4.9	Berat (mg) MB Tersisa Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 200 ppm	49
Tabel 4.10	Persen degradasi Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 200 ppm	50
Tabel 4.11	Berat (mg) MB tersisa Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 100 ppm	52
Tabel 4.12	Persen Degradasi MB Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB pada 100 ppm	53
Tabel 4.13	.Perbandingan Persen degradasi MB 300 ppm, 200 ppm, dan 100 ppm Pada Masing-Masing Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan lampu UV	54
Tabel 4.14	.Perbandingan Berat (mg) MB Tersisa Pada Katun dengan Perbedaan Konsentrasi 300 ppm, 200 ppm, dan 100 ppm MB Pada Masing-Masing Lamanya Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV	55
Tabel 4.15	.Berat (mg) MB Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-D2-MB pada 300 ppm	58
Tabel 4.16	.Persen Degradasi Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-D2-MB pada 300 ppm	59
Tabel 4.17	.Berat (mg) MB Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-D2-MB pada 300 ppm	61
Tabel 4.18	.Persen Degradasi Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Katun-D2-MB pada 300 ppm	62
Tabel 4.19	.Perbandingan Persen Degradasi MB dengan Perbedaan Jumlah Coating Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Lampu UV Dengan Konsentrasi MB 300 ppm	63
Tabel 4.20	.Berat (mg) MB Tersisa Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Sinar Matahari Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB Pada 300 ppm	66
Tabel 4.21	.Persen Degradasi Selama Waktu Iluminasi Menggunakan Sinar Matahari Katun-DP-Sp-TiO ₂ -MB Pada 300 ppm	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Band Gap; Konversi Kubelk-Munk	72
Lampiran 2 Pembuatan Larutan Standar <i>Methylene Blue</i>	82
Lampiran 3 Perhitungan Uji Perilaku <i>Self-Cleaning</i> Menggunakan Lampu UV	83
Lampiran 4 Foto Hasil Uji <i>Self-Cleaning</i> Iluminasi Lampu UV	86
Lampiran 5 Perhitungan Uji Perilaku <i>Self-Cleaning</i> Menggunakan Matahari	87



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembersihan suatu material dari kotoran yang menempel memerlukan usaha dan biaya. Dalam beberapa kasus, untuk melakukan pembersihan material dari pengotornya memerlukan zat kimia tertentu, seperti deterjen pembersih yang memerlukan biaya yang cukup tinggi. Merupakan tantangan bagi peneliti untuk menemukan fenomena yang dapat diarahkan untuk menyiapkan material dengan kemampuan swabersih (*self cleaning*). Material swabersih mampu membersihkan diri dari kotoran tanpa campur tangan berlebihan oleh manusia

Permukaan material *self cleaning* bekerja berdasarkan salah satu atau kedua prinsip, super-hidrofilisitas dan super-hidrofobisitas., atau material yang mampu memiliki sifat baik hidrofil maupun hidrofob (ampifilik). Titanium dioksida (TiO_2) menjadi salah satu bahan yang sering dan ekstensif dipelajari sebagai bahan *self cleaning* dalam beberapa tahun belakangan ini. Sifat super hidrofilik dari TiO_2 menyebabkan air pada permukaannya tersebar merata dan tidak membentuk butiran (*droplet*). Sifat hidrofilik terjadi karena terbentuknya pasangan elektron dan *hole* positif saat titanium dioksida (TiO_2) terkena sinar UV. Lebih jauh, *hole* positif dapat menginisiasi pembentukan spesi pengoksidasi dipermukaan TiO_2 yang mampu mematikan bakteria, dan mengurai pengotor, zat organik dan anorganik (*Roland et al., 2000*)

Iluminasi TiO_2 dengan sinar yang sesuai menjadikan permukaan TiO_2 bersifat super-hidrofilik, yaitu sangat suka air. Sifat super-hidrofilik permukaan TiO_2 akan menyebabkan permukaan TiO_2 tetap transparan dan tidak berkabut pada saat terkena uap air. Pada saat keadaan gelap, TiO_2 akan bersifat hidrofobik atau tidak suka air. Dalam dunia dengan siklus terang dan gelap, TiO_2 berperilaku ampifilik, yaitu hidrofilik saat terang dan hidrofobik saat gelap. Akibat dari sifat tersebut, kotoran baik polar maupun non polar akan mudah lepas dari permukaannya. Pada permukaannya, TiO_2 juga dapat menginisiasi pembentukan spesi pengoksidasi

yang mampu mengurai zat organik. Dengan demikian, permukaan TiO₂ akan memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*, swabersih).

Pada pengembangan sains dan teknologi, telah banyak dilakukan pelapisan film TiO₂ transparan pada permukaan bahan/dinding yang akan menjadikan material yang dilapisi tersebut menjadi material yang memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*, swabersih). Tidak hanya permukaan material tersebut, tetapi juga udara disekitarnya menjadi lebih bersih dikarenakan polutan secara perlahan tapi pasti akan diurai oleh bahan tersebut. Akibatnya ruangan akan tetap segar dan sehat. (Gunlazuardi, 2010)

Pengembangan material yang memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*) dalam bahan pakaian merupakan salah satu tujuan yang ingin dicapai oleh industri tekstil. Dalam kasus ini, katun merupakan salah satu bahan pakaian yang umumnya sering ditemui dan digunakan. Katun merupakan bahan pakaian yang hampir sepenuhnya terdiri dari selulosa. Selulosa merupakan bahan alami yang dapat ditemukan di dinding sel pada tumbuhan tingkat tinggi dan tidak larut dalam air. Selain itu katun memiliki berbagai keunggulan, diantaranya adalah merupakan bahan *non-toxic*, bio kompatibel, mudah menyerap air, dan mudah untuk dikeringkan. Katun merupakan bahan pakaian yang sangat cocok digunakan di daerah tropis seperti di Indonesia, dimana memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Namun, ada satu kendala dimana bahan katun mudah kotor apabila terkena pengotor seperti debu, lumpur, ataupun tinta. Cara untuk membersihkan baju yang terbuat dari katun tersebut adalah dengan mencucinya menggunakan bantuan deterjen. Namun, jika hal ini dilakukan berulang-ulang akan menghabiskan biaya yang banyak. Untuk meminimalisir biaya tersebut, salah satu caranya adalah dengan melapisi katun dengan TiO₂ yang memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*), sehingga kain katun yang telah terlapisi oleh TiO₂ akan menjadi material yang memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan pelapisan film TiO₂ terhadap katun sehingga membuat katun menjadi material yang memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*). Katun merupakan bahan pakaian yang hampir sepenuhnya terdiri dari selulosa. Selulosa memiliki ketahanan terhadap panas yang rendah, karenanya harus dicari cara pelapisan TiO₂ yang tidak memerlukan perlakuan panas berlebih.

Dalam penelitian kali ini digunakan serbuk TiO₂ P25 *degussa* yang akan langsung dilapiskan pada katun dengan metode *dip coating* sehingga katun yang sudah terlapisi TiO₂ akan memiliki sifat swabersih. Namun, pelapisan TiO₂ secara langsung tersebut menghasilkan tingkat keberhasilan pelapisan yang rendah. Dipelukan *spacer*, yaitu bahan kimia (gugus fungsi) yang dicangkokkan kepada rantai selulosa pada katun dan membantu pengikatan dengan dengan TiO₂. Tanpa *spacer*, TiO₂ tidak akan menempel dengan baik pada katun. Lapisan TiO₂ pada permukaan katun akan membuat katun menjadi material yang memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*). Kemampuan material yang memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*) dapat dilihat dari perilaku fotokatalisisnya. Perilaku fotokatalisis TiO₂ menjadikan katun yang sudah terlapisi dapat mendegradasi zat warna ataupun zat pengotor lainnya. Tanda perilaku swabersih tersebut dapat dilihat dengan menggunakan instrument UV-VIS DRS yang akan merekam pola spektra pada daerah panjang bilangan gelombang tertentu dari waktu kewaktu. Perubahan pola spektra atau hilangnya puncak serapan tertentu menandakan hilangnya atau terdegradasinya pengotor.

Pengukuran sudut kontak dari suatu material juga dapat menjadi salah satu cara untuk menentukan apakah suatu material tersebut memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*). Pengukuran sudut kontak sendiri bertujuan untuk mengetahui apakah suatu material tersebut bersifat hidrofilik atau hidrofobik. Sifat hidrofobik dan hidrofilik ini juga akan menentukkan apakah TiO₂ sudah terlapiskan dengan baik pada permukaan katun. Selain itu, instrument FT-IR dapat menunjukkan indikasi bahwa suatu material memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*) dari sifat fotokatalisis suatu material.

Instrument FT-IR akan merekam pola spektra pada bilangan gelombang tertentu dari waktu ke waktu. Perubahan pola spektra atau hilangnya puncak serapan pada daerah tertentu menandakan terdegradasinya atau hilangnya pengotor.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah-masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Bagaimana cara melapiskan dengan baik TiO₂ pada kain katun?
- Apakah katun yang telah dilapisi oleh TiO₂ memiliki sifat ampifilik seperti yang dimiliki oleh TiO₂?
- Apakah katun yang telah dilapisi TiO₂ memiliki perilaku *self cleaning* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Memodifikasi permukaan kain katun dengan cara melapiskan TiO₂ agar memiliki sifat ampifilik
- Melakukan karakterisasi terhadap katun yang telah dilapisi oleh TiO₂.
- Menguji sifat fotokatalisis pada katun yang telah dilapisi oleh TiO₂.
- Menguji perilaku *self cleaning* pada katun yang telah dilapisi oleh TiO₂.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang mendasari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- Katun yang telah termodifikasi oleh TiO₂ memiliki sifat ampifilik
- Katun yang dilapisi oleh TiO₂ memiliki perilaku *self cleaning*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat mengenai pembuatan dan karakterisasi katun yang dilapisi oleh TiO₂ yang memiliki perilaku *self cleaning* yang nantinya akan menjadi suatu inovasi baru dalam perkembangan material *self cleaning* khususnya di Indonesia.

BAB 2

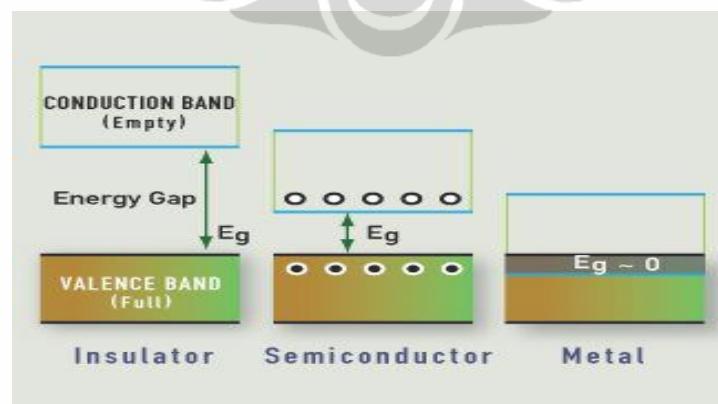
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip Dasar Fotokatalisis

Sifat menghantarkan listrik zat padat berdasarkan daya konduktivitas listriknya secara umum dikelompokkan menjadi tiga macam :

1. Konduktor, merupakan suatu bahan yang dapat dengan mudah menghantarkan arus listrik
2. Isolator, merupakan bahan dengan daya hantar listrik sangat lemah/tidak ada sama sekali
3. Semikonduktor, merupakan suatu bahan yang berada diantara konduktor dan isolator.

Konduktor merupakan bahan yang memiliki energi celah sangat kecil, yaitu kurang dari 0,5 eV, elektronnya akan dengan mudah pindah ke pita konduksi, sehingga bahan tersebut menghantar listrik. Sementara itu, isolator merupakan kebalikannya yakni memiliki celah energi yang sangat besar yaitu di atas 5 eV, elektronnya akan sulit pindah ke pita konduksi sehingga bahan tersebut tidak baik dalam menghantarkan listrik. Sedangkan semikonduktor berada di tengah antara konduktor dan isolator, yaitu bahan yang memiliki celah energi antara 0,5-5,0 eV (Zhao, Jiang, S. Zhang, Catterall, & John, 2004).

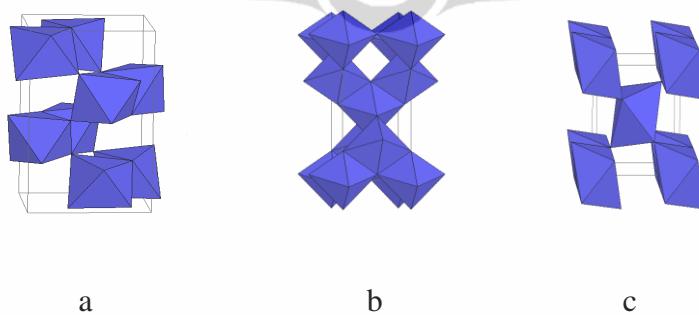


Gambar 2.1. Kedudukan Celah Pita (*Band Gap*) pada Berbagai Jenis Material
(Sumber: Chen et. al, 2008)

Pada logam yang merupakan konduktor, elektron pada pita valensi akan sangat mudah pindah ke pita konduksi. Elektron yang telah berada pada pita konduksi dapat bergerak bebas, sehingga bahan tersebut dapat menghantar listrik. Akan tetapi, tingkat energinya kontinyu, sehingga elektron yang dieksitasi oleh cahaya akan mengalami de-eksitasi dengan mudah. Karena umur pasangan elektron-*hole* sangat pendek sehingga fenomena ini tidak dapat dimanfaatkan. Keberadaan *band gap* pada semikonduktor mencegah deaktivasi pasangan elektron-*hole* sehingga *lifetime* pasangan elektron-*hole* cukup lama untuk berperan pada transfer elektron antarmuka (Serpone, N.& Pelizzetti, E., 1989).

2.2. Titanium Dioksida (TiO_2)

Salah satu senyawa oksida logam yang banyak dijumpai adalah TiO_2 , atau juga biasa dikenal sebagai titanium (IV) oksida atau titania. Di alam semikonduktor TiO_2 memiliki tiga tipe kristal yaitu rutile, anatase dan brooklite (Gambar 2.3). Tipe kristal yang umum digunakan adalah tipe rutile dan anatase. Struktur rutile memiliki band gap sebesar 3,0 eV setara dengan energi gelombang cahaya UV dengan panjang gelombang 388 nm, sedangkan struktur anatase memiliki band gap sebesar 3,2 eV yang setara dengan panjang gelombang 388 nm. Dengan nilai band gap tersebut, TiO_2 tergolong sebagai bahan semikonduktor, yaitu senyawa yang dapat bertindak sebagai konduktor saat menerima energi yang setara dengan nilai band gap dan sebaliknya.

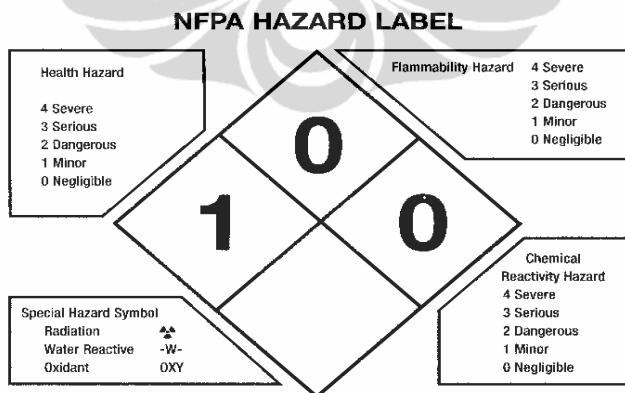


Gambar 2.2 Tiga bentuk kristal TiO_2 : A. Brookite, B. Anatase, C. Rutile

[sumber: ruby.colorado.edu]

Titanium dioksida (TiO_2) rutile maupun anatase memiliki struktur berbasis tetragonal. Struktur rutil memiliki 6 atom setiap unit sel, sedangkan struktur anatase memiliki 12 atom setiap unit selnya (Stashans, Lunnel et. al, 1996; Diebold, 2003). TiO_2 jenis anatase lebih fotoaktif daripada jenis rutil karena luas permukaan anatase lebih besar dari rutil sehingga sisi aktif per unit anatase lebih besar ketimbang yang dimiliki rutil. Struktur brookite paling tidak stabil dan paling sulit dipreparasi sehingga jarang digunakan dalam proses fotokatalitik (Fujishima, A., Hashimoto, K., & Watanabe, T., 1999; Jiang, D., 2004).

TiO_2 banyak dikenal sebagai fotokatalis yang dapat memecah hampir seluruh materi organik ketika terkena cahaya matahari, banyak perusahaan mengkapitalisasi reaktifitas TiO_2 dengan menciptakan produk-produk yang ramah lingkungan. TiO_2 banyak digunakan sebagai pelapis pada bahan-bahan seperti batu atau kaca untuk mengkatalis polutan seperti NO_x dari udara, dan menghancurnyanya menjadi senyawa yang aman bagi lingkungan yang bisa tersapu oleh air hujan. TiO_2 merupakan senyawa yang tidak terlalu berbahaya, tidak mudah terbakar, tidak ada resiko apabila terhirup, serta bukan senyawa karsinogenik. Berikut merupakan karakteristik dari TiO_2 serta label yang dikeluarkan oleh National Fire Protection Association (NFPA).



Gambar 2.3 Tabel NFPA dari TiO_2 [sumber : K.C. Abrasive Compa]

Tabel 2.1 Data Karakteristik Titanium Dioksida

Data Karakteristik Titanium Dioksida	
Rumus molekul	TiO ₂
Massa molekul	79,866 g/mol
Penampilan	Serbuk Putih
Densitas	4,23 g/mol, cairan
Titik leleh	1843 °C
Titik didih	2972 °C
Kelarutan dalam air	-
Refractive index	2.488 (anatase) 2.583 (brookite) 2.609 (rutile)
Titik nyala	non-flamable

Titanium dioksida (TiO₂) yang digunakan secara luas untuk bahan baku industri dan penanganan limbah biasanya merupakan campuran antara struktur anatase dan rutile. Produk yang paling populer adalah TiO₂ P25 yang diproduksi Degussa. Produk ini terdiri atas 80% struktur anatase, 20% struktur rutile, ukuran partikel lebih kurang 25 nm, dan luas permukaan 50 m²/gram (Ciston et. al, 2008).

2.3. Fotokatalis pada Permukaan TiO₂

Salah satu contoh semikonduktor adalah TiO₂ yang merupakan material yang potensial untuk dikembangkan sebagai fotokatalis karena beberapa keunggulan TiO₂ dibandingkan fotokatalis semikonduktor lainnya (Linsebigler, 1995; Sopyan, 1998) :

1. Mempunyai celah pita (*band gap*) yang besar (3,2 eV anatase dan 3,0 eV untuk rutile), sehingga memungkinkan banyak terjadinya eksitasi elektron ke pita konduksi dan pembentukan hole pada pita valens saat diinduksi cahaya ultraviolet.
2. TiO₂ mempunyai sifat stabil terhadap cahaya.
3. Mampu menyerap cahaya ultraviolet (UV) dengan baik.

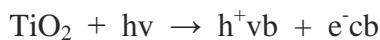
4. Bersifat inert dalam reaksi
5. Tidak beracun dan tidak larut dalam kondisi eksperimen
6. Secara umum memiliki akivitas fotokatalisis yang lebih tinggi daripada fotokatalisis lain seperti ZnO, CdS, dan SnO₂
7. memiliki kemampuan oksidasi yang tertinggi, termasuk zat organik yang sulit terurai sekalipun oleh aromatik, polimer, herbisida, dan pestisida.

Mekanisme fotokatalisis menggunakan semikonduktor TiO₂ berlangsung dengan mekanisme yang rumit dan masih terus didiskusikan (Hoffman, Martin et. al, 1995). Fotokatalisis sendiri merupakan reaksi yang terjadi ketika katalis mengabsorpsi sinar dengan panjang gelombang tertentu dan terjadi percepatan pada reaksi kimia pada substrat yang teradsorpsi di permukaannya. Pada kasus TiO₂, sinar yang diabsorpsi merupakan sinar UV. Reaksi ini pertama ditemukan oleh Fujima dan Honda pada tahun 1972. Ketika TiO₂ terkena sinar UV, membuat lubang elektron, yang kemudian membentuk –OH• yang lalu dapat dilanjutkan untuk reaksi selanjutnya.

Reaksi fotokatalisis secara umum terbagi dalam empat tahap, yaitu:

1. Reaksi pembentukan elektron konduksi dan hole valensi sebagai pembawa muatan (e⁻cb, h⁺vb) oleh foton.

Reaksi fotokatalitik dapat terjadi bila suatu semikonduktor menyerap energi yang sesuai atau lebih besar dari energi *band gap*, maka elektron-elektron pada pita valensi (Vb) akan tereksitasi ke pita konduksi (Cb). Karena elektron-elektron tersebut berpindah ke pita konduksi (Cb) maka meninggalkan hole pada pita valensi (Vb).



2. Penangkapan pembawa muatan (*charge carrier trapping*)

Selanjutnya hole yang terbentuk pada pita valensi akan terjebak dalam gugus titanol.



Sedangkan elektron yang berpindah ke pita konduksi akan terjebak pada permukaan metastabil.



3. Rekombinasi pembawa muatan (*charge carrier recombination*) disertai pembebasan energi dalam bentuk panas



4. Transfer muatan antarmuka

Reaksi oksidasi oleh hole pada pita valensi



Reaksi reduksi oleh elektron pada pita konduksi

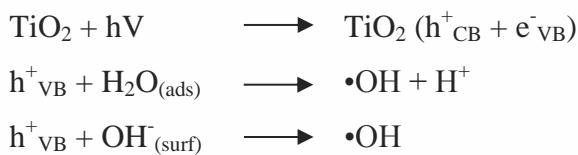


Keterangan:

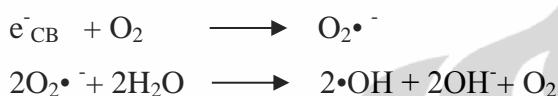
$> TiOH$: permukaan TiO_2 dalam keadaan terhidrat
e^-_{CB}	: elektron pada pita konduksi
h^+_{VB}	: lubang (hole) positif pada pita valensi
e^-_{tr}	: elektron pada pita konduksi yang terjebak
$(>Ti^{IV}OH\cdot)^+$: lubang (hole) positif pada pita valensi yang terjebak di permukaan
$(>Ti^{III}OH)$: elektron pita konduksi yang terjebak di permukaan
red	: donor elektron
oks	: akseptor elektron

Lubang positif (*hole*) pada pita valensi mempunyai sifat pengoksidasi yang sangat kuat (+1,0 sampai +3,5 V relatif terhadap elektroda hidrogen Nernst), sedangkan elektron pada pita konduksi mempunyai sifat pereduksi yang juga sangat kuat (+0,5 sampai -1,5 V relatif terhadap elektroda hidrogen Nernst). Reaksi degradasi fotokatalitik senyawa organik dapat terjadi langsung oleh *hole* maupun secara

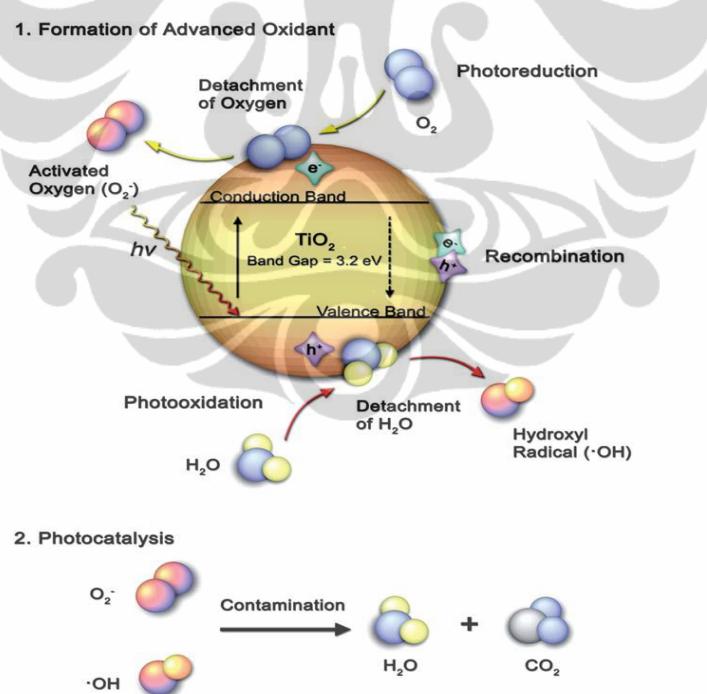
tidak langsung oleh radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) yang terbentuk akibat interaksi *hole* dengan air, atau ion hidroksil.



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



Radikal hidroksil sangat reaktif menyerang senyawa-senyawa organik menghasilkan CO_2 , H_2O dan ion-ion halida jika molekul organik mengandung atom-atom halogen (Hoffmann, M.R., et.al., 1995).



Gambar 2.4 Skema proses fotokatalis pada permukaan TiO_2

(Sumber: J. Mater. Chem, 2011)

2.4. Hidrofilisitas TiO₂

Suatu permukaan bersifat hidrofilik bila sudut kontak fasa air dengan permukaan benda lebih rendah dari 10° atau mendekati 0°. Lapisan Tipis TiO₂ pada permukaan benda ketika terkena sinar UV akan mengalami keadaan hidrofilik. Pada permukaan ini ketika terkena sinar UV, air mulai menyebar dan membentuk sudut kontak yang semakin kecil sehingga akhirnya hampir mencapai 0°.

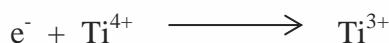
TiO₂ bila terkena sinar UV akan menghasilkan elektron pada pita konduksi dan lubang positif (*hole*) pada pita valensi. Elektron dan *hole* ini dapat berekombinasi atau pindah ke permukaan untuk bereaksi dengan bahan yang terserap di permukaan. Beberapa dari *hole* ini dapat pula bereaksi dengan oksigen membentuk permukaan oksigen yang kosong. Sementara beberapa elektron bereaksi dengan ion logam (Ti⁴⁺) membentuk (Ti³⁺)

Mekanisme sifat hidrofilik yang terjadi adalah sebagai berikut (Licciuli, 2002)

1. Ketika cahaya UV yang memiliki energi foton yang lebih besar atau sama dengan celah energi pita semi konduktor mengenai permukaan katalis, akan terjadi eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Efek yang ditimbulkan adalah terbentuknya elektron pada pita konduksi dan *hole* pada pita valensi. Hal ini akan terus berlangsung selama penyinaran.



2. Elektron pada pita konduksi mereduksi Ti (IV) menjadi Ti (III) menurut reaksi :



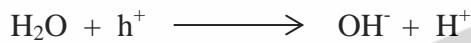
Selama penyinaran UV berlangsung, Ti³⁺ cenderung untuk bereaksi dengan molekul oksigen yang terserap di permukaan dan kembali menjadi Ti⁴⁺ menurut reaksi sebagai berikut :



3. Hole (h^+) akan mengoksidasi oksigen (O_2) yang berasal dari *bridging site* oksigen pada kristal TiO_2 . Hasil oksidasi oksigen akan dilepas dan menghasilkan *oxygen vacancies*.



4. Dengan adanya *oxygen vacancies*, permukaan menjadi hidrofilik karena air dapat dengan mudah mengisi tempat kosong dan menghasilkan gugus OH teradsorbsi yang membentuk *monolayer* pada permukaan TiO_2 menurut reaksi



Dengan adanya gaya Van der Waals dan ikatan hidrogen, grup OH teradsorsi dapat berikatan dengan air yang datang ke permukaan. Namun efek superhidrofilik akan berkurang bila cahaya UV dihentikan atau bila lapisan TiO_2 diletakkan di tempat gelap. Keadaan hidrofilik ini dapat dipertahankan apabila TiO_2 dikombinasikan dengan senyawa yang dapat menahan air pada strukturnya seperti SiO_2 . (Guan, 2005).

Ketika ada suatu tetesan air yang mengenai permukaan padatan, maka sudut kontak dapat diukur dengan menghitung sudut yang terbentuk antara permukaan padatan dan garis tangensial jari-jari embun dari titik kontak dengan padatan. Sudut kontak ini berhubungan dengan tegangan permukaan. Jika sudut kontak yang terjadi sebesar 0° , maka akan terjadi peristiwa pembasahan sudut antara $0^\circ - 90^\circ$ akan menghasilkan tetesan yang menyebar. Sedangkan pada sudut kontak $> 90^\circ$ akan membentuk titik embun pada padatan (*droplet*). (Licciuli, 2002).

Untuk mengukur sudut kontak yang terbentuk dapat menggunakan suatu alat yang disebut *Contact Angle Meter*. Jika sudut kontak yang terbentuk lebih besar dari 90° maka permukaan akan bersifat hidrofobik. Apabila permukaan memiliki sudut yang lebih kecil dari 10° , maka otomatis cairan akan langsung melebar dan membentuk lapisan tipis yang berarti permukaan bersifat hidrofilik.

2.5. Mekanisme *Self Cleaning*

Penggunaan dan pengembangan TiO₂ dalam beberapa tahun terakhir ini untuk aplikasi *self cleaning* terus dilakukan. Untuk membersihkan bahan pakaian yaitu tekstil memerlukan tenaga dan zat pembersih seperti deterjen. Namun dengan penggunaan material yang memiliki kemampuan membersihkan diri sendiri (*self cleaning*), penggunaan biaya seperti konsumsi deterjen dapat dikurangi secara signifikan.

Ketika TiO₂ diiluminasi dengan sinar UV yang bersumber dari lampu atau sinar matahari, TiO₂ menawarkan dua kemampuan yaitu :

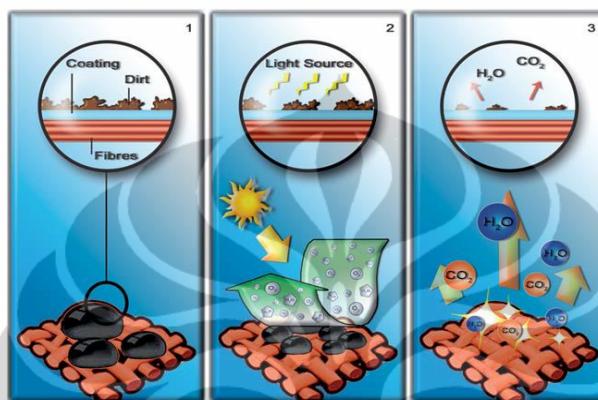
1. Super Hidrofilik
2. Kemampuan oksidasi reduksi yang kuat melalui proses fotokatalisis

Salah satu kemampuan *self cleaning* dari TiO₂ adalah pemanfaatan kemampuan hidrofilik dari TiO₂ untuk membentuk lapisan hidroksil pada permukaan yang dilapisi oleh katalis. Kontaminan atau kotoran yang datang tidak kontak langsung atau menempel pada permukaan material sehingga lebih mudah untuk dibersihkan dan meminimalisasi kotoran yang menempel.

Sinar matahari akan mengaktifasi lapisan TiO₂ pada permukaan dinding yang akan menghasilkan gugus hidroksil yang berasal dari air yang teradsorbsi secara kimia dan secara fisik. Kemudian air yang datang ke permukaan akan langsung menyebar dan membentuk lapisan tipis yang dapat membersihkan kotoran yang menempel serta tidak meninggalkan bercak air pada permukaan. Sifat hidrofilik terjadi karena terbentuknya pasangan elektron dan *hole* positif saat titanium dioksida (TiO₂) terkena sinar UV.

Selain itu, kemampuan *self cleaning* TiO₂ berasal dari kekuatan oksidasi kuat dari *hole* positif (h⁺). Mereka dapat bereaksi dengan air dalam satu langkah oksidasi untuk membuat radikal hidroksil yang sangat reaktif (•OH). Kedua “lubang positif” dan radikal hidroksil merupakan oksidator yang sangat kuat, sehingga dapat digunakan untuk mengoksidasi kebanyakan kontaminan dari bahan organik.

Secara umum oksigen pada udara sebagai penerima elektron juga membentuk ion oksigen super oksida. Spesies-spesies radikal yang dihasilkan akibat transfer muatan tersebut masing-masing memiliki potensial reduksi 1,78 volt dan 2,05 volt. Nilai potensial reduksi tersebut menunjukkan kemampuan mengoksidasi yang besar dan dapat dimanfaatkan dalam rangka degradasi senyawa-senyawa organik (Mills, 1997; Crittenden, Liu et. al, 1997).



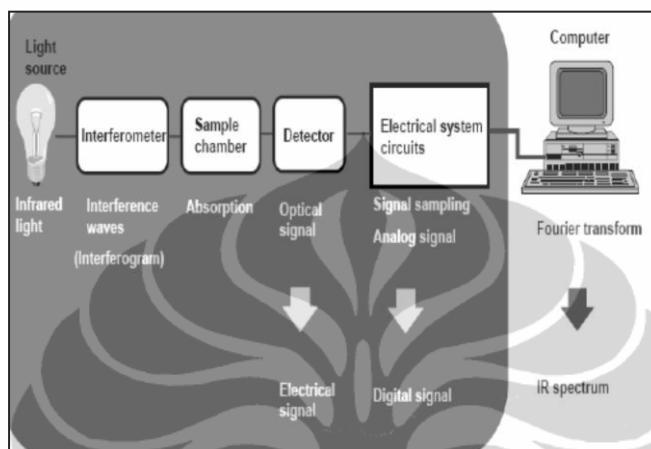
Gambar 2.5 Skema proses fotokatalis pada permukaan TiO₂
(Sumber: J. Mater. Chem, 2011)

2.6. Spektrometri Infra Merah

Prinsip spektrometri infra merah (IR) adalah serapan dari senyawa dengan tingkat energi vibrasi dan rotasi pada ikatan kovalen yang mengalami perubahan momen dipol dalam suatu molekul. Radiasi IR yang umumnya dipakai untuk analisis instrumental adalah daerah bilangan gelombang 4000-670 cm⁻¹. Bentuk dan struktur molekul menjadi penentu terjadinya interaksi radiasi IR dengan molekul. Molekul diatomik tertentu misalnya H₂, N₂ dan O₂ tidak dapat mengabsorbsi IR karena vibrasi dan rotasinya tidak menghasilkan perubahan momen dipol (Sunardi, 2007).

Radiasi inframerah (IR) ditemukan oleh Sir William Herschel pada tahun 1800. Spektrofotometri IR didasarkan pada interaksi antara vibrasi atom-atom yang berikatan atau gugus fungsi dalam molekul dengan mengabsorbsi radiasi gelombang elektromagnetik IR. Absorpsi terhadap radiasi infra merah dapat menyebabkan eksitasi energi vibrasi molekul ke tingkat energi vibrasi yang lebih

tinggi dan besarnya absorpsi adalah terkuantitasi dan spesifik. Vibrasi yang normal mempunyai frekuensi sama dengan frekuensi radiasi elektromagnetik yang diserap sehingga bersifat spesifik terhadap atom-atom yang berikatan atau gugus fungsi tertentu. Proses absorpsi (spektra IR) hanya dapat terjadi apabila terdapat perubahan baik nilai maupun arah dari momen dwi kutub ikatan.



Gambar 2.6 Skema Instrumentasi FTIR

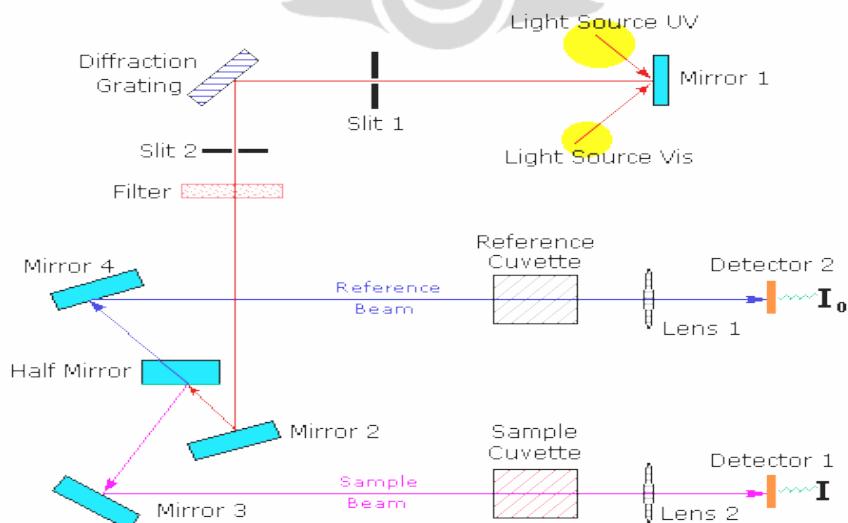
2.7. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah mikroskop yang menggunakan pancaran sinar yang muncul dikarenakan adanya eksitasi elektron untuk melihat artikel yang berukuran mikron. Sejak tahun 1950 SEM dikembangkan dan banyak digunakan dalam bidang medis maupun dalam pengembangan ilmu pengetahuan. SEM telah banyak digunakan oleh para peneliti untuk menguji dan menemukan berbagai spesimen. SEM memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikroskop konvensional yakni dapat menunjukkan gambar spesimen yang lebih jelas dan memiliki tingkat resolusi yang lebih tinggi pula. SEM mampu memfoto suatu permukaan dengan perbesaran dari 20 sampai 100.000 kali. Prinsip kerja SEM adalah permukaan sampel dibombardir oleh elektron berenergi tinggi dengan energi kinetik antara 1-25 kV. Elektron yang langsung menumbuk sampel ini dinamakan elektron primer, sedangkan elektron yang terpantul dari sampel dinamakan elektron sekunder. Elektron sekunder yang berenergi rendah dilepaskan dari atom-atom yang ada pada permukaan sampel dan akan menentukan bentuk rupa dari sampel.

2.8. Spektroskopi UV-Visible

Spektrofotometri Sinar Tampak (UV-Vis) adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu. Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (visible) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Pengukuran spektrofotometri menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis membuat spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit didalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorban pada panjang gelombang tertentu, , dan menerapkan hukum Lambert-Beer. Hukum Lambert-Beer menyatakan hubungan linieritas antara absorban dengan konsentrasi larutan analit dan berbanding terbalik dengan transmisi. Dalam hukum Lambert-Beer tersebut ada beberapa keadaan yang harus dipenuhi, yaitu :

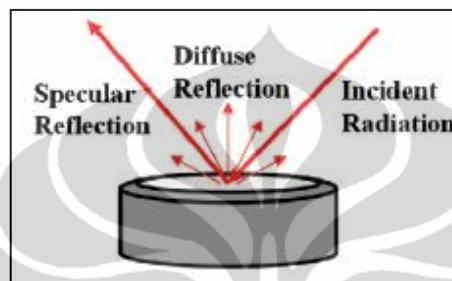
- Sinar yang digunakan dianggap monokromatis
- Penyerapan terjadi dalam suatu volume yang mempunyai penampang yang sama
- Senyawa yang menyerap dalam larutan tersebut tidak tergantung terhadap yang lain dalam larutan tersebut
- Tidak terjadi fluorensensi atau fosforisensi
- Indeks bias tidak tergantung pada konsentrasi larutan



Gambar 2.7 Skema Kerja UV/Vis

2.9. Diffuse Reflectance

Diffuse reflectance bergantung pada proyeksi fokus dari spektrometer sinar ke dalam sampel di mana hal itu tercermin, tersebar dan ditransmisikan melalui bahan sampel. Contoh sampel yang dapat diukur adalah batubara, sampel tanah, dan lapisan difus pada dasar reflektif. Biasanya, sampel harus digiling dan dicampur dengan matriks non-menyerap seperti KBr. Sampel untuk matriks Rasio harus antara 1 sampai 5% (berat).



Gambar 2.8 Ilustrasi *diffuse reflectance*

(Sumber: www.piketech.com, 2011)

Dari pengukuran menggunakan *diffuse reflectance* akan diperoleh nilai besaran reflektan yang nantinya di konversi menggunakan persamaan tauc untuk memperoleh nilai energi gap. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas spektra dalam sampel *diffuse reflectance*:

- Ukuran Partikel
 - mengurangi ukuran partikel sampel berarti mengurangi kontribusi refleksi dari permukaan.
 - Partikel yang lebih kecil meningkatkan kualitas spektrum. Ukuran yang direkomendasikan dari sampel / matriks partikel adalah 50 mikrometer atau kurang.
- Indeks bias
 - Efek ini dapat dikurangi secara signifikan dengan pengenceran sampel.

2.10. Contact Angle Meters

Sudut kontak (θ) merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air destilasi yang diteteskan ke permukaan bahan uji. Dengan kata lain, sudut kontak merupakan sudut yang terjadi antara permukaan zat dan garis

singgung cairan. Pengukuran sudut kontak pada suatu bahan isolasi dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofobik atau hidrofilik.



Gambar 2.9 Ilustrasi sudut kontak pada permukaan bahan

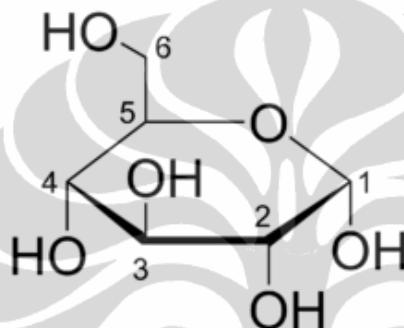
Untuk pengukuran sudut kontak, dapat menggunakan alat yang disebut *contact angle meter*, dimana air yang ditetaskan terhadap permukaan akan diambil gambarnya menggunakan kamera digital, lalu kemudian menghitung sudut kontaknya. Sudut kontak yang akan diukur adalah sudut yang terbentuk antara permukaan padatan dan garis tangensial jari-jari embun dari titik kontak dengan padatan.

2.11. Kain Katun

Serat tumbuhan atau serat pangan biasanya tersusun atas selulosa, semiselulosa, dan kadang-kadang mengandung pula lignin. Sifat umum serat selulosa adalah mudah menyerap air (higroskopis), mudah kusut, dan jika dilakukan uji pembakaran menimbulkan bau dan arang seperti terbakar. Contoh dari serat jenis ini yaitu katun dan kain rami. Katun merupakan kain yang berasal dari serat kapas yang dimana 90% nya merupakan selulosa. Selulosa merupakan bagian utama susunan jaringan tanaman berkayu, bahan tersebut terdapat juga pada tumbuhan perdu seperti paku, lumut, ganggang dan jamur. Penggunaan terbesar selulosa yang berupa serat kayu dalam industri kertas dan produk turunan kertas lainnya. Industri lain yang banyak menggunakan bahan baku ini adalah industri pertekstilan yang dikenal sebagai serat rayon. Indonesia memiliki sumber daya/hasil hutan maupun hasil pertanian sebagai potensi bahan selulosa yang sangat kaya. Karakteristik selulosa antara lain muncul karena adanya struktur kristalin dan amorf serta pembentukan mikro fibril dan fibril yang pada akhirnya menjadi serat selulosa. Sifat selulosa sebagai polimer tercermin dari bobot

molekul rata-rata, polidispersitas dan konfigurasi rantainya. Sebagai sumber serat, batang pisang cukup potensial untuk dikembangkan menjadi pulp karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi (Anonim, 2007)

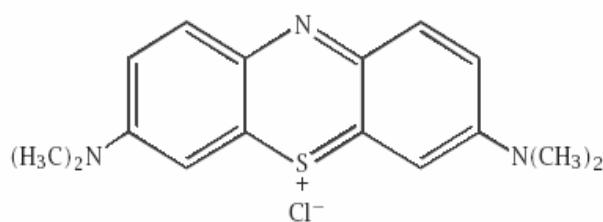
Unit glukosa dari selulosa ditunjukkan pada beta (1- 4) *linked*. Metode hamburan cahaya juga menunjukkan selulosa terbentuk dari 5000 – 10000 unit glukosa. Bagian yang unik dari selulosa adalah kemampuannya untuk membentuk rantai panjang serat disebut mikrofibril. (K.T. Meilert, et. al, 2006)



Gambar 2.10 Gambaran proyeksi Haworth struktur glukosa

2.12. *Methylene Blue*

Methylene Blue adalah salah satu zat warna (*dyes*) yang banyak digunakan sebagai pewarna tekstil, kertas, dan kosmetik. Metilen biru adalah senyawa aromatik heterosiklik dan kationik dengan rumus molekul C₁₆H₁₈N₃SCl. Padatannya berwarna hijau tua dan apabila dilarutkan dalam air atau alkohol menghasilkan warna biru. *Methylene Blue* memiliki titik leleh 105° C dan memiliki kelarutan yang tinggi dalam air, sekitar 43,6 gram/L (Jian-xiao et. al, 2011). Struktur molekul *Methylene Blue* pada Gambar 2.1.1



Gambar 2.11. Struktur Molekul *Methylene Blue*

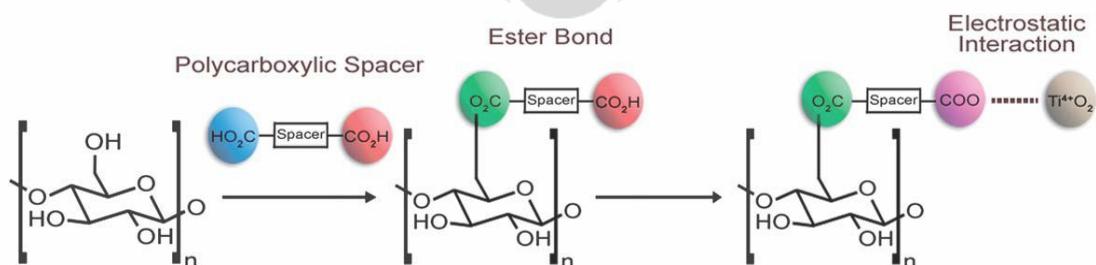
(Sumber: Jian-xiao et. al, 2011)

2.13. Pelapisan TiO_2 pada Kain Katun

Katun merupakan senyawa yang banyak terdiri dari unit glukosa. Setiap unit glukosa ini saling berikatan satu sama lain yang akan membentuk rantai panjang yang disebut polisakarida. Polisakarida memiliki banyak gugus hidroksil atau gugus OH bebas yang tersebunyi pada rantai panjangnya, sehingga TiO_2 tidak akan menempel baik pada katun ketika akan dilapisi. Diperlukan penambahan *spacer* pada gugus OH sehingga TiO_2 dapat menempel pada katun. Spacer pada katun menggunakan senyawa yang memiliki 2 atau lebih gugus karboksilat yang bebas sehingga dapat memungkinkan adanya ikatan antara katun dengan TiO_2 . Selain itu, *spacer* juga harus memiliki stabilitas kimia dan panas.

Prinsip ikatan antara katun dengan *spacer* adalah reaksi esterifikasi. Suatu ester dapat dibentuk dengan reaksi langsung antara suatu asam karboksilat dengan suatu alkohol. Esterifikasi menggunakan katalis asam dan merupakan reaksi reversible (Fessenden, 1982)

Suatu senyawa asam karboksilat adalah suatu senyawa yang mengandung gugus COOR dengan R adalah gugus alkil. Salah satu dari gugus karboksilat pada *spacer* akan berikatan dengan gugus hidroksil dari katun yang akan membentuk ikatan kovalen. Kemudian, gugus karboksilat lainnya pada *spacer* akan berikatan dengan TiO_2 secara elektrostatik.



Gambar 2.12. Mekanisme Pelapisan TiO_2 Pada Katun

(Sumber: J. Mater., 2011)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan

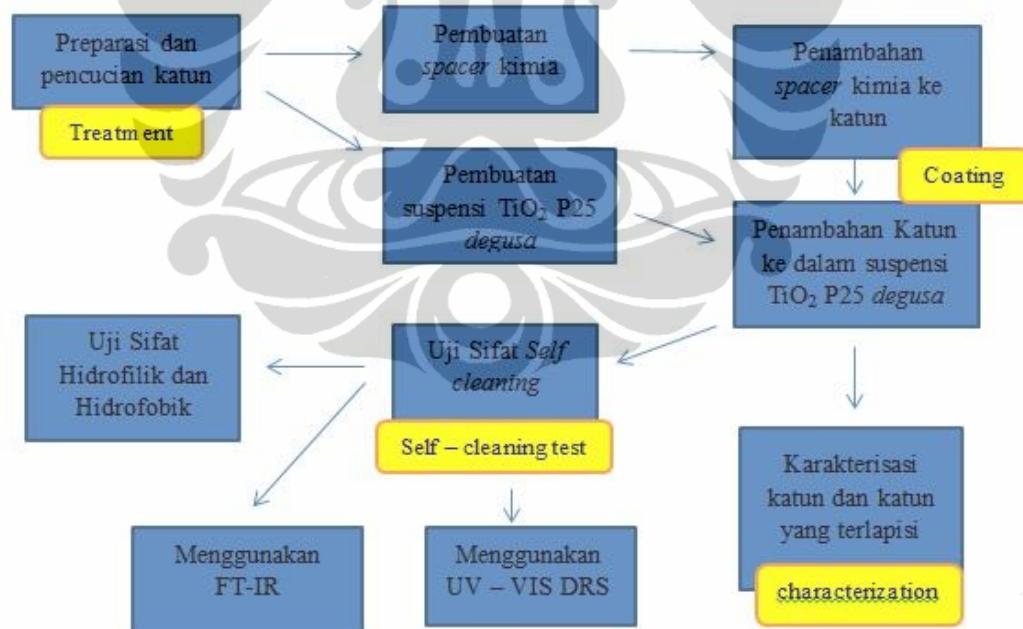
3.1.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, UV-Vis spektrofotometer (Shimadzu 2450), FT-IR spektrofotometer (Shimadzu), SEM (Inspect F50), peralatan gelas, pengaduk magnet, lampu UV, *Contact angle meter*, *sonicator*, oven.

3.1.2. Bahan

Bahan yang digunakan yaitu H_2O_2 , NaOH, Amonia, Asam Suksinat, NaH_2PO_4 , TiO_2 P25 *degussa*, *aqua bidestilasi*, Katun ukuran 3x3 cm.

3.2. Bagan Kerja



3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Preparasi dan Pencucian Kain Katun

- Kain katun yang telah dipotong dengan ukuran 3x3 cm dicuci menggunakan H_2O_2 dan NaOH.

- Kain katun dicuci dengan *aqua bidestilasi* dan dicuci lagi menggunakan ammonia
- Amonia yang tersisa dihilangkan dengan cara diuapkan

3.3.2. Pembuatan *Spacer* Kimia

- Asam Suksinat ditimbang sebanyak 1,6 gram, kemudian dilarutkan dalam 25 ml *aqua bidestilasi*.
- NaH_2PO_4 ditimbang sebanyak 0,0013 gram, kemudian dilarutkan dalam 25 ml *aqua bidestilasi*.
- Kedua larutan dicampur dan dipanaskan untuk mempercepat reaksi

3.3.3. Pembuatan Suspensi TiO_2 P25 *Degussa*

- Padatan TiO_2 P25 *Degussa* ditimbang sebanyak 0,1 gram, kemudian disuspensikan dalam 25 ml air.
- Suspensi disonikasi selama 30 menit.

3.3.4. Penambahan *Spacer* Kimia pada Permukaan Kain Katun

- Katun *treatment* dimasukkan ke dalam larutan *spacer* selama 1 jam.
- Katun dikeringkan selama 3 menit pada suhu 90°C .
- Katun dipanaskan pada temperature 150°C selama 2 menit

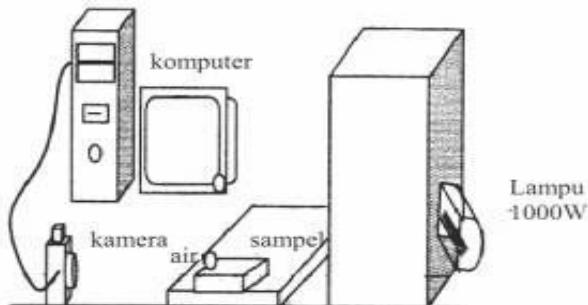
3.3.5. Penambahan TiO_2 pada Permukaan Kain Katun

- Katun *treatment* dimasukkan ke dalam larutan *spacer* selama 1 jam.
- Katun dikeringkan selama 3 menit pada suhu 90°C .
- Katun dipanaskan pada temperature 170°C selama 2 menit.

3.3.6. Uji Karakterisasi TiO_2 pada Katun

- *Diffuse Reflectance Spectroscopy UV-Vis* digunakan untuk menentukan energi celah dari TiO_2 pada kain katun
- FTIR digunakan untuk mengetahui adanya ikatan TiO_2 pada katun
- SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan katalis TiO_2 pada katun

- *Contact Angle Meter* digunakan untuk mengetahui sifat ampifilik pada katun



Gambar 3.1 Ilustrasi Rangkaian Pengukuran Sudut Kontak

Berikut adalah cara pengukuran sudut kontak :

- Sudut kontak yang akan diukur adalah sudut yang terbentuk antara permukaan padatan dan garis tangensial jari-jari embun dari titik kontak dengan padatan.
- Sampel uji disiapkan
- Peralatan pengujian yaitu kamera digital dan seperangkat komputer disiapkan
- Lampu sorot yang diletakkan dibelakang sampel dinyalakan. Lampu tersebut diberi lapisan kertas agar sorotan yang keluar dapat terbias dengan baik.
- Pengujian dilakukan dengan memberi tetesan air sebanyak 1 tetes pada permukaan sampel uji, setelah itu dilakukan pemotretan tetesan air tersebut.
- Besarnya sudut kontak θ dari hasil pemotretan dihitung

3.3.7. Uji Perilaku *Self Cleaning*

3.3.7.1. Pembuatan Larutan Standar *Methylene Blue*

- Larutan *methyelene blue* dengan konsentrasi 300 ppm disiapkan.
- Larutan diteteskan pada katun dengan volume yang berbeda-beda, yaitu 100, 150, 200, 250, dan 300 μl .
- Uji UV-VIS DRS dilakukan

3.3.7.2. Uji Perilaku *Self Cleaning* dengan Lampu UV

- Katun yang tidak dilapisi oleh TiO₂ diberikan *methylene blue* sebanyak 300 µl dengan konsentrasi 300 ppm dan katun yang telah dilapisi oleh TiO₂ diberikan *methylene blue* sebanyak 300 µl dengan konsentrasi 300, 200, dan 100 ppm.
- Katun diberi perlakuan *coating* TiO₂ (*dip coating*) sebanyak 2 kali dan 3 kali.
- Kedua katun dengan perbedaan *coating* TiO₂ diberikan *methylene blue* sebanyak 300 µl dengan konsentrasi 300 ppm
- Katun yang telah disiapkan tersebut diiluminasi menggunakan lampu UV selama 100 menit dan dilakukan uji UV-Vis DRS pada katun yang telah disiapkan dengan selang waktu 0 menit, 20 menit, 40 menit, 60 menit, 80 menit dan 100 menit.

3.3.7.3. Uji Perilaku *Self Cleaning* dengan Sinar Matahari

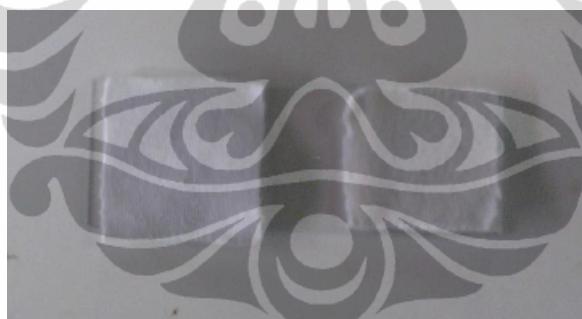
- Katun yang telah dilapisi oleh TiO₂ diberikan *methylene blue* sebanyak 300 µl dengan konsentrasi 300 ppm
- Katun diberikan *methylene blue* sebanyak 300 µl pada berat ppm terbesar yaitu 300 ppm.
- Katun tersebut disinari dengan sinar matahari selama 6 jam dan dilakukan uji UV-VIS DRS pada katun yang telah dilapisi oleh TiO₂ pada selang waktu 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam. dan uji FTIR dengan selang 0 jam, 3 jam, dan 6 jam.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. *Treatment Kain Katun*

Kain katun yang digunakan pada penelitian adalah berupa bahan baju berwarna putih, yang banyak ada di pasaran. Bahan dipotong-potong dengan ukuran 3x3 cm. Pada sebagian katun yang telah dipotong dilakukan perlakuan dengan cara merendamnya ke dalam larutan H_2O_2 3% selama 15 menit, lalu dikeringkan selama 5 menit dan direndam kembali kedalam larutan 1M NaOH selama 5 menit. Katun kemudian dikeringkan selama 20 menit dan dicuci menggunakan *aquabidest*, lalu direndam kembali ke dalam ammonia pekat serta dikeringkan selama 12 jam hingga ammonia menghilang. Perlakuan ini dikerjakan agar pengotor ataupun zat lain seperti zat anti kusut yang menempel pada katun menghilang. Saat perendaman pada larutan NaOH, katun yang semula berukuran 3x3 cm menjadi mengecil. Hal ini terjadi karena kemungkinan adanya zat anti kusut dalam katun yang sebelumnya sudah *dicoating* pada katun.



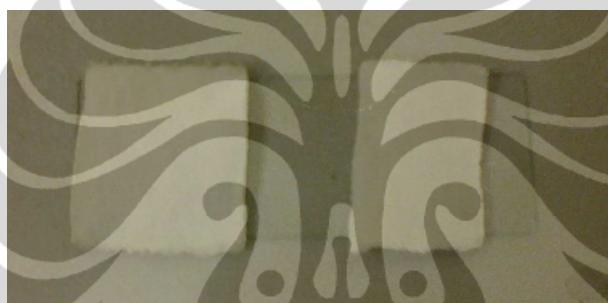
Gambar 4.1 Sampel potongan kain katun sebelum perlakuan (kiri) dan sampel potongan kain katun setelah perlakuan (kanan)

Terlihat pada gambar 4.1, potongan kain katun sebelum perlakuan (selanjutnya disebut Katun-TP) lebih besar dari potongan kain katun setelah perlakuan (selanjutnya disebut Katun-DP). Hal ini membuktikan bahan baju berwarna putih yang banyak di pasaran telah memiliki zat tambahan, misalnya zat anti kusut. Zat anti kusut pada bahan baju dihilangkan dengan *treatment* sehingga potongan kain katun yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan kain katun tanpa zat anti kusut.

4.2. Penambahan *Spacer* Kimia pada Kain Katun

Spacer yang digunakan pada penelitian ini adalah asam suksinat. Kriteria *spacer* adalah memiliki dua gugus karboksilat bebas. Masing-masing gugus karboksilat akan berikatan dengan gugus hidroksil pada katun berdasarkan prinsip esterifikasi serta mengikat TiO_2 secara elektrostatik.

Katun yang sudah mendapat perlakuan dimasukkan ke dalam larutan *spacer* dan didiamkan selama 1 jam, lalu dikeringkan pada suhu 90° selama 3 menit dan dipanaskan pada suhu 170° selama 2 menit (selanjutnya disebut Katun-DP-Sp). Pemanasan dilakukan agar mempercepat terjadinya reaksi kimia antara *spacer* dan katun. Prinsip ikatan antara katun dan *spacer* adalah reaksi esterifikasi.

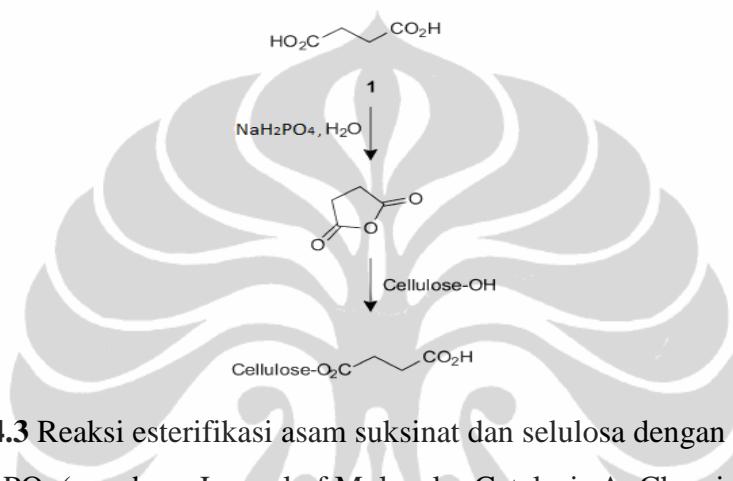


Gambar 4.2 Sampel potongan kain katun sebelum penambahan *spacer* (kiri) dan sampel potongan kain katun setelah penambahan *spacer* (kanan)

Katun merupakan bahan yang mengandung selulosa, yaitu polimer yang terdiri dari unit glukosa. Setiap unit glukosa ini saling berikatan satu sama lain yang akan membentuk rantai panjang yang disebut polisakarida. Polisakarida memiliki banyak gugus hidroksil atau gugus OH bebas yang tersembunyi pada rantai panjangnya. Sedangkan suksinat bertindak sebagai *spacer* yang memiliki dua gugus karboksilat bebas yang salah satunya akan berikatan dengan katun melalui proses esterifikasi.

Proses esterifikasi akan berjalan dengan baik jika dilakukan penambahan katalis. Umumnya katalis yang digunakan dalam proses esterifikasi adalah asam. Asam akan memprotonasi oksigen karbonil yang akan diikuti terikatnya alkohol pada karbon positif yang akan mengeliminasi air. Kondisi yang terlalu asam akan

menyebabkan terhidrolisisnya selulosa, oleh karena itu pemilihan katalis menjadi sesuatu yang penting. Penggunaan garam fosfat NaH_2PO_2 sebagai katalis mengantikan asam dalam reaksi esterifikasi bertujuan untuk mengurangi kerusakan karena asam (Puspha Bajaj, 2001). Pada penelitian ini digunakanlah garam fosfat lainnya yaitu NaH_2PO_4 . J. Kiwi (2005) menjelaskan reaksi esterifikasi antara katun dan asam suksinat dengan bantuan katalis NaH_2PO_4 adalah,



Gambar 4.3 Reaksi esterifikasi asam suksinat dan selulosa dengan bantuan katalis NaH_2PO_4 (sumber : Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 2005)

Asam suksinat akan membentuk anhidrida suksinat ketika ditambahkan katalis pada suhu 170° C . Esterifikasi selulosa dengan turunan karboksilat terjadi melalui mekanisme anhidrida siklik dari turunan karboksilat akibat pemanasan pada temperatur 170° C (Yang, 2003). Reaksi ini akan menyebabkan kain katun dapat berikatan dengan asam suksinat yang bertindak sebagai *spacer*.

4.3. Penambahan TiO_2 Pada Permukaan Katun

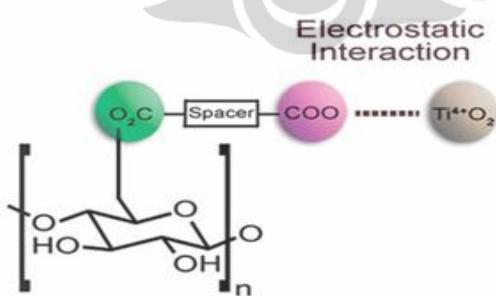
TiO_2 yang digunakan adalah TiO_2 P25 *degussa* yang memiliki fasa kristal campuran antara anatase dan rutil. TiO_2 P25 *degussa* sangat sering digunakan dalam berbagai penelitian maupun dalam dunia industri. TiO_2 P25 *degussa* berbentuk serbuk ditimbang seberat 0,1 gram dilarutkan dengan *aquabidest* dalam labu ukur 25 ml. Larutan yang terbentuk adalah suspensi, dimana TiO_2 tidak larut dalam air. Kemudian suspensi disonikasi selama 30 menit. Sonifikasi dilakukan

agar TiO_2 terdispersi secara homogen dalam air dan tidak mudah mengendap ke dasar labu ukur.



Gambar 4.4 Sampel potongan kain katun sebelum penambahan TiO_2 (kiri) dan sampel potongan kain katun setelah penambahan TiO_2 (kanan)

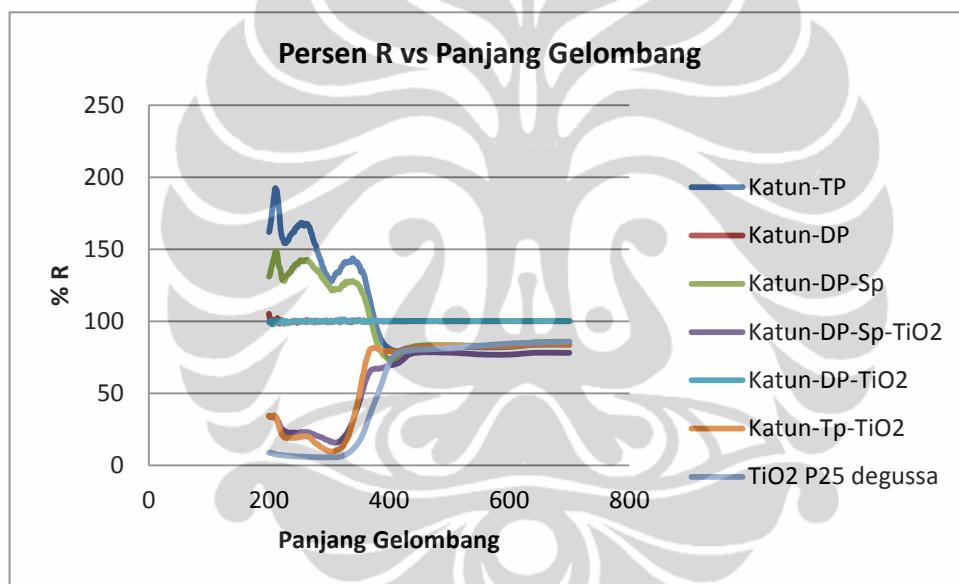
Katun yang telah diberikan *spacer* direndam dalam suspensi TiO_2 P25 *degussa* yang telah disiapkan selama 30 menit, lalu dipanaskan pada suhu 75° selama 1 jam. Dilanjutkan dengan mengeringkan katun pada suhu 100° selama 1 jam. Katun kemudian disonikasi menggunakan sonikator selama 5 menit (Katun-DP-Sp- TiO_2). Sonikasi bertujuan agar TiO_2 yang tidak menempel pada katun terlepas dari katun. TiO_2 P25 *degussa* dapat menempel pada katun melalui interaksi elektrostatik. Katun yang sudah diberi *spacer*, berupa asam suksinat memfasilitasi ketersediaan gugus karboksilat bebas dari asam suksinat dan akan berikatan dengan TiO_2 P25 *degussa* melalui interaksi elektrostatik.



Gambar 4.5 Interaksi elektrostatik TiO_2 dengan *spacer*
(Sumber: J. Mater., 2011)

4.4. Karakterisasi Menggunakan *Diffuse Reflectance Spectroscopy UV-Vis*

Karakterisasi menggunakan *Diffuse Reflectance Spectroscopy UV-Vis* dilakukan untuk melihat pola spektra pada kain katun sebelum dan sesudah dimodifikasi permukaannya. Kain katun yang diuji adalah kain katun tanpa perlakuan (Katun-TP), kain katun yang telah mengalami perlakuan (Katun-DP), kain katun dengan *spacer* suksinat (Katun-DP-Sp), katun tanpa perlakuan yang dilapisi TiO₂ (Katun-TP-TiO₂), katun yang mengalami perlakuan dan dilapisi TiO₂ (Katun-DP-TiO₂), katun *spacer* suksinat dilapisi TiO₂ (Katun-DP-Sp-TiO₂) dan TiO₂ P25 *degussa* sebagai pembanding. Berikut adalah hasil uji daerah serapan pada masing-masing sampel.



Gambar 4.6 Hasil uji UV-Vis DRS 6 katun berbeda dan TiO₂ P25 *degussa*

TiO₂ memiliki daerah serapan sinar UV, yaitu pada panjang gelombang 200 – 400 nm. Nilai persen R berbanding terbalik dengan absorbansi, oleh karena itu turunnya nilai persen R menunjukkan adanya serapan foton oleh spesi tertentu. Spektra DRS dari Katun-Suks-TiO₂ (Katun-DP-Sp-TiO₂) dan katun tanpa perlakuan tetapi dilapisi TiO₂ (Katun-TP-TiO₂) menunjukkan pola spektra dengan penurunan persen R dibawah panjang gelombang sekitar 370 nm. Hasil ini menunjukkan bahwa pola spektra yang mengindikasikan keberadaan TiO₂ diamati dengan baik muncul pada Katun-DP-Sp-TiO₂ dan Katun-TP-TiO₂, menandakan bahwa TiO₂ terimobilisasi dipermukaannya. Sementara itu pada kain katun yang

mendapat perlakuan dan dilapisi menggunakan TiO_2 (Katun-DP- TiO_2) tidak menunjukkan pola spectrum penurunan persen R yang spesifik. Hasil ini menunjukkan katun yang telah mendapatkan perlakuan tidak mampu menahan TiO_2 agar termobilisasi dipermukaannya. Proses perlakuan yang dilakukan adalah untuk menghilangkan zat aditif. Dengan hilangnya zat aditif, maka pada permukaan bahan hanya ada selulosa yang tidak mampu mengikat TiO_2 dengan baik. Zat aditif pada bahan katun komersil yang digunakan justru mampu membantu imobilisasi TiO_2 pada kain katun. Hasil yang didapatkan pada pengukuran UV-Vis DRS dapat digunakan untuk menghitung *band gap* dari TiO_2 yang terimobilisasi pada kain katun. Band gap TiO_2 dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan Kubelka-Munk.

$$F(R) = \frac{K}{S} = \frac{(1 - R)^2}{2R}$$

$F(R)$: Faktor Kubelka-Munk

K : Koefisien absorpsi

S : Koefisien scattering

R : Nilai reflektan

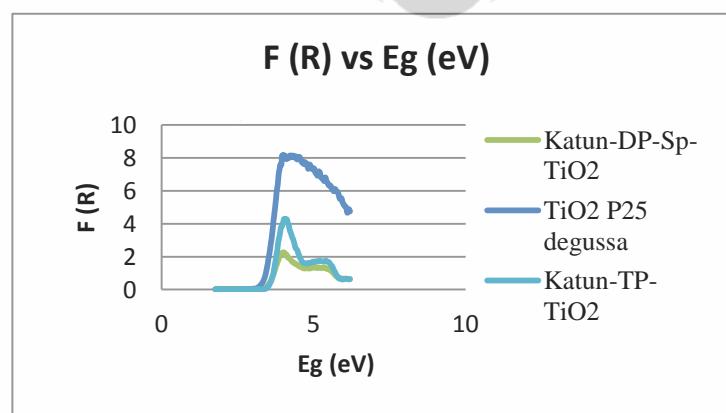
Nilai K mempunyai hubungan dengan energi foton melalui persamaan Tauc:

$$K = A (hv - Eg)^{m/2}$$

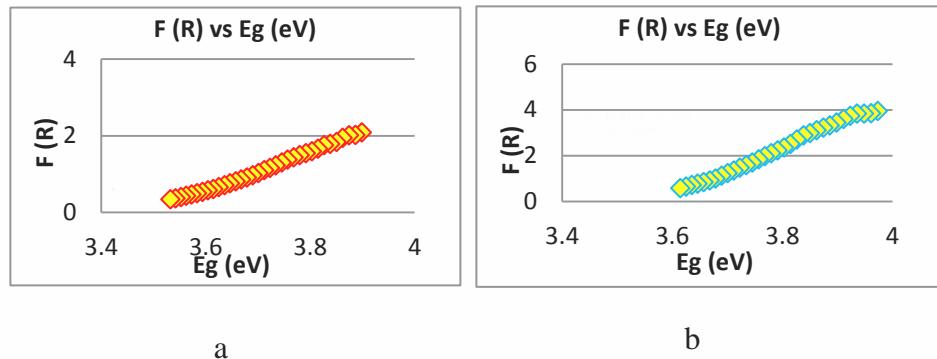
A = konstanta proporsional

Eg = band gap (eV)

m = 1 (untuk transisi langsung yang diperbolehkan)



Gambar 4.7 Spektra Kubelka-Munk vs energi dari TiO_2 P25 *degussa* dan kedua katun yang memiliki serapan TiO_2



Gambar 4.8 Daerah linier pada kurva $F(R)$ vs Eg (eV), Katun-DP-Sp-TiO₂ (a) dan Katun-TP-TiO₂ (b)

Dengan mengalurkan E sebagai sumbu-x (dalam eV) dan $F(R)$ sebagai sumbu-y maka diperoleh grafik seperti pada Gambar 4.8. Perpotongan garis lurus dengan sumbu x pada sumbu y sama dengan nol dari daerah linier pada kurva tersebut yang akan memberikan nilai *band gap* dari material. Dari hasil perhitungan menggunakan faktor Kubelka-Munk diatas, maka akan didapatkan nilai *band gap* dari masing-masing sampel yang diuji.

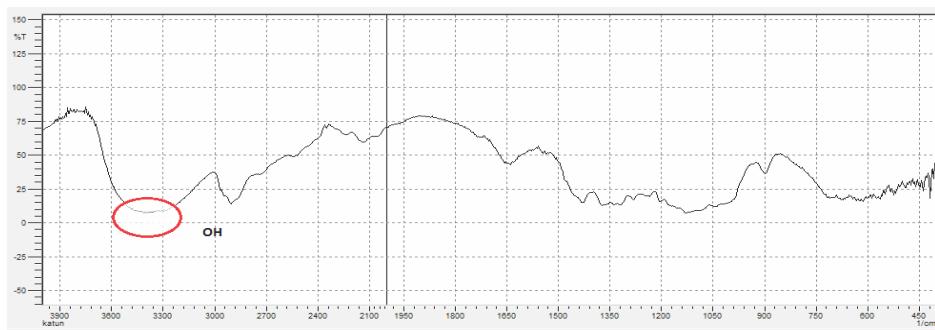
Tabel 4.1 Nilai band gap beberapa TiO₂ yang dipreparasi

Sampel	Band gap
TiO ₂ P25 <i>degussa</i>	3.38
Katun <i>Spacer</i> + TiO ₂	3.43
Katun biasa + TiO ₂	3.51

Nilai band gap yang didapatkan pada katun yang dilapisi TiO₂ sesuai dengan band gap dari TiO₂ P25 *degussa*. Hal ini membuktikan katun telah mengikat TiO₂ secara elektrostatik dan menahan TiO₂ agar terimobilisasi dipermukaannya.

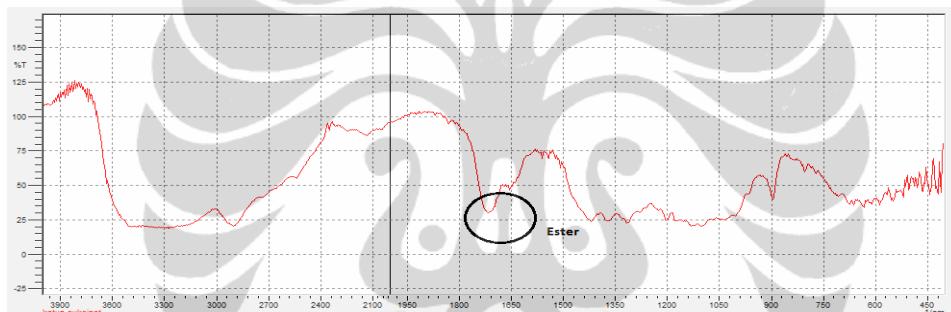
4.5. Karakterisasi Menggunakan Spektrometri Infra Merah

Karakterisasi menggunakan spektrometri infra merah dilakukan terhadap tiga buah sampel, yaitu katun yang telah mendapat perlakuan (Katun-DP), katun yang telah mendapat perlakuan dan diberi *spacer* suksinat (Katun-DP-Sp), dan katun yang mendapat perlakuan diberi spacer dan dilapisi TiO₂ (Katun-DP-Sp-TiO₂).



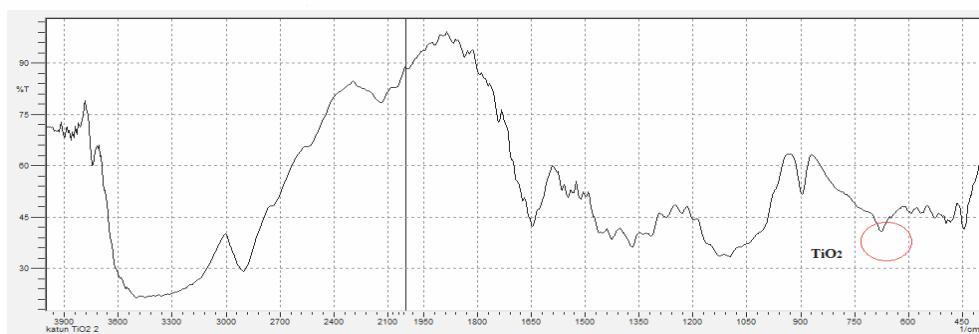
Gambar 4.9 Spektrum infra merah katun-DP

Gambar 4.9 menunjukkan puncak berada pada bilangan gelombang 3200-3600 cm⁻¹ dan 2850-3000 cm⁻¹. Puncak pada bilangan gelombang 3200-3600 cm⁻¹ merupakan indikasi keberadaan gugus OH dan pada 2850-3000 cm⁻¹ merupakan indikasi keberadaan gugus C-H. Gugus OH merupakan salah satu bagian dari komposisi selulosa yang terdiri dari unit-unit glukosa yang membentuk rantai panjang.



Gambar 4.10 Spektrum infra merah katun-DP-Sp

Gambar 4.10 menunjukkan adanya puncak baru yang berada pada bilangan gelombang 1717 cm⁻¹. Puncak yang berada pada bilangan gelombang sekitar 1716-1719 cm⁻¹ merupakan indikasi keberadaan dari karbonil karboksilat ataupun ester (Creswell, 2005). Hasil membuktikan katun telah berikatan dengan *spacer*.

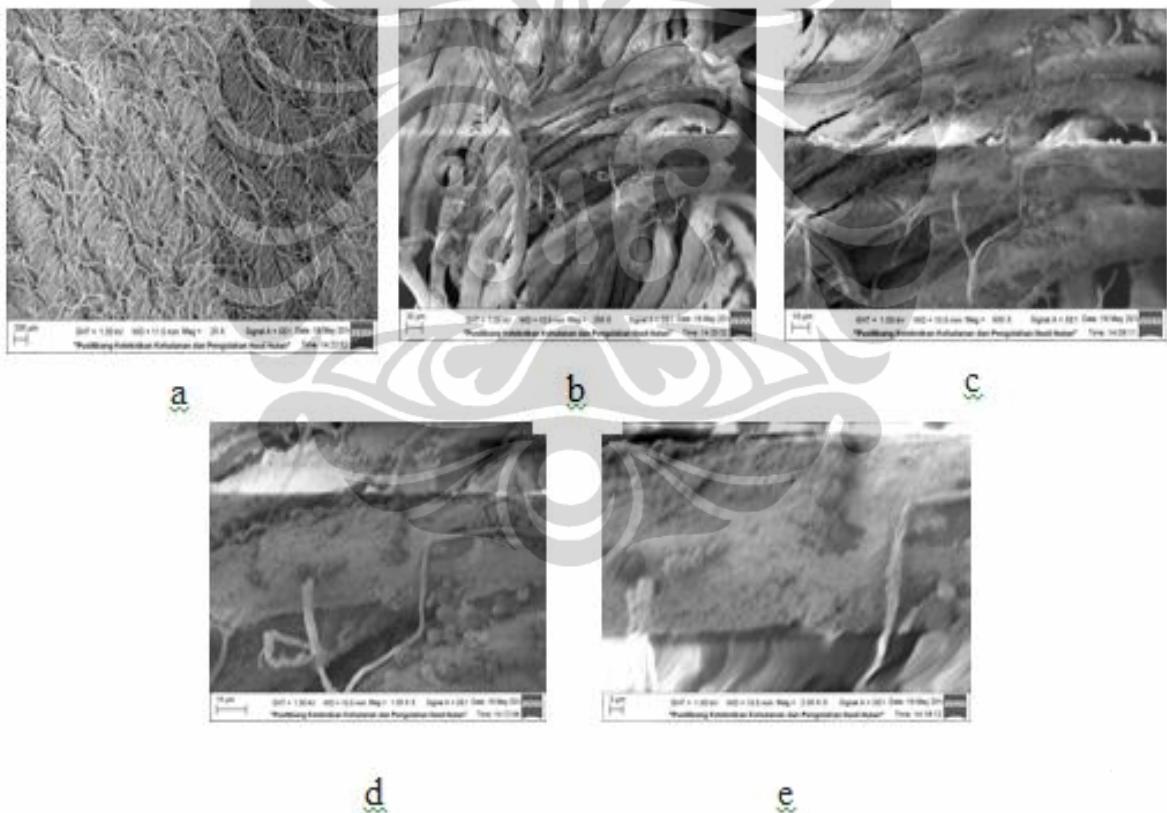


Gambar 4.11 Spektrum infra merah katun-Katun-DP-Sp-TiO₂

Gambar 4.11 menunjukkan adanya puncak baru yang berada pada daerah bilangan gelombang 676 cm^{-1} . Bilangan gelombang pada interval 600 cm^{-1} sampai dengan 800 cm^{-1} bersesuaian dengan ikatan $\sim\text{Ti—O—Ti}\sim$ pada titanium dioksida (TiO_2) (Wang, Rijing et. al, 2012). Hal ini membuktikan katun telah mengikat TiO_2 dan menahan TiO_2 agar terimobilisasi dipermukaannya

4.6. Karakterisasi Menggunakan *Scanning Electron Microscopy*

Karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* bertujuan untuk melihat morfologi katun yang termodifikasi oleh TiO_2 . Foto *Scanning Electron Microscopy* memperlihatkan keberadaan dan morfologi dan lapisan TiO_2 pada permukaan katun.



Gambar 4.12 Hasil perbesaran menggunakan *scanning electron microscopy* katun yang dilapisi oleh TiO_2 (a) perbesaran 20x (b) perbesaran 250x (c) perbesaran 500x (d) perbesaran 1000x (e) perbesaran 2000x

Dari foto dengan perbesaran 1000 kali dan 2000 kali, terlihat jelas lapisan TiO₂ yang menempel pada permukaan katun.

4.7. Karakterisasi Menggunakan *Contact Angle Meters*

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air destilasi yang diteteskan pada permukaan bahan uji. Pengukuran sudut kontak pada suatu bahan dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan dari bahan tersebut bersifat hidrofobik atau hidrofilik. Karakterisasi menggunakan *Contact Angle Meter* dilakukan untuk mengetahui apakah katun yang terlapisi oleh TiO₂ menunjukkan sifat hidrofobik dalam keadaan tanpa sinar UV dan bersifat hidrofilik saat diiluminasi sinar UV.

Suatu permukaan bersifat hidrofilik bila sudut kontak fasa air dengan permukaan benda lebih rendah dari 10° atau mendekati 0°. Jika sudut kontak yang terbentuk lebih besar dari 90° menandakan permukaan bersifat hidrofobik (Licciuli, 2002). Penentuan sudut kontak air dilakukan dengan menggunakan *contact angle meter* buatan sendiri (Rustikawati, 2003). Air yang diteteskan pada permukaan diambil gambarnya menggunakan kamera digital dan dilanjutkan dengan menghitung sudut kontak. Sudut kontak yang dihitung adalah sudut yang terbentuk antara permukaan padatan dan garis tangensial jari-jari *droplet* pada titik kontak dengan padatan.



Gambar 4.13 Hasil foto sudut kontak katun terlapisi TiO₂ dalam keadaan tanpa lampu UV

Gambar 4.13 menunjukkan hasil pemotretan katun terlapisi TiO₂. Dari hasil perhitungan sudut kontak, didapatkan sudut kontak kiri sebesar 110,68° dan sudut

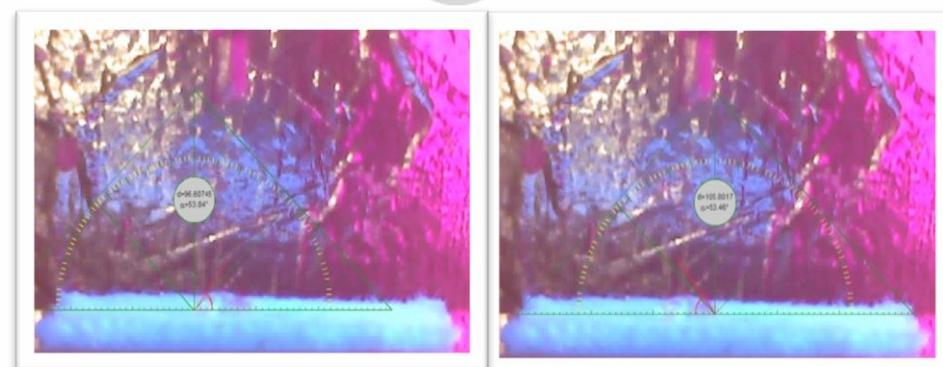
kontak kanan sebesar $110,43^\circ$. Kedua sudut kontak dijumlah dan dirata-rata sehingga menghasilkan sudut kontak sebesar $110,55^\circ$. Besar sudut kontak yang didapatkan lebih besar dari 90° dan menunjukkan permukaan katun terlapisi TiO_2 pada saat gelap memiliki sifat hidrofobik.



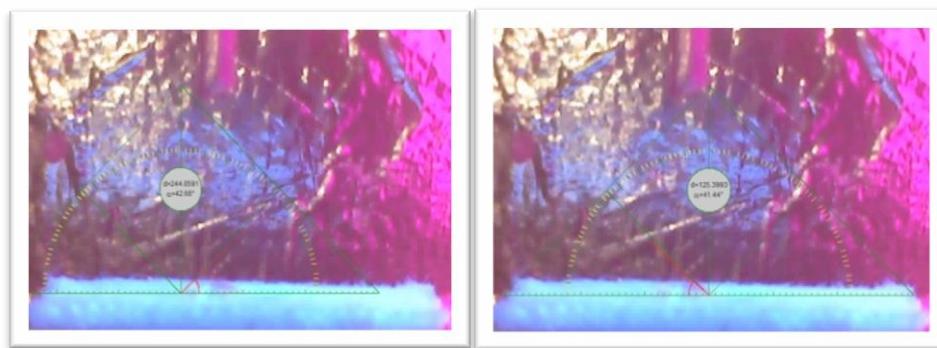
Gambar 4.14 Hasil foto sudut kontak katun terlapisi TiO_2 dalam keadaan lampu UV dengan lama iluminasi 0 detik



Gambar 4.15 Hasil foto sudut kontak katun terlapisi TiO_2 dalam keadaan lampu UV dengan lama iluminasi 30 detik



Gambar 4.16 Hasil foto sudut kontak katun terlapisi TiO_2 dalam keadaan lampu UV dengan lama iluminasi 60 detik



Gambar 4.17 Hasil foto sudut kontak katun terlapisi TiO_2 dalam keadaan lampu UV dengan lama iluminasi 90 detik



Gambar 4.18 Hasil foto sudut kontak katun terlapisi TiO_2 dalam keadaan lampu UV dengan lama iluminasi 120 detik



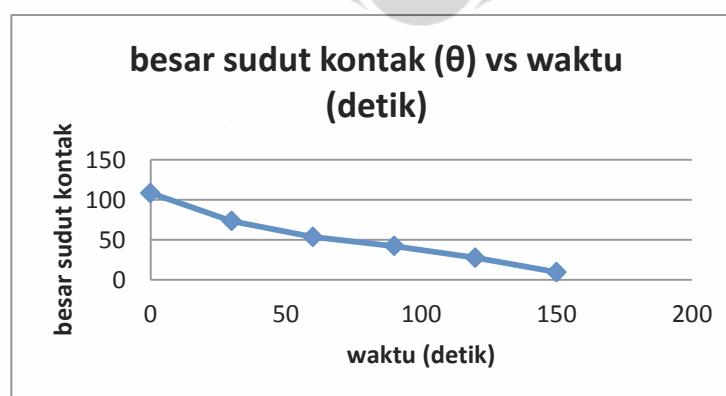
Gambar 4.19 Hasil foto sudut kontak katun terlapisi TiO_2 dalam keadaan lampu UV dengan lama iluminasi 150 detik

Besar sudut kontak (θ) yang didapatkan bisa dilihat pada table berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil sudut kontak berdasarkan perbedaan lamanya waktu iluminasi

Waktu (detik)	Besar sudut	Besar sudut	Rata-rata Besar hasil
	kontak kiri (θ)	kontak kanan (θ)	sudut kontak (θ)
0	108.65	108.31	\pm 108.48
30	72.85	73.89	\pm 73.37
60	53.84	53.46	\pm 53.65
90	42.68	41.44	\pm 42.06
120	27.46	27.44	\pm 27.45
150	9.62	9.39	\pm 9.51

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa katun yang telah dilapisi TiO_2 memiliki besar sudut kontak sebesar 108.48° pada saat gelap (tanpa iluminasi sinar UV), dan memberikan sudut kontak sebesar 9.51° setelah diiluminasi dengan sinar UV selama 150 detik. Katun yang telah dilapisi oleh TiO_2 memiliki sifat ampifilik, yaitu bersifat hidrofobik saat gelap dan hidrofilik saat terang (Gunlazuardi, 2010). Tetapi ada satu kendala pada pengamatan waktu yang lebih lama, dimana *aquabidest* yang digunakan ikut terserap pada permukaan katun setelah melewati waktu 150 detik. Berikut adalah gambar kurva perbandingan antara sudut kontak yang terbentuk (θ) dengan waktu iluminasi sinar UV.



Gambar 4.20 Kurva perbandingan besar sudut kontak (θ) vs Lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar UV

4.8 Uji Perilaku *Self Cleaning*

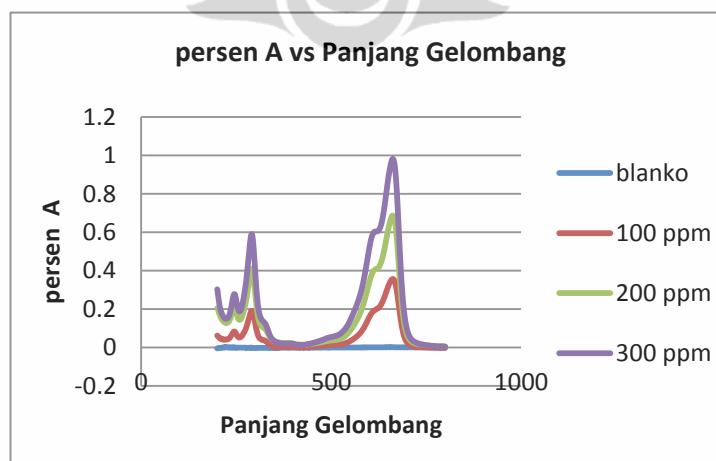
4.8.1 Pembuatan Larutan Standar *Methylene Blue*

TiO_2 memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik melalui mekanisme fotokatalisis. Mekanisme fotokatalisis pada TiO_2 dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan material katun yang memiliki perilaku *self cleaning*. Pada penelitian ini, senyawa organik yang digunakan adalah *methylene blue*. *Methylene blue* yang digunakan berupa larutan dengan konsentrasi 300 ppm, 200 ppm, dan 100 ppm.



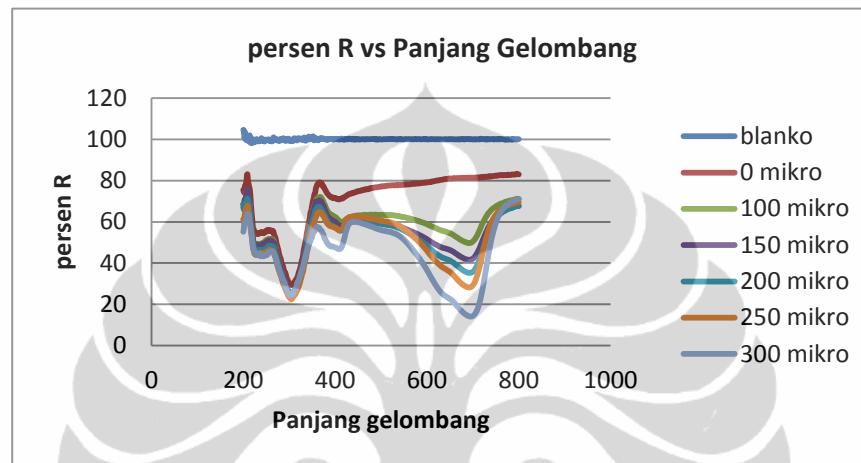
Gambar 4.21 Larutan *Methylene blue* 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm

Gambar 4.21 menunjukkan perbedaan warna larutan *Methylene blue* dengan konsentrasi 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm. 300 ppm memiliki warna lebih gelap daripada *Methylene blue* 200 ppm dan 100 ppm. Selanjutnya dilakukan pengukuran spektrum UV-Vis untuk mengetahui pola spektra dari *Methylene blue*.



Gambar 4.22 Kurva persen A vs panjang gelombang larutan *Methylene blue* 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm

Gambar 4.22 menunjukkan pola puncak serapan yang terbentuk pada daerah panjang gelombang 200–800 nm. Pola spektra *Methylene blue* akan digunakan untuk membandingkan dengan pola spektra saat pengujian perilaku *self cleaning*. Larutan *Methylene blue* 300 ppm diteteskan pada katun yang telah dilapisi TiO_2 dengan perbedaan volume tetesan, yaitu 100, 150, 200, 250, dan 300 μl , lalu dilakukan uji UV-Vis DRS.



Gambar 4.23 Kurva persen R vs panjang gelombang larutan *Methylene blue* pada katun terlapisi TiO_2

Gambar 4.23 menunjukkan terdapat puncak reflektan pada panjang gelombang $200 - 800 \text{ cm}^{-1}$. Jumlah MB semakin besar akan memberikan persen R semakin kecil. Jumlah MB atau besarnya konsentrasi MB berbanding lurus dengan nilai $F(R)$. Dengan menggunakan persamaan kubelka-munk, dapat dicari nilai $F(R)$ pada masing-masing volume.

Tabel 4.3 Nilai $F(R)$ pada masing-masing volume tetesan

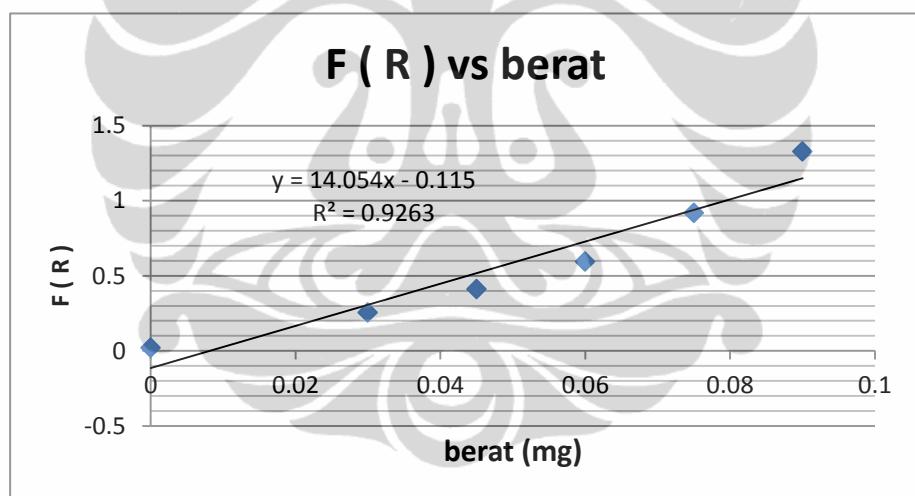
Berat (mg)	$F(R)$
0	0.021
0.03	0.254
0.045	0.410
0.06	0.595
0.075	0.917
0.09	1.327

Satuan volume dapat diubah menjadi satuan berat yang digunakan untuk perhitungan persen degradasi.

Tabel 4.4 Nilai F(R) pada masing-masing berat

Volume (μ liter)	F (R)
0	0.021
100	0.254
150	0.410
200	0.595
250	0.917
300	1.327

Dengan mengalurkan berat sebagai sumbu-x (dalam mg) dan F(R) sebagai sumbu-y maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.23

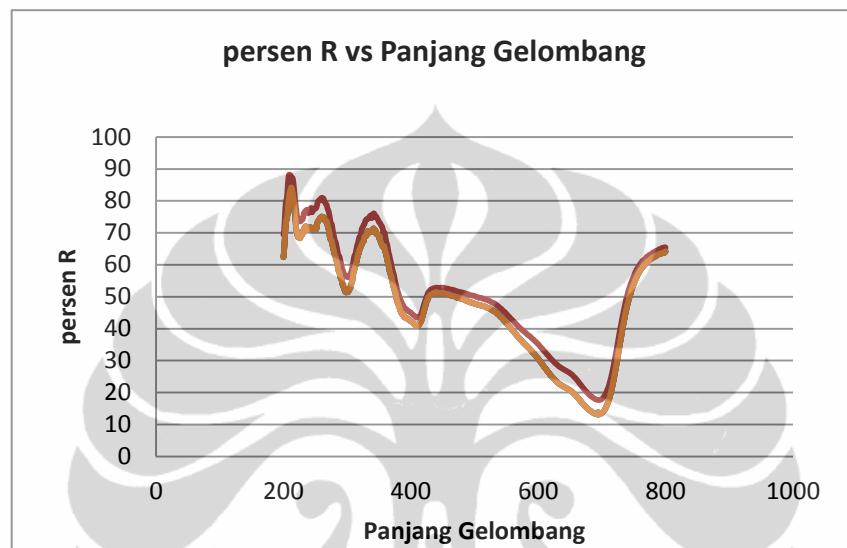


Gambar 4.24 Kurva F (R) vs berat (mg)

Dari kurva yang dihasilkan, terdapat persamaan $y = 14.054x - 0.115$. Nilai F(R) adalah sumbu y dan didapatkan nilai x pada selama waktu iluminasi. Nilai x yang didapatkan merupakan berat (mg) yang terdapat pada selama waktu iluminasi. Persamaan ini digunakan untuk perhitungan persen degradasi senyawa *Methylene Blue*.

4.8.2 Uji Perilaku *Self Cleaning* Katun-TP-Methylene Blue

Terhadap katun biasa tanpa *treatment* dan tanpa dilapisi TiO₂ ditetesan larutan *methylene blue* sebanyak 300 µl 300 ppm (selanjutnya disebut katun-TP-MB) dan diiluminasi menggunakan lampu UV, lalu dilakukan pengukuran spectrum. UV-Vis DRS pada berbagai waktu iluminasi, yaitu 20, 40, 60, 80 dan 100 menit.

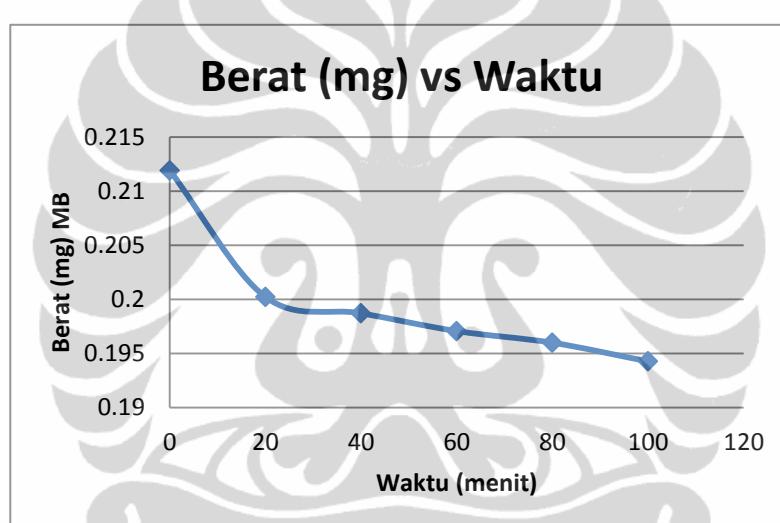


Gambar 4.25 Kurva persen R vs panjang gelombang katun-TP-MB pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV

Gambar 4.25 menunjukkan adanya perubahan puncak persen R *methylene blue* seiring bertambahnya waktu iluminasi. Dengan menggunakan persamaan kubelka-munk, akan didapatkan nilai F(R) yang kemudian dimasukkan dalam persamaan $y = 14.054x - 0.115$, dimana nilai F(R) adalah sumbu y dan didapatkan nilai x pada selama waktu iluminasi. Nilai x yang didapatkan merupakan berat (mg) yang terdapat pada selama waktu iluminasi.

Tabel 4.5 Berat (mg) MB tersisa selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV pada katun-TP-MB

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	Berat (mg) tersisa
0	0.211
20	0.200
40	0.198
60	0.197
80	0.196
100	0.194

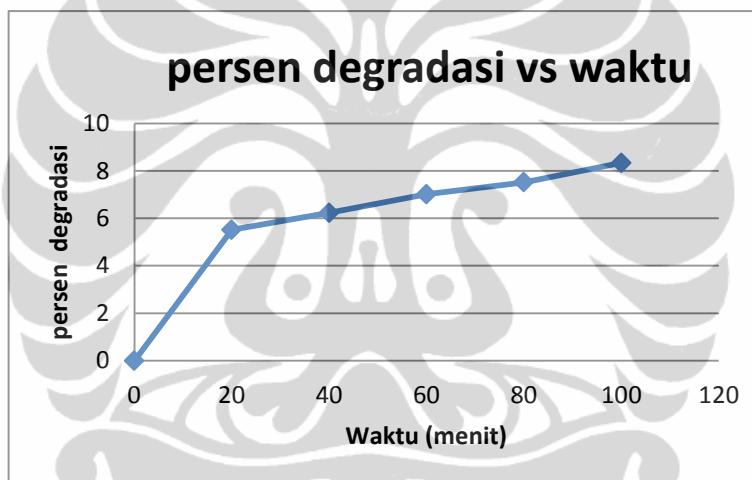


Gambar 4.26 Kurva berat (mg) MB tersisa vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV pada katun-TP-MB

Tabel 4.5 dan gambar 4.26 menunjukkan adanya sedikit pengurangan berat (mg) *methylene blue* selama waktu iluminasi menggunakan sinar UV. Semakin lama waktu iluminasi, maka semakin kecil berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada katun biasa. Pengurangan berat (mg) terjadi karena peristiwa fotolisis. Fotolisis adalah proses degradasi yang terjadi karena adanya iluminasi dari cahaya. Dengan menggunakan data berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada permukaan katun, maka dapat ditentukan persen degradasi senyawa *methylene blue* pada permukaan katun.

Tabel 4.6 Persen degradasi MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV pada katun-TP-MB

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	persen degradasi katun biasa
0	0
20	5.516
40	6.228
60	7.007
80	7.514
100	8.330



Gambar 4.27 Kurva persen degradasi vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV pada katun-TP-MB

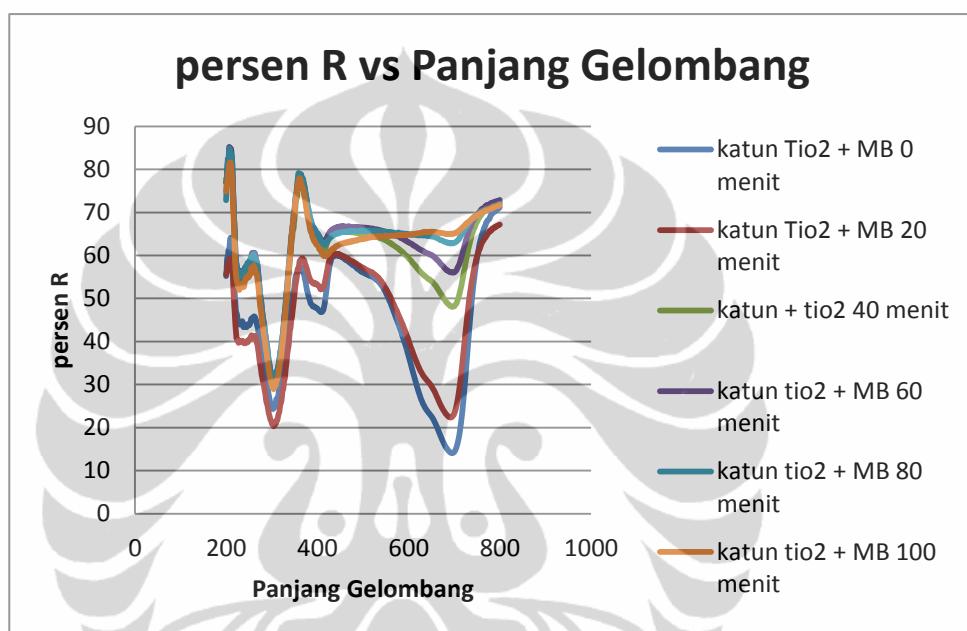
persen degradasi yang didapat dalam waktu 100 menit pada katun-TP-MB sebesar 8,33 %. Hal ini menunjukkan degradasi menggunakan iluminasi lampu UV saja secara fotolisis, belum menghasilkan kemampuan *self cleaning* pada katun.

4.8.3 Uji Perilaku *Self Cleaning* Katun-DP-Sp-TiO₂-Methylene Blue

Uji sifat *self cleaning* kali ini menggunakan tiga variasi konsentrasi *methylene blue*. Konsentrasi *methylene blue* yang digunakan adalah 300, 200, dan 100 ppm. Masing-masing konsentrasi diteteskan pada katun yang

telah disiapkan dengan volume 300 μl . katun yang telah diteteskan *methylene blue*, diiluminasi menggunakan lampu UV. Pengukuran spektra UV-Vis DRS dilakukan pada perbedaan waktu lamanya iluminasi, yaitu pada 20, 40, 60, 80 dan 100 menit.

4.8.3.1 Uji Perilaku *Self Cleaning* Katun-DP-Sp-TiO₂-*Methylene Blue* 300 ppm

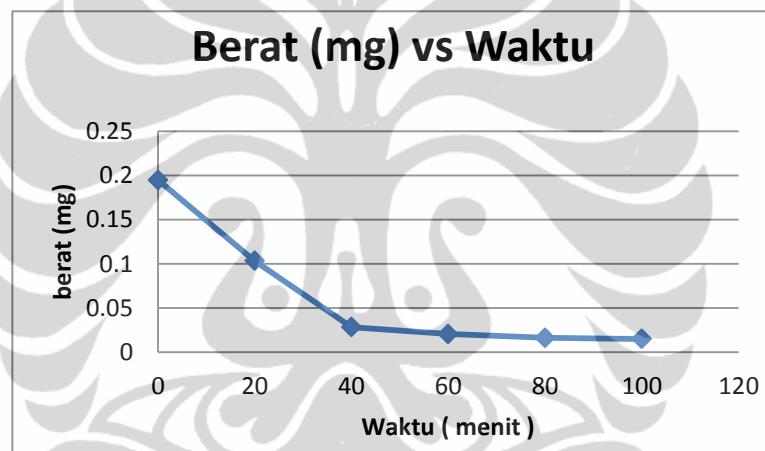


Gambar 4.28 Kurva persen R vs panjang gelombang katun-DP-Sp-TiO₂-*Methylene Blue* pada 300 ppm sebanyak 300 μl pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV

Gambar 4.28 menunjukkan kenaikan persen reflektan pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Dengan menggunakan persamaan kubelka-munk maka akan didapatkan nilai F(R) yang kemudian dapat dimasukkan ke dalam persamaan $y = 14.054x - 0.115$. Nilai F(R) dianggap sebagai sumbu y dan didapatkan nilai x pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Nilai x yang didapatkan merupakan berat (mg) yang terdapat pada permukaan katun seiring dengan bertambahnya waktu iluminasi menggunakan lampu UV.

Tabel 4.7 Berat (mg) MB tersisa selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 300 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	Berat (mg) MB
0	0.195
20	0.103
40	0.028
60	0.020
80	0.016
100	0.015



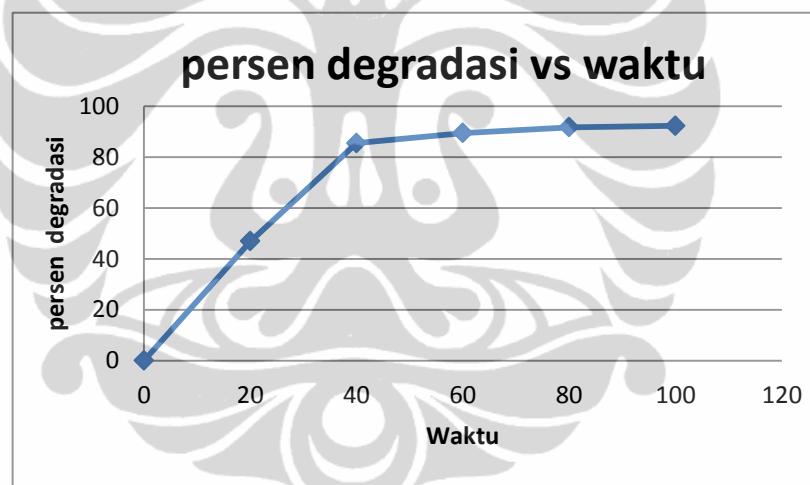
Gambar 4.29 Kurva berat (mg) tersisa vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 300 ppm

Tabel 4.7 dan gambar 4.29 menunjukkan semakin lama waktu iluminasi, semakin kecil berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada permukaan katun yang telah dilapisi TiO₂. Pengurangan berat (mg) terjadi karena peristiwa fotokatalisis pada permukaan katun yang telah dilapisi TiO₂. Pengurangan berat (mg) yang terjadi cukup besar dan signifikan. Dalam waktu 100 menit, *methylene blue* tersisa sebesar 0,015 mg. Dengan menggunakan data berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada permukaan katun dengan yang telah dilapisi

TiO_2 , maka dapat ditentukan persen degradasi dari senyawa *methylene blue*.

Tabel 4.8 Persen degradasi MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp- TiO_2 -MB pada 300 ppm

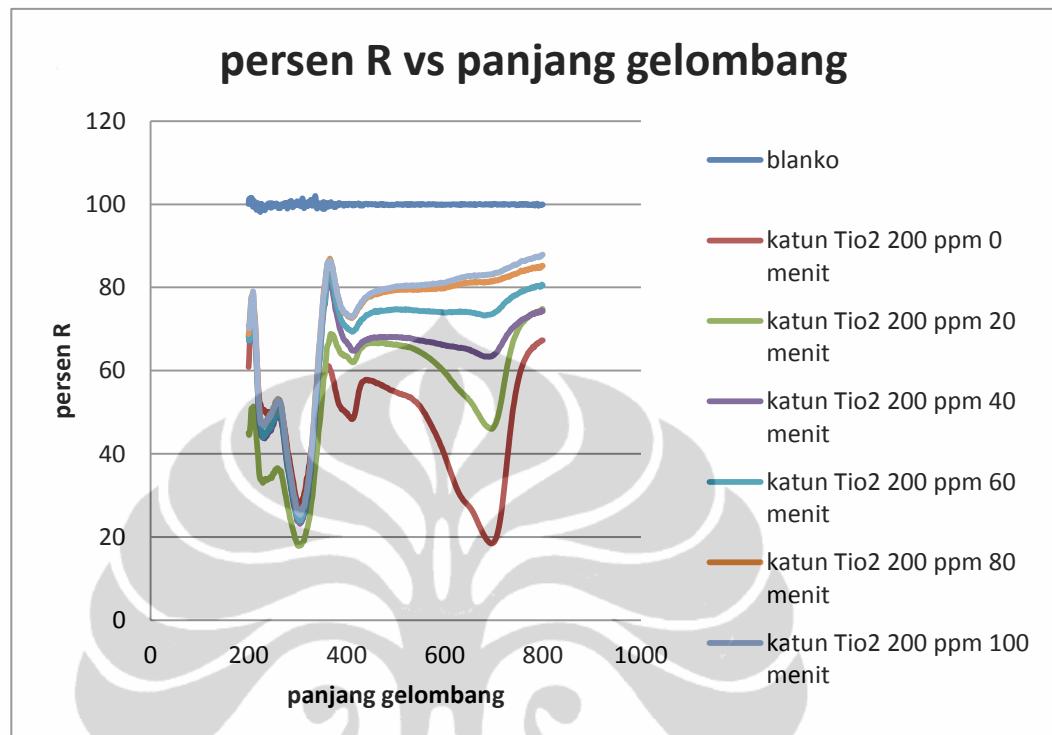
Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	persen degradasi
0	0
20	46.942
40	85.540
60	89.488
80	91.783
100	92.353



Gambar 4.30 Kurva persen degradasi vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp- TiO_2 -MB pada 300 ppm

persen degradasi yang didapat dalam waktu 100 menit pada katun yang telah dilapisi TiO_2 sebesar 92,35 %. Hal ini menunjukkan degradasi dengan bantuan TiO_2 dengan sifat fotokatalisis yang dimiliki oleh TiO_2 yang telah dilapiskan pada permukaan katun menghasilkan kemampuan yang cukup baik dalam degradasi senyawa-senyawa organik dimana *methylene blue* bertindak sebagai *dyes*.

4.8.3.2 Uji Perilaku *Self Cleaning* Katun-DP-Sp-TiO₂-Methylene Blue 200 ppm

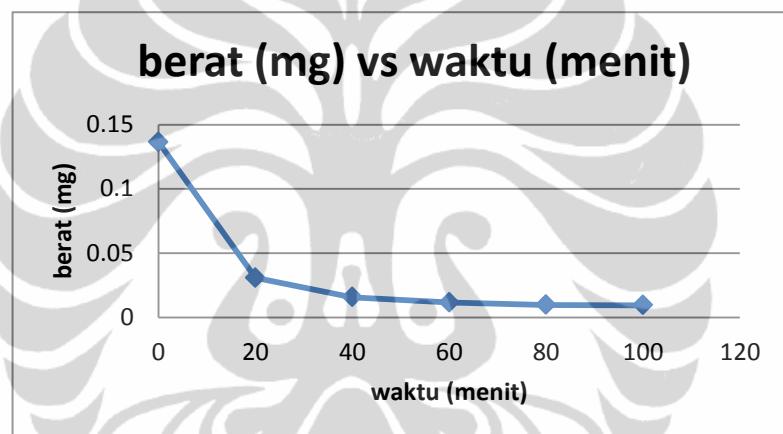


Gambar 4.31 Kurva persen R vs panjang gelombang katun-DP-Sp-TiO₂-Methylene Blue 200 ppm sebanyak 300 μ l

Gambar 4.31 menunjukkan kenaikan persen reflektan pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Dengan menggunakan persamaan kubelka-munk maka didapatkan nilai F(R) yang kemudian dapat dimasukkan ke dalam persamaan $y = 14.054x - 0.115$. Nilai F(R) dianggap sebagai sumbu y dan didapatkan nilai x pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Nilai x yang didapatkan merupakan berat (mg) yang terdapat pada permukaan katun seiring dengan bertambahnya waktu iluminasi menggunakan lampu UV.

Tabel 4.9 Berat (mg) MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 200 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	Berat (mg) MB
0	0.1364
20	0.0307
40	0.0157
60	0.0117
80	0.0097

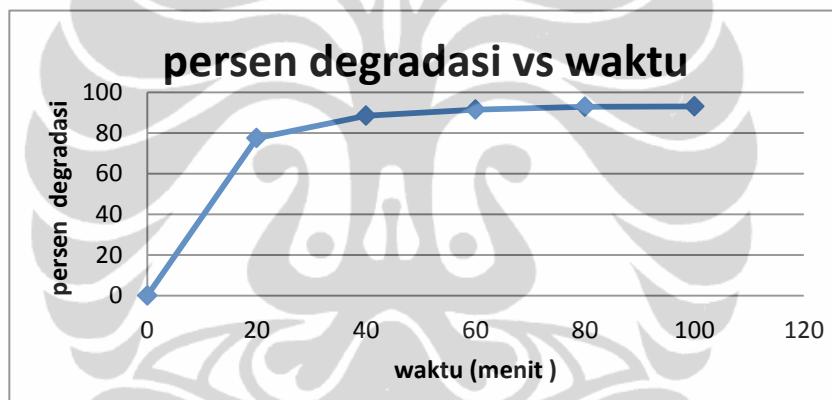


Gambar 4.32 Kurva berat (mg) tersisa vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 200 ppm

Tabel 4.9 dan gambar 4.32 menunjukkan semakin lama waktu iluminasi, semakin kecil berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada permukaan katun yang telah dilapisi TiO₂. Pengurangan berat (mg) terjadi karena peristiwa fotokatalisis pada permukaan katun yang telah dilapisi TiO₂. Pengurangan berat (mg) yang terjadi cukup besar dan signifikan. Dalam waktu 100 menit, *methylene blue* tersisa sebesar 0,0097 mg. Dengan menggunakan data berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada katun yang telah dilapisi TiO₂ ini, maka dapat ditentukan persen degradasi dari senyawa *methylene blue*.

Tabel 4.10 Persen degradasi MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 200 ppm

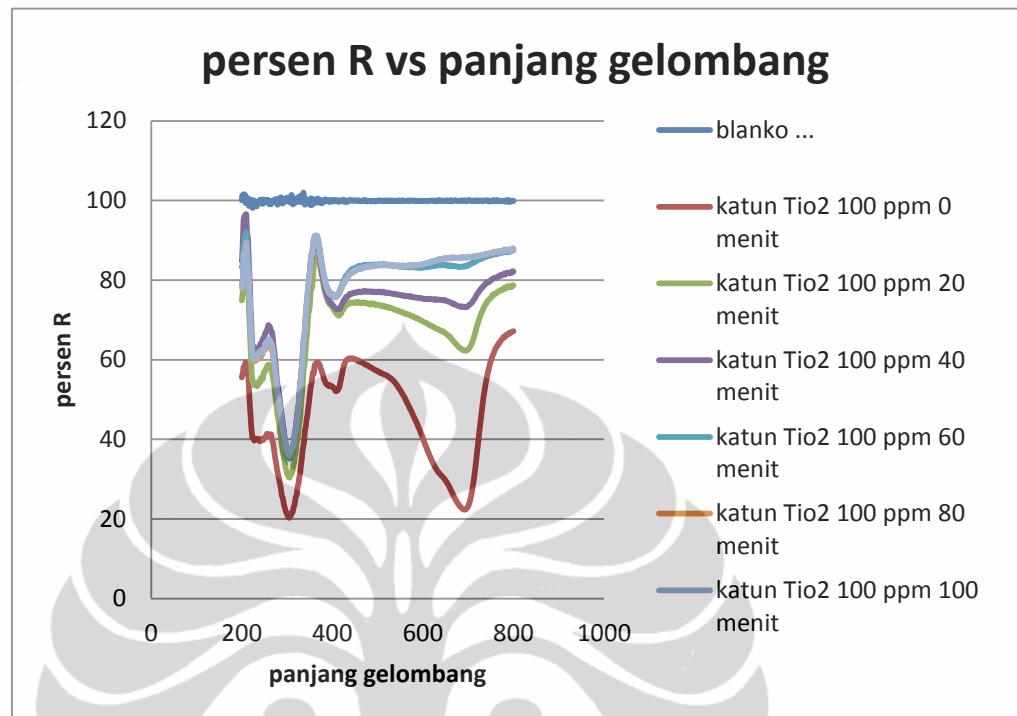
Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	Persen degradasi
0	0
20	77.453
40	88.455
60	91.445
80	92.855
100	93.058



Gambar 4.33 Kurva persen degradasi vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 200 ppm

Persen degradasi katun yang telah diteteskan *methylene blue* sebanyak 300 μ l dengan konsentrasi 200 ppm yang didapat dalam waktu 100 menit sebesar 93,058 %. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi menggunakan lampu uv dengan bantuan sifat fotokatalisis pada permukaan katun menghasilkan kemampuan yang cukup baik dalam degradasi senyawa-senyawa organik dimana *methylene blue* bertindak sebagai *dyes*. % degradasi *methylene blue* 200 ppm yang didapatkan lebih besar daripada % degradasi *methylene blue* 300 ppm.

4.8.3.3 Uji Perilaku *Self Cleaning* Katun-DP-Sp-TiO₂-Methylene Blue 100 ppm

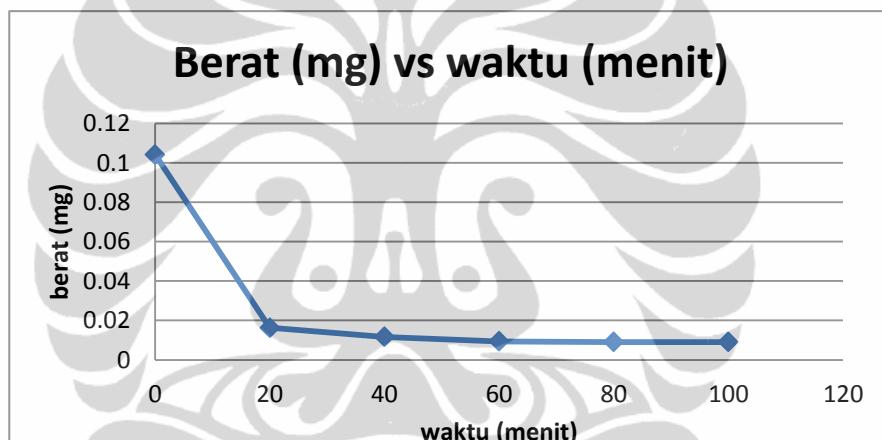


Gambar 4.34 Kurva persen R vs panjang gelombang katun-DP-Sp-TiO₂-Methylene Blue 100 ppm sebanyak 300 μ l.

Gambar 4.34 menunjukkan kenaikan persen reflektan pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Dengan menggunakan persamaan kubelka-munk maka akan didapatkan nilai F(R) yang kemudian dapat dimasukkan ke dalam persamaan $y = 14.054x - 0.115$. Nilai F(R) dianggap sebagai sumbu y dan didapatkan nilai x pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Nilai x yang didapatkan merupakan berat (mg) yang terdapat pada permukaan katun seiring dengan bertambahnya waktu iluminasi menggunakan lampu UV.

Tabel 4.11 Berat (mg) MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 100 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	Berat (mg) MB
0	0.10413
20	0.01631
40	0.01167
60	0.00937
80	0.00904
100	0.00902



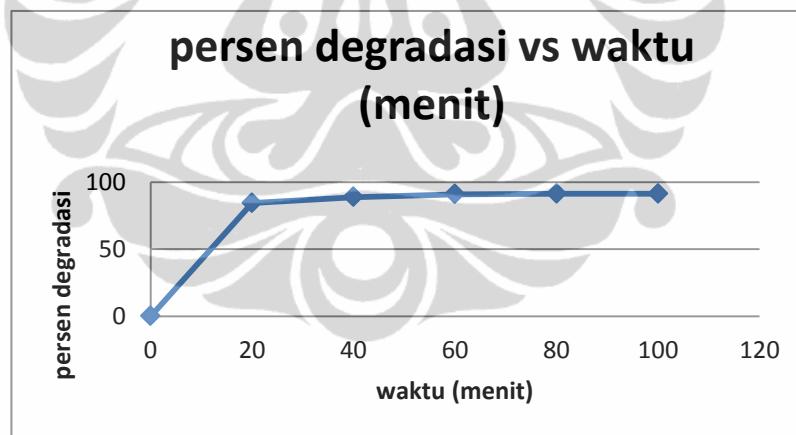
Gambar 4.35 Kurva berat (mg) tersisa vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 100 ppm

Tabel 4.11 dan gambar 4.35 menunjukkan adanya pengurang berat (mg) *methylene blue* yang berbanding terbalik dengan lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar UV. Semakin lama waktu iluminasi, maka semakin kecil berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada katun yang telah dilapisi TiO₂. Pengurangan berat (mg) terjadi karena peristiwa fotokatalisis TiO₂ yang terdapat pada permukaan katun. Pengurangan berat (mg) yang terjadi cukup besar dan signifikan. Pengurangan berat (mg) *methylene blue* pada waktu 100 menit menyisakan berat *methylene blue* sebesar 0,009 mg.

Dengan menggunakan data berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada katun yang telah dilapisi TiO_2 ini, maka dapat ditentukan persen degradasi dari senyawa *methylene blue*.

Tabel 4.12 Persen degradasi MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp- TiO_2 -MB pada 100 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	Persen degradasi
0	0
20	84.330
40	88.792
60	90.995
80	91.310
100	91.334



Gambar 4.36 Kurva persen degradasi vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp- TiO_2 -MB pada 100 ppm

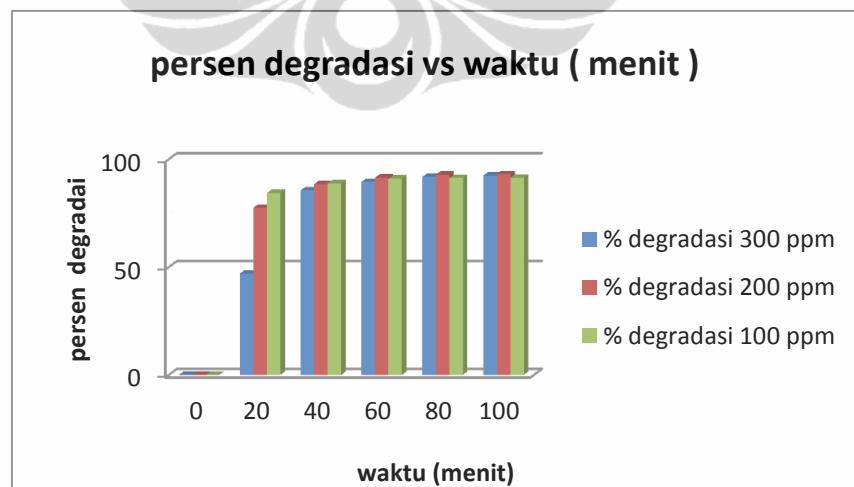
Persen degradasi katun yang telah diteteskan *methylene blue* sebanyak 300 μ l dengan konsentrasi 100 ppm yang didapat dalam waktu 100 menit sebesar 91,33 %. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi menggunakan lampu UV dengan bantuan dari sifat fotokatalisis yang dimiliki oleh TiO_2 pada permukaan katun yang

telah *dicoating*, menghasilkan kemampuan yang cukup baik dalam degradasi senyawa-senyawa organik dimana *methylene blue* bertindak sebagai *dyes*.

persen degradasi *methylene blue* 100 ppm yang didapatkan lebih kecil daripada persen degradasi *methylene blue* 300 ppm dan 200 ppm pada waktu 100 menit. Berikut adalah tabel persen degradasi dari masing-masing konsentrasi.

Tabel 4.13 Perbandingan persen degradasi MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	% degradasi 300 ppm	% degradasi 200 ppm	% degradasi 100 ppm
0	0	0	0
20	46.942	77.453	84.330
40	85.540	88.455	88.792
60	89.488	91.445	90.995
80	91.783	92.855	91.310
100	92.353	93.058	91.334

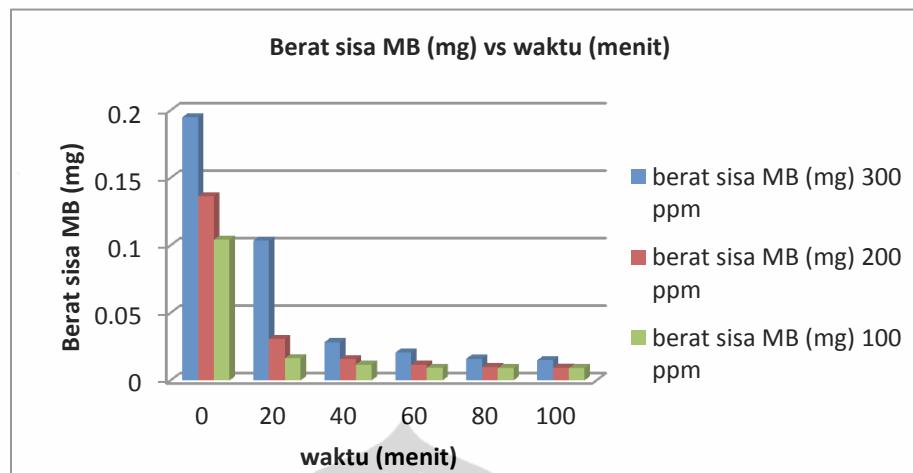


Gambar 4.37 Kurva perbandingan persen degradasi vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada konsentrasi 300, 200, dan 100 ppm

Tabel 4.13 dan gambar 4.37 menunjukkan perbedaan persen degradasi dari masing-masing konsentrasi MB pada lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Persen degradasi terbesar pada waktu 20 menit ditunjukkan pada konsentrasi 100 ppm. Pada waktu 40 menit, ditunjukkan pada konsentrasi 100 ppm. Akan tetapi, pada waktu 60 menit, persen degradasi terbesar ditunjukkan pada konsentrasi 200 ppm. Pada waktu 80 menit dan 100 menit juga menunjukkan persen degradasi terbesar pada konsentrasi 200 ppm. Hal ini terjadi karena berat sisa MB pada konsentrasi 100 ppm menempel pada permukaan katun dan tidak menempel pada permukaan TiO_2 sehingga MB tidak dapat terdegradasi melalui proses fotokatalisis. Hal ini menyebabkan persen degradasi MB 100 ppm lebih kecil daripada persen degradasi MB 200 ppm.

Tabel 4.14 perbandingan berat (mg) MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp- TiO_2 -MB pada konsentrasi 300, 200, dan 100 ppm

Waktu (menit)	berat sisa MB (mg) 300 ppm	berat sisa MB (mg) 200 ppm	berat sisa MB (mg) 100 ppm
0	0.1949	0.1363	0.1041
20	0.103	0.0307	0.0163
40	0.028	0.0157	0.0117
60	0.0204	0.0116	0.0094
80	0.0160	0.0097	0.0091
100	0.0149	0.0095	0.0090



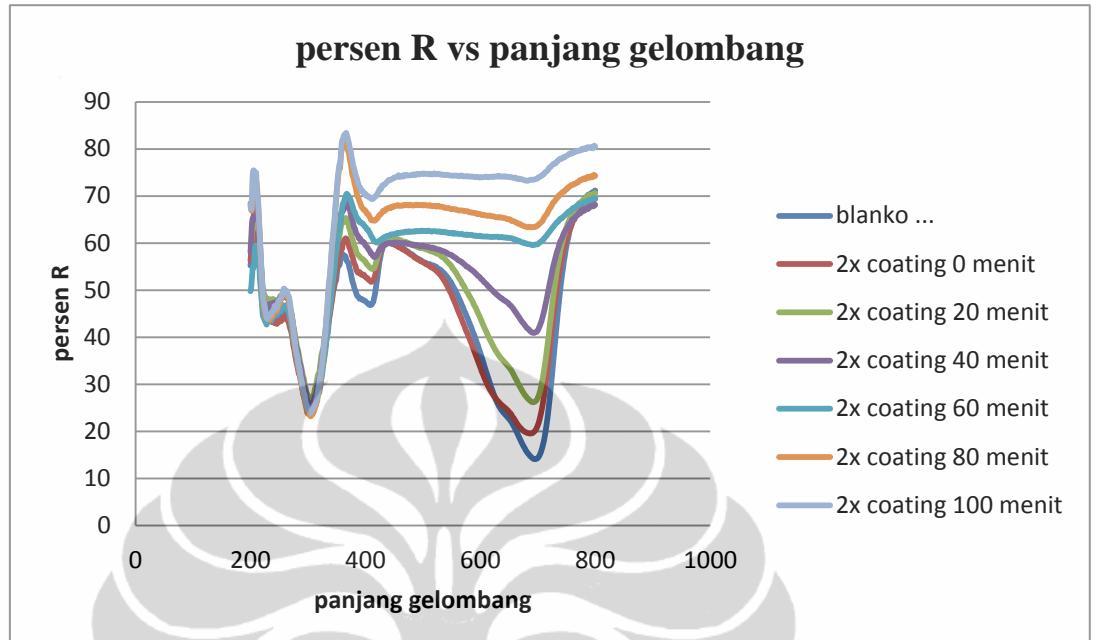
Gambar 4.38 Kurva perbandingan sisa berat MB (mg) vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada konsentrasi 300, 200, dan 100 ppm

Sisa MB terbesar pada ketiga konsentrasi berada pada konsentrasi 100 ppm dengan berat sisa MB sebesar 0,0090 mg. Selanjutnya diikuti oleh konsentrasi 200 ppm sebesar 0,0097 mg dan pada konsentrasi 300 ppm sebesar 0,0149 mg. Hal ini menunjukkan sisa MB terbanyak yang terdegradasi berada pada konsentrasi terendah. Dari perbedaan sisa MB yang terdegradasi dan persen degradasi MB yang didapatkan, dapat disimpulkan katun yang telah dilapisi oleh TiO₂ telah memiliki sifat fotokatalisis yang sangat baik.

4.8.4 Uji Perilaku Katun-DP-Sp-TiO₂-Methylene Blue dengan Perbedaan Jumlah Coating TiO₂ pada Katun

Uji sifat *self cleaning* ini dilakukan karena adanya penurunan persen degradasi pada konsentrasi 100 ppm. Perbedaan pelapisan dilakukan dengan cara mengcoating ulang katun yang telah *dicoating* menggunakan TiO₂. *Coating* ulang dilakukan sebanyak dua kali dan tiga kali. Kemudian, katun yang telah *dicoating* sebanyak 2 kali (selanjutnya disebut katun-D2) dan 3 kali (selanjutnya disebut katun-D3) diberikan pengotor atau *dyes* sebesar 300 ppm pada volume 300 µl.

4.8.4.1 Uji Perilaku *Self Cleaning* Katun-D2-Methylene Blue 300 ppm

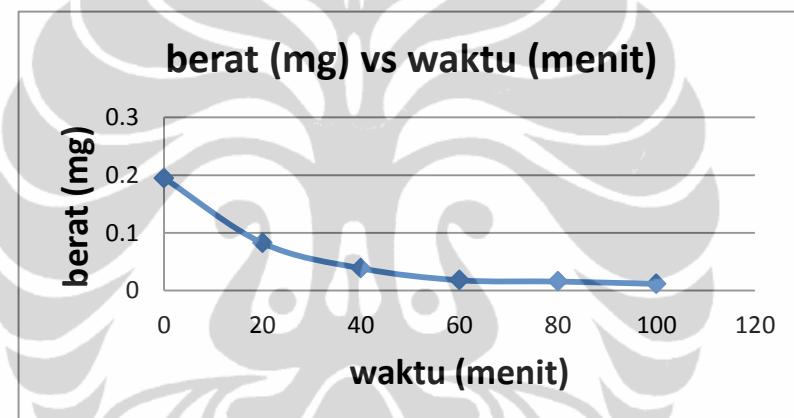


Gambar 4.39 Kurva persen R vs panjang gelombang katun-D2-MB pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV pada 300 ppm

Gambar 4.39 menunjukkan kenaikan persen reflektan pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Dengan menggunakan persamaan kubelka-munk maka akan didapatkan nilai $F(R)$ yang kemudian dapat dimasukkan ke dalam persamaan $y = 14.054x - 0.115$. Nilai $F(R)$ dianggap sebagai sumbu y dan didapatkan nilai x pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Nilai x yang didapatkan merupakan berat (mg) yang terdapat pada permukaan katun seiring dengan bertambahnya waktu iluminasi menggunakan lampu UV.

Tabel 4.15 Berat (mg) MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-D2-MB pada 300 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	Berat (mg) MB
0	0.195
20	0.082
40	0.038
60	0.018
80	0.016
100	0.012



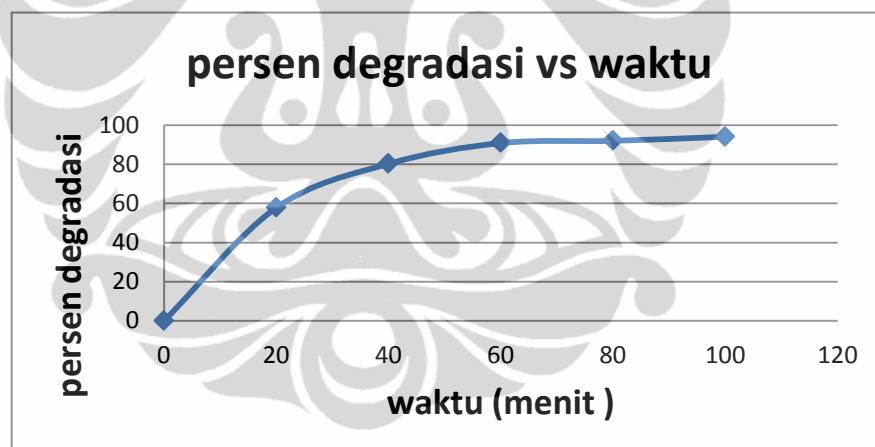
Gambar 4.40 Kurva berat (mg) tersisa vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-D2-MB pada 300 ppm

Tabel 4.15 dan gambar 4.40 menunjukkan adanya pengurang berat (mg) *methylene blue* yang berbanding terbalik dengan lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar UV. Semakin lama waktu iluminasi, maka semakin kecil berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada katun yang telah dilapisi TiO₂. Pengurangan berat (mg) terjadi karena peristiwa fotokatalisis TiO₂ yang terdapat pada permukaan katun. Pengurangan berat (mg) yang terjadi cukup besar dan signifikan. Pengurangan berat (mg) *methylene blue* pada waktu 100 menit menyisakan berat *methylene blue* sebesar 0,0116 mg. Dengan menggunakan data berat (mg) *methylene blue* yang terdapat

pada katun yang telah dilapisi TiO_2 ini, maka dapat ditentukan persen degradasi dari senyawa *methylene blue*.

Tabel 4.16 Persen degradasi selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-D2-MB pada 300 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	Persen degradasi
0	0
20	57.756
40	80.209
60	90.792
80	91.934
100	94.044

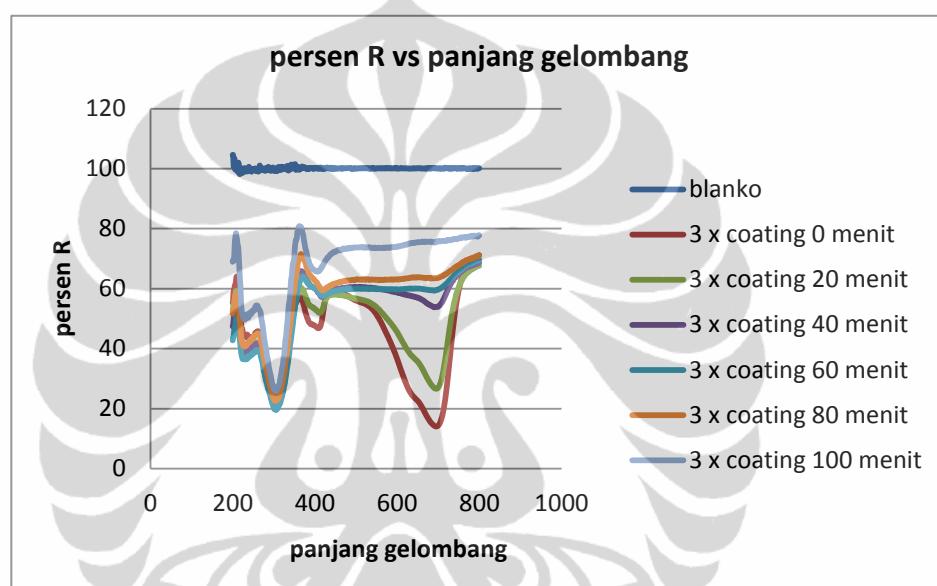


Gambar 4.41 Kurva persen degradasi vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-D2-MB pada 300 ppm

Persen degradasi katun yang telah diteteskan *methylene blue* sebanyak 300 μl dengan konsentrasi 300 ppm yang didapat dalam waktu 100 menit pada katun yang telah tercoating 2 kali adalah sebesar 94,044 %. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi menggunakan lampu uv dengan bantuan dari sifat fotokatalisis yang dimiliki oleh TiO_2 pada permukaan katun yang telah dicoating,

menghasilkan kemampuan yang cukup baik dalam degradasi senyawa-senyawa organik yang dimana *methylene blue* bertindak sebagai *dyes*. persen degradasi katun yang dilapisi TiO₂ sebanyak 2 kali lebih besar daripada persen degradasi katun yang dilapisi TiO₂ sebanyak 1 kali.

4.8.4.2 Uji Perilaku *Self Cleaning* Katun-D3-*Methylene Blue* 300 ppm

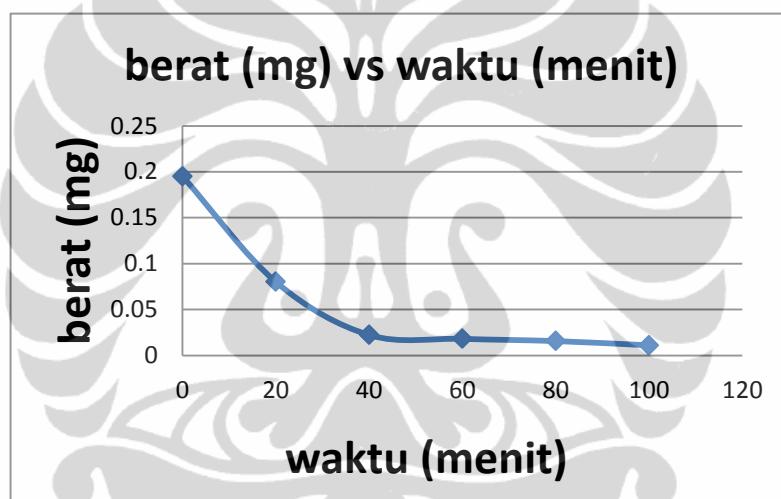


Gambar 4.42 Kurva persen R vs panjang gelombang katun-D3-MB pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV

Gambar 4.42 menunjukkan kenaikan persen reflektan pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Dengan menggunakan persamaan kubelka-munk maka akan didapatkan nilai F(R) yang kemudian dapat dimasukkan ke dalam persamaan $y = 14.054x - 0.115$. Nilai F(R) dianggap sebagai sumbu y dan didapatkan nilai x pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan lampu UV. Nilai x yang didapatkan merupakan berat (mg) yang terdapat pada permukaan katun seiring dengan bertambahnya waktu iluminasi menggunakan lampu UV.

Tabel 4.17 Berat (mg) MB selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-D3-MB pada 300 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	Berat (mg) MB
0	0.195
20	0.080
40	0.022
60	0.018
80	0.015
100	0.011



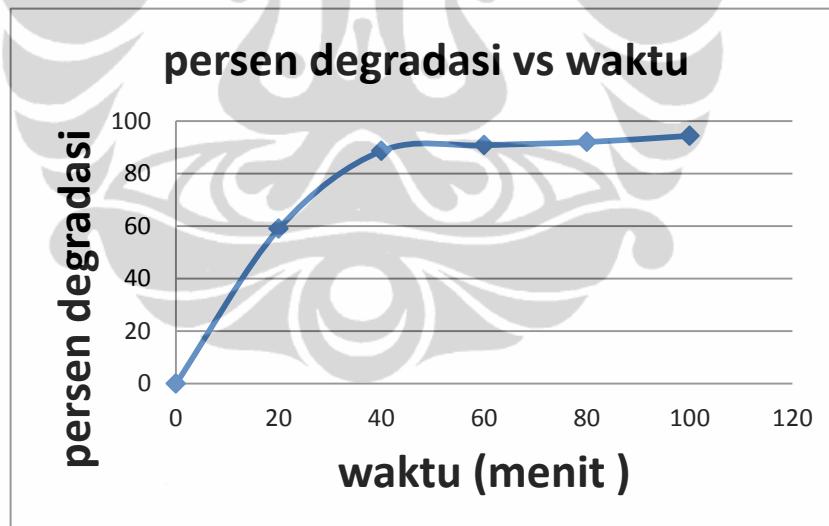
Gambar 4.43 Kurva berat (mg) tersisa vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-D3-MB pada 300 ppm

Tabel 4.17 dan gambar 4.43 menunjukkan adanya pengurang berat (mg) *methylene blue* yang berbanding terbalik dengan lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar UV. Semakin lama waktu iluminasi, maka semakin kecil berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada katun yang telah dilapisi TiO₂. Pengurangan berat (mg) terjadi karena peristiwa fotokatalisis TiO₂ yang terdapat pada permukaan katun. Pengurangan berat (mg) yang terjadi cukup besar dan signifikan. Pengurangan berat (mg) *methylene blue* pada waktu 100 menit menyisakan berat *methylene blue* sebesar 0.011 mg.

Dengan menggunakan data berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada katun yang telah dilapisi TiO₂ ini, maka dapat ditentukan persen degradasi dari senyawa *methylene blue*.

Tabel 4.18 Persen degradasi selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-D3-MB pada 300 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	persen degradasi
0	0
20	58.928
40	88.570
60	90.723
80	91.971
100	94.342



Gambar 4.44 Kurva persen degradasi vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV katun-D3-MB pada 300 ppm

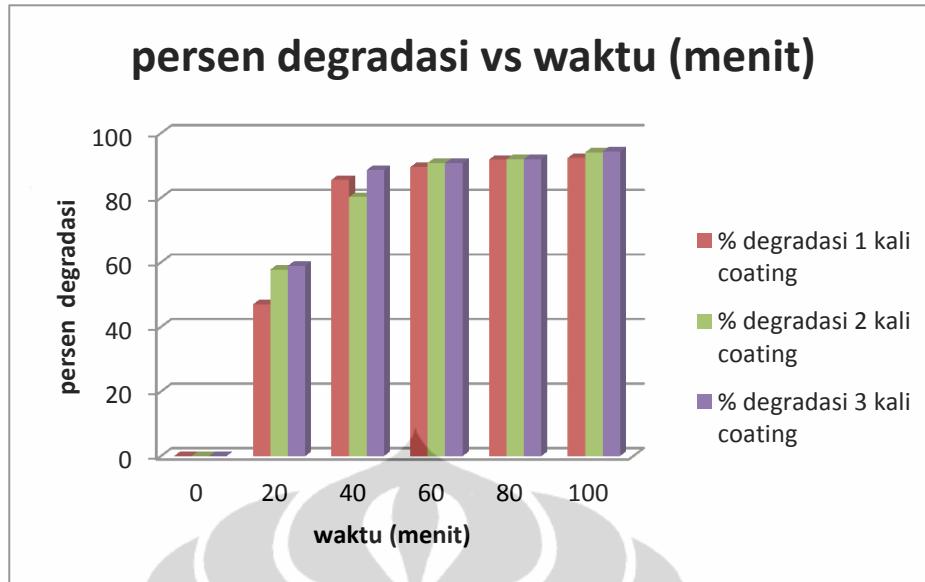
Persen degradasi katun yang telah diteteskan *methylene blue* sebanyak 300 µl dengan konsentrasi 300 ppm yang didapat dalam waktu 100 menit pada katun yang telah tercoating 3 kali adalah sebesar 94,342 %. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi

menggunakan lampu UV dengan bantuan sifat fotokatalisis yang dimiliki oleh TiO_2 pada permukaan katun yang telah *dicoating* menghasilkan kemampuan yang cukup baik dalam degradasi senyawa-senyawa organik dimana *methylene blue* bertindak sebagai *dyes*.

Persen degradasi *methylene blue* 300 ppm yang didapatkan semakin besar dan berbanding lurus dengan jumlah *coating* TiO_2 . Hal ini menunjukkan jumlah *coating* mempengaruhi sifat fotokatalisis dari katun yang telah dilapisi oleh TiO_2 . Table 4.25 menunjukkan besar persen degradasi pada katun yang dilapisi oleh TiO_2 sebanyak 1 kali, 2 kali, dan 3 kali.

Tabel 4.19 Perbandingan persen degradasi MB dengan perbedaan jumlah *coating* selama waktu iluminasi menggunakan lampu UV dengan konsentrasi MB 300 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV (menit)	% degradasi 1 kali <i>coating</i>	% degradasi 2 kali <i>coating</i>	% degradasi 3 kali <i>coating</i>
0	0	0	0
20	46.942	57.756	58.929
40	85.540	80.209	88.570
60	89.488	90.791	90.723
80	91.782	91.934	91.971
100	92.352	94.044	94.342

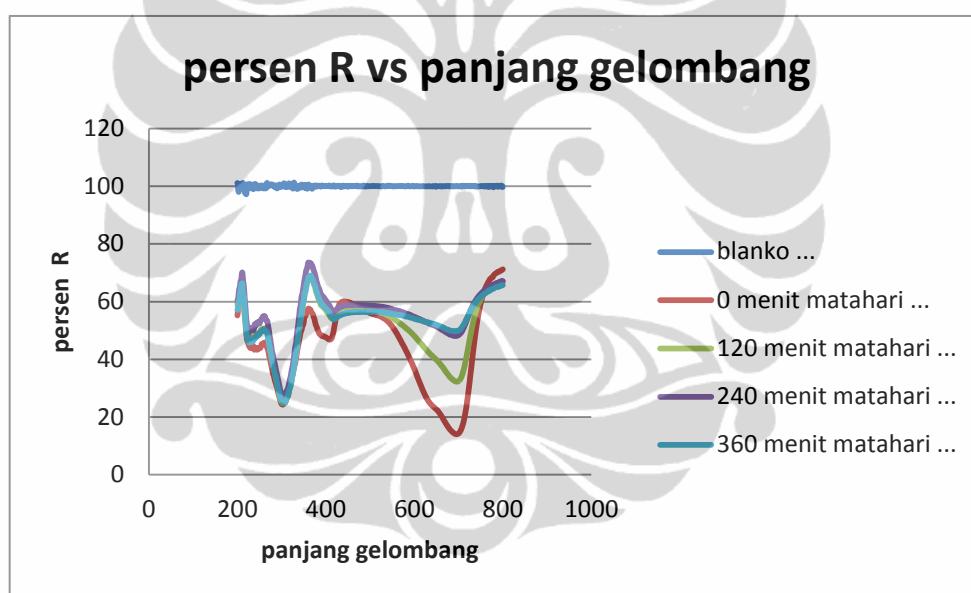


Gambar 4.45 Kurva perbandingan persen degradasi vs lamanya waktu iluminasi menggunakan lampu UV dengan perbedaan jumlah *coating* pada 300 ppm

Tabel 4.19 dan gambar 4.45 menunjukkan perbedaan persen degradasi pada masing-masing jumlah *coating* TiO₂. Dari hasil yang didapatkan, jumlah *coating* mempengaruhi persen degradasi yang didapatkan. Pada lamanya waktu iluminasi selama 100 menit menunjukkan katun yang telah ter*coating* oleh TiO₂ sebanyak 3 kali memberikan persen degradasi paling besar, yaitu sebesar 94,342 %, dilanjutkan dengan katun yang telah ter*coating* sebanyak 2 kali memberikan persen degradasi sebesar 94,044 %. Persen degradasi paling kecil terdapat pada katun ter*coating* oleh TiO₂ sebanyak 1 kali, yaitu sebesar 92,352 %. Data tersebut menunjukkan semakin banyak *coating* yang dilakukan, semakin besar persen degradasi MB yang bertindak sebagai *dyes*. Hal ini terjadi karena TiO₂ yang menempel pada permukaan katun lebih banyak dan tersebar merata pada permukaan katun, sehingga ketika ada kotoran atau *dyes* yang menempel, *dyes* tersebut akan menempel pada lapisan TiO₂ yang ter*coating* pada katun.

4.8.5 Uji Perilaku *Self Cleaning* Katun-DP-Sp-TiO₂-Methylene Blue Menggunakan Sinar Matahari

Sinar Matahari memiliki panjang gelombang sinar UV, oleh karena itu pada penelitian ini juga digunakan sinar matahari sebagai sumber sinar yang akan mengaktifkan sifat fotokatalisis katun yang telah dilapisi oleh TiO₂. Konsentrasi *methylene blue* yang digunakan menggunakan konsentrasi terbesar, yaitu 300 ppm. Dengan mencoba pada konsentrasi terbesar, konsentrasi yang lebih kecil memiliki kemungkinan akan terdegradasi. Larutan MB yang digunakan diteteskan sebanyak 300 μ l. Katun yang telah diteteskan oleh MB disinari matahari selama 6 jam. Kemudian, dilakukan uji UV-Vis DRS selama selang waktu 0, 2, 4, dan 6 jam. Waktu yang digunakan adalah pada pukul 09.00 – 15.00 WIB



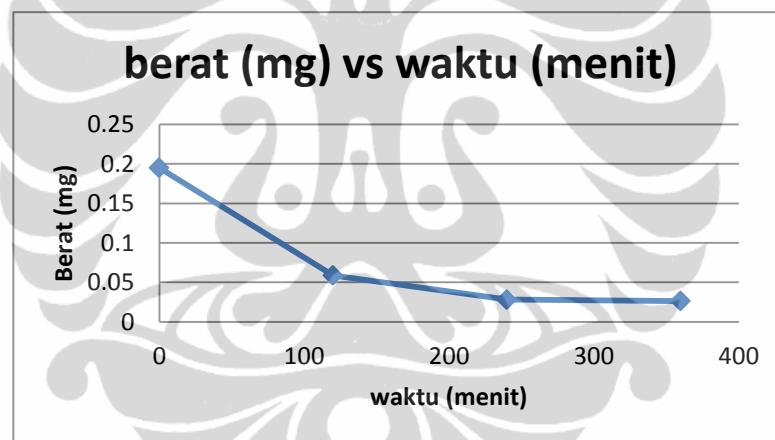
Gambar 4.46 Kurva persen R vs panjang gelombang Katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada perbedaan lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar matahari

Gambar 4.46 menunjukkan kenaikan persen reflektan pada perbedaan waktu iluminasi menggunakan sinar matahari. Dengan menggunakan persamaan kubelka-munk maka akan didapatkan nilai F(R) yang kemudian dapat dimasukkan ke dalam persamaan $y = 14.054x - 0.115$. Nilai F(R) dianggap sebagai sumbu y dan didapatkan nilai x pada perbedaan waktu

iluminasi menggunakan lampu UV. Nilai x yang didapatkan merupakan berat (mg) yang terdapat pada permukaan katun seiring dengan bertambahnya waktu iluminasi menggunakan sinar matahari.

Tabel 4.20 Berat (mg) MB tersisa selama waktu iluminasi menggunakan sinar matahari katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 300 ppm

Lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar matahari (menit)	Berat (mg) MB
0	0.195
120	0.059
240	0.028
360	0.026



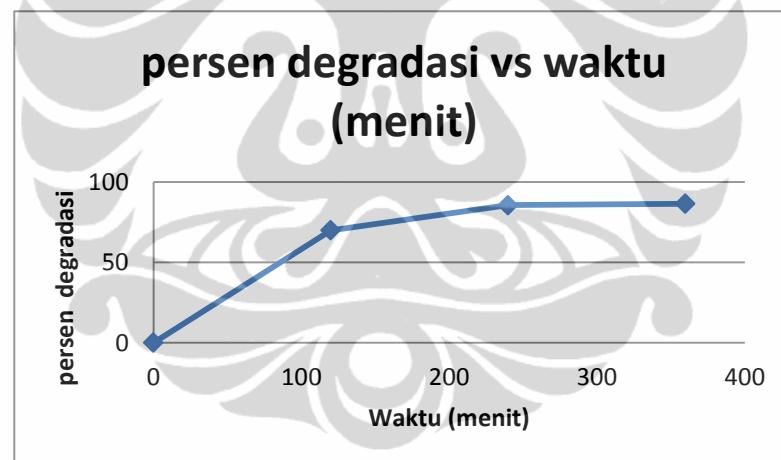
Gambar 4.47 Kurva berat (mg) tersisa vs lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar matahari katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 300 ppm

Tabel 4.20 dan gambar 4.47 menunjukkan adanya pengurang berat (mg) *methylene blue* yang berbanding terbalik dengan lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar matahari. Semakin lama waktu iluminasi, maka semakin kecil berat (mg) *methylene blue* yang terdapat pada katun yang telah dilapisi TiO₂. Pengurangan berat (mg) terjadi karena peristiwa fotokatalisis TiO₂ yang terdapat pada permukaan katun. Pengurangan berat (mg) yang terjadi cukup besar dan signifikan. Berat (mg) *methylene blue* pada waktu 360 menit sebesar 0.0263 mg Dengan menggunakan data berat

(mg) *methylene blue* yang terdapat pada katun yang telah dilapisi TiO₂ ini, maka dapat ditentukan persen degradasi dari senyawa *methylene blue*.

Tabel 4.21 Persen degradasi selama waktu iluminasi menggunakan sinar matahari katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 300 ppm

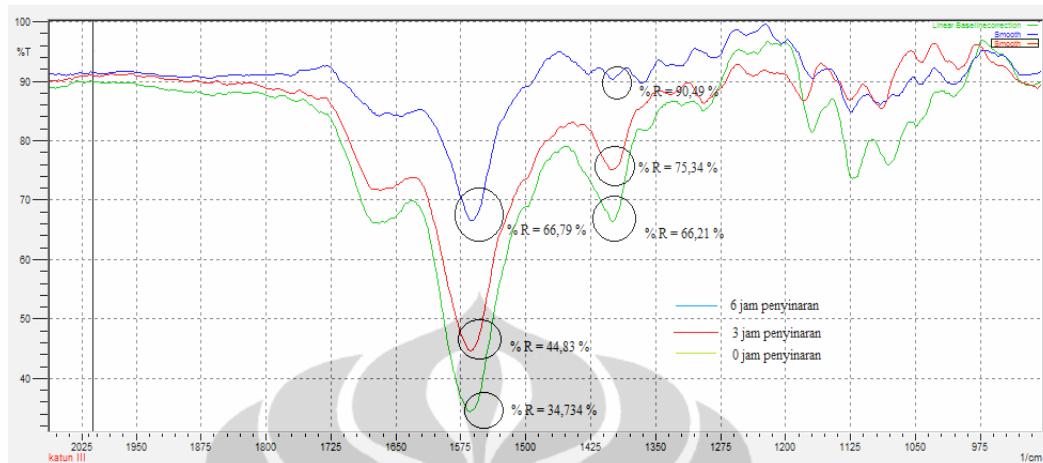
Lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar matahari (menit)	Persen degradasi
0	0
120	69.879
240	85.574
360	86.5



Gambar 4.48 Kurva persen degradasi vs lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar matahari katun-DP-Sp-TiO₂-MB pada 300 ppm

persen degradasi katun yang telah diteteskan *methylene blue* sebanyak 300 μ l dengan konsentrasi 300 ppm yang didapat dalam waktu 360 menit untuk peristiwa fotokatalisis adalah sebesar 86,5 %. Hal ini menunjukkan sinar matahari mampu membuat aktif perilaku fotokatalisis TiO₂ pada permukaan katun. Akan tetapi, dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendegradasi zat warna *methylene blue* sebesar 300 ppm. Selain

menggunakan UV-VIS spektrofotometer, juga digunakan FT-IR untuk mengetahui adanya perubahan dari pola spektra yang tampak.



Gambar 4.49 Hasil spektrometri infra merah Katun-DP-Sp-TiO₂-Methylene Blue pada lamanya waktu iluminasi menggunakan sinar matahari

Hasil yang didapat menunjukkan adanya puncak pada bilangan gelombang 1675 cm^{-1} dan pada bilangan gelombang 1402 cm^{-1} . Daerah ini merupakan indikasi keberadaan *methylene blue*. Daerah serapan *methylene blue* dapat ditunjukkan berdasarkan gugus aromatiknya. Gugus aromatik hidrokarbon terdapat pada bilangan gelombang $1600\text{-}1585\text{ cm}^{-1}$ dan $1500\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$. Berdasarkan perbedaan waktu lamanya iluminasi, terlihat bahwa persen T dari masing - masing daerah reflektan meningkat. Persen T berbanding terbalik dengan konsentrasi, sehingga terjadi penurunan konsentrasi *methylene blue* seiring dengan lamanya iluminasi menggunakan sinar matahari. Hal ini menunjukkan sinar matahari mampu mengaktifkan sifat fotokatalisis TiO₂ pada permukaan katun sehingga dapat mendegradasi senyawa MB yang bertindak sebagai *dyes*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa :

- Katun tanpa penambahan *spacer* tidak mampu mengikat TiO₂ pada permukaanya, sedangkan katun dengan penambahan *spacer* dapat mengikat TiO₂ pada permukaanya
- Katun yang telah dilapisi oleh TiO₂ memiliki sifat amfifilik dan menunjukkan perilaku *self cleaning*.
- Persen degradasi MB terbesar, yaitu sebesar 94,34 % dalam waktu iluminasi menggunakan sinar UV selama 100 menit, ditunjukkan oleh katun yang dilapisi oleh TiO₂ sebanyak 3 kali pelapisan (*dip coating*),
- Persen degradasi MB dibawah iluminasi sinar matahari, dapat mencapai 86,5 % dalam waktu 360 menit.

5.2 Saran

- Melakukan uji degradasi berbagai macam zat warna lainnya
- Melakukan uji aktivitas pada pH, jumlah katalis, dan jumlah substrat yang berbeda
- Melakukan uji ketahanan pada katun yang telah termodifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Awan, Gul Hameed., Aziz, Salman. 2007. *Synthesis And Applications of TiO₂ Nanoparticles*. Pakistan Engineering Congress, 70th Annual Session Proceedings.
- Beeldena, anne. 2006. *An environmental friendly solution for air purification and self-cleaning effect: the application of TiO₂ as photocatalyst in concrete*.
- Benedix, Roland, et.al. 2000. *Application of Titanium Dioxide Photocatalysis*
- Benedix, Roland, et.al. 2000. *Application of Titanium Dioxide Photocatalysis*
- Bozzi , A., Yuranova, T., Guasaquillo, I. , Laub, D., Kiwi, J. 2005. *Self-cleaning of modified cotton textiles by TiO₂ at low temperatures under daylight irradiation*. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 174 (2005) 156–164.
- Bozzi , A., Yuranova, T., Kiwi, J. 2005. *Self-cleaning of wool-polyamide and polyester textiles by TiO₂-rutile modification under daylight irradiation at ambient temperature*. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 172 (2005) 27–34.
- Colleoni, C., Massafra, M.R., Rosace, G. 2012. *Photocatalytic properties and optical characterization of cotton fabric coated via sol-gel with non crystalline TiO₂ modified with poly(ethylene glycol)*
- Darinka, Veronovski, Nika., Ojstrseka, Alenka., Bozica, Mojca. 2012. *Synthesis of TiO₂–SiO₂ colloid and its performance in reactive dyeing of cotton fabrics*.
- Fujishima, A., Hashimoto, K., & Watanabe, T. (1999). *TiO₂ Photocatalysis Fundamentals and Applications*. Japan: BKC, Inc
- Gunlazuardi, Jarnuzi.. 2007. *Bahan Kuliah Fotokatalisis*. Program Pasca Sarjana Departemen Kimia Universitas Indonesia.
- Hashimoto, Kazuhito et. al. 2005. *TiO₂ Photocatalysis: A Historical Review and Future Prospects*. Japanese Journal of Applied Physic.
- Kljun, Alenka., El-Dessouky, Hassan., Benians , Thomas., Goubet, Florence., Meulewaeter, Florence. 2014. *Analysis of the physical properties of developing cotton fibres*.

- Laila Sari, Astuti. 2013. *Pengaruh Nanopartikel Titanium Dioksida Pada Resin Sebagai Material Transparan Anti UV Dan Self Cleaning*. Jurnal Fisika Unand.
- Meilert, K.T., Laub, D., Kiwi, J. 2005. *Photocatalytic self-cleaning of modified cotton textiles by TiO₂ clusters attached by chemical spacers*. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 237 (2005) 101–108.
- Slamet, C.H.D., Alwi, J. Viriya. 2011. *Rekayasa Plastik Berlapis Nanokristal TiO₂ Untuk Aplikasi Anti Kabut Dan Swa-Bersih*. Jurnal Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Sunardi. 2007. *Diktat Kuliah Analisa Instrumentasi*. Departemen Kimia Universitas Indonesia.
- Tayade, R.J., Surolia, P.K. 2005. *Photocatalytic Degradation of Dyes and Organic Contaminants in Water Using Nanocrystalline Anatase and Rutile TiO₂. Science and Technology of advanced Materials*.
- Tokarsky, Jonas., Capkova, Pavla. 2013. *Structure compatibility of TiO₂ and SiO₂ surfaces*.
- Tung, Wing Sze., Daoud, Walid. 2011. *Self-cleaning fibers via nanotechnology: a virtual reality*. Journal of materials Chemistry, 21, 7858.
- Wu, Deyong., Long, Mingce., Zhou, Jiangya., Cai, Weimin., Zhu, Xiehao., Chen, Chao., Wu, Yahui. 2009. *Synthesis and characterization of self-cleaning cotton fabrics modified by TiO₂ through a facile approach*. Surface & Coatings Technology 203 (2009) 3728–3733.
- Yuranova , T., Mosteo, R., Bandara, J., Laub, D., Kiwi, J. 2006. *Self-cleaning cotton textiles surfaces modified by photoactive SiO₂/TiO₂ coating*. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 244 (2006) 160–167.

Lampiran 1

Perhitungan Band Gap ; Konversi Kubelka Munk

Digunakan untuk mengetahui nilai *Band Gap* yang dihasilkan. Menggunakan persamaan:

$$F(R) = K/S = (1-R)^2/2R$$

Dimana:

$F(R)$ = Faktor Kubelka-Munk

K = Koefisien Absorpsi

S = Koefisien Scattering

R = Nilai Reflektan yang diukur

Nilai K mempunyai hubungan dengan energi foton melalui persamaan:

$$K = A(E-Eg)^{m/2}$$

A = konstanta proporsional

Eg = band gap (eV)

m = 1 (untuk transisi langsung yang diperbolehkan)

$$F(R) = \frac{A(hv-Eg)^{1/2}}{S}$$

$$F(R)^2 = \frac{A^2 (hv-Eg)}{S^2}$$

$$F(R)^2 = \left(\frac{A}{S}\right)^2 (hv - Eg)$$

$$F(R)^2 = \left(\frac{A}{S}\right)^2 hv - \left(\frac{A}{S}\right)^2 Eg$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \pm \quad \downarrow$$

y b x ± a

nilai x pada saat $y = 0$ merupakan nilai energi celah (*band gap*)

$$((F(R))^2 = \left(\frac{A}{S}\right)^2 E - \left(\frac{A}{S}\right)^2 Eg$$

$$0 = \left(\frac{A}{S}\right)^2 E - \left(\frac{A}{S}\right)^2 Eg$$

$$\left(\frac{A}{S}\right)^2 E = \left(\frac{A}{S}\right)^2 Eg$$

$$E = Eg$$

Eg(eV) hasil	TiO2 P25 <i>degussa</i>	Eg(eV) hasil	Katun spacer + TiO2	Eg(eV) hasil	Katun biasa + TiO2
6.19919017	4.74833156	6.19919017	0.63057753	6.19919017	0.64565983
6.168348428	4.888667023	6.168348428	0.635144019	6.168348428	0.6243719
6.137812049	4.789970923	6.137812049	0.651087818	6.137812049	0.632196143
6.107576522	4.672515452	6.107576522	0.664962454	6.107576522	0.650893085
6.077637421	4.99367742	6.077637421	0.667160205	6.077637421	0.650192587
6.04799041	5.050498162	6.04799041	0.65822067	6.04799041	0.665241716
6.018631233	5.074981519	6.018631233	0.64840625	6.018631233	0.656409631
5.98955572	5.209556462	5.98955572	0.66640006	5.98955572	0.625339381
5.960759779	5.248365356	5.960759779	0.671177093	5.960759779	0.615043464
5.932239397	5.489535544	5.932239397	0.670895026	5.932239397	0.620296989
5.903990638	5.575047196	5.903990638	0.689968354	5.903990638	0.642005325
5.87600964	5.496989514	5.87600964	0.673559834	5.87600964	0.671943378
5.848292613	5.589522683	5.848292613	0.676887304	5.848292613	0.669567079
5.82083584	5.811054844	5.82083584	0.718001839	5.82083584	0.699481516
5.793635673	5.940380119	5.793635673	0.754082214	5.793635673	0.785343402
5.76668853	5.961307756	5.76668853	0.781156186	5.76668853	0.859832302
5.739990898	5.995830913	5.739990898	0.814496197	5.739990898	0.935296042
5.713539327	6.115457267	5.713539327	0.871647115	5.713539327	1.034594313
5.687330431	6.069867518	5.687330431	0.926890708	5.687330431	1.117234468
5.661360886	5.978525968	5.661360886	0.982160278	5.661360886	1.217760887
5.635627427	6.060035069	5.635627427	1.039736214	5.635627427	1.326690737
5.61012685	6.105495747	5.61012685	1.078633358	5.61012685	1.418736044
5.584856009	6.212550356	5.584856009	1.143415811	5.584856009	1.476456692
5.559811811	6.322929738	5.559811811	1.185589818	5.559811811	1.520859278
5.534991223	6.316590414	5.534991223	1.179910272	5.534991223	1.601921601
5.510391262	6.320815392	5.510391262	1.221173616	5.510391262	1.658192177
5.486009	6.381563575	5.486009	1.252113575	5.486009	1.693652597
5.461841559	6.492861561	5.461841559	1.242255706	5.461841559	1.694952599
5.437886114	6.535200469	5.437886114	1.2662628	5.437886114	1.712376995
5.414139886	6.677959939	5.414139886	1.310087577	5.414139886	1.755623163
5.390600148	6.821470292	5.390600148	1.315499152	5.390600148	1.723911777
5.367264216	6.661698898	5.367264216	1.315775109	5.367264216	1.695342873
5.344129457	6.59734652	5.344129457	1.338950573	5.344129457	1.705534548
5.321193279	6.728344628	5.321193279	1.346322145	5.321193279	1.70540334
5.298453137	6.740158139	5.298453137	1.319646599	5.298453137	1.718992824

5.275906527	6.811814477	5.275906527	1.320478173	5.275906527	1.729787251
5.253550991	6.808199767	5.253550991	1.339986886	5.253550991	1.73596009
5.23138411	6.935518713	5.23138411	1.321402961	5.23138411	1.740542659
5.209403504	7.128040992	5.209403504	1.320755519	5.209403504	1.745820239
5.187606837	7.170060597	5.187606837	1.328925593	5.187606837	1.735556565
5.165991808	7.18328199	5.165991808	1.31457985	5.165991808	1.705534548
5.144556157	6.961739116	5.144556157	1.327993794	5.144556157	1.711981188
5.123297661	6.928059242	5.123297661	1.345753181	5.123297661	1.7261785
5.102214131	7.159514551	5.102214131	1.329858262	5.102214131	1.716871842
5.081303418	7.175343966	5.081303418	1.318723444	5.081303418	1.72551138
5.060563404	7.09422061	5.060563404	1.32948509	5.060563404	1.692353998
5.039992008	7.240630624	5.039992008	1.335566467	5.039992008	1.668452874
5.019587182	7.366102037	5.019587182	1.343858949	5.019587182	1.697947934
4.999346911	7.361949676	4.999346911	1.344332173	4.999346911	1.703174983
4.979269213	7.37025857	4.979269213	1.32446088	4.979269213	1.679958343
4.959352136	7.322023964	4.959352136	1.327248981	4.959352136	1.660211963
4.939593761	7.345381814	4.939593761	1.328086935	4.939593761	1.669089162
4.919992198	7.416257501	4.919992198	1.314855551	4.919992198	1.647894559
4.900545589	7.509805645	4.900545589	1.295559949	4.900545589	1.627811553
4.881252102	7.602548203	4.881252102	1.281777816	4.881252102	1.631628065
4.862109937	7.560272412	4.862109937	1.284982194	4.862109937	1.61984949
4.84311732	7.452860593	4.84311732	1.290615369	4.84311732	1.588893806
4.824272506	7.334373394	4.824272506	1.303796196	4.824272506	1.582966899
4.805573775	7.514107797	4.805573775	1.3000768	4.805573775	1.605774435
4.787019436	7.657102696	4.787019436	1.287213685	4.787019436	1.60384641
4.768607823	7.56898465	4.768607823	1.289539871	4.768607823	1.589131522
4.750337295	7.586462989	4.750337295	1.290167101	4.750337295	1.588418522
4.732206236	7.69735595	4.732206236	1.287750004	4.732206236	1.590320841
4.714213057	7.757690279	4.714213057	1.286499051	4.714213057	1.592583951
4.696356189	7.68091092	4.696356189	1.288644527	4.696356189	1.613276043
4.67863409	7.639332916	4.67863409	1.290884429	4.67863409	1.616436391
4.66104524	7.666015306	4.66104524	1.297003077	4.66104524	1.624620197
4.643588142	7.734966088	4.643588142	1.315223272	4.643588142	1.659832991
4.626261321	7.739501394	4.626261321	1.330231574	4.626261321	1.694042451
4.609063323	7.748586289	4.609063323	1.350409142	4.609063323	1.735691059
4.591992718	7.898151294	4.591992718	1.369735167	4.591992718	1.804122951
4.575048096	7.964525492	4.575048096	1.378117252	4.575048096	1.866583758

4.558228066	8.012550966	4.558228066	1.39012671	4.558228066	1.92142223
4.54153126	8.062726017	4.54153126	1.405287174	4.54153126	2.000542065
4.524956328	7.934375664	4.524956328	1.422508357	4.524956328	2.095224652
4.508501942	7.923319375	4.508501942	1.450137068	4.508501942	2.166492448
4.49216679	8.067611608	4.49216679	1.472917154	4.49216679	2.23712622
4.475949581	8.007725057	4.475949581	1.483246284	4.475949581	2.338852003
4.459849043	7.906000909	4.459849043	1.507293445	4.459849043	2.39923606
4.443863921	7.994881435	4.443863921	1.537996678	4.443863921	2.446361344
4.427992978	8.100318564	4.427992978	1.558983955	4.427992978	2.480075741
4.412234996	8.067611608	4.412234996	1.571321649	4.412234996	2.512184209
4.396588773	8.087207249	4.396588773	1.567349619	4.396588773	2.582919175
4.381053124	8.062726017	4.381053124	1.581549001	4.381053124	2.715001074
4.36562688	8.031906905	4.36562688	1.619239272	4.36562688	2.829789928
4.350308891	8.07903202	4.350308891	1.633602762	4.350308891	2.916396674
4.335098021	8.116761499	4.335098021	1.655672279	4.335098021	3.027847641
4.31999315	8.149827916	4.31999315	1.683174063	4.31999315	3.097783244
4.304993173	8.07903202	4.304993173	1.687690614	4.304993173	3.154402876
4.290097003	8.039996669	4.290097003	1.703960993	4.290097003	3.233179351
4.275303565	8.121706079	4.275303565	1.737979705	4.275303565	3.317643782
4.260611801	8.149827916	4.260611801	1.775603433	4.260611801	3.4068189
4.246020664	8.121706079	4.246020664	1.835774027	4.246020664	3.482052046
4.231529126	8.134918124	4.231529126	1.877519996	4.231529126	3.53846679
4.21713617	8.144852531	4.21713617	1.888093542	4.21713617	3.642071842
4.202840793	8.044857552	4.202840793	1.908574914	4.202840793	3.750265864
4.188642007	8.01094175	4.188642007	1.911659285	4.188642007	3.878515726
4.174538835	8.07903202	4.174538835	1.930004448	4.174538835	3.978299797
4.160530315	8.020605755	4.160530315	1.958482906	4.160530315	4.020968029
4.146615498	7.964525492	4.146615498	1.978619547	4.146615498	4.107593943
4.132793447	8.00611758	4.132793447	2.051095831	4.132793447	4.224283437
4.119063236	8.035141057	4.119063236	2.123022639	4.119063236	4.274133735
4.105423953	7.942289963	4.105423953	2.121583916	4.105423953	4.283352094
4.0918747	7.947045341	4.0918747	2.103898036	4.0918747	4.277925523
4.078414585	8.101960163	4.078414585	2.136762598	4.078414585	4.231193433
4.065042734	8.062726017	4.065042734	2.193436187	4.065042734	4.250963632
4.051758281	8.116761499	4.051758281	2.218958162	4.051758281	4.306269491
4.038560371	8.163122354	4.038560371	2.247076265	4.038560371	4.299154207
4.025448162	8.007725057	4.025448162	2.267770724	4.025448162	4.283895382

4.012420822	8.101960163	4.012420822	2.26024856	4.012420822	4.177476152
3.999477529	8.169784203	3.999477529	2.259261578	3.999477529	4.076376198
3.986617473	8.077398756	3.986617473	2.246097856	3.986617473	4.031753198
3.973839852	8.154808766	3.973839852	2.23712622	3.973839852	3.939208349
3.961143878	8.092119521	3.961143878	2.219534594	3.961143878	3.844196069
3.948528771	7.691368663	3.948528771	2.208620349	3.948528771	3.826997128
3.935993759	7.548683899	3.935993759	2.194569612	3.935993759	3.823392366
3.923538082	7.605479331	3.923538082	2.169090384	3.923538082	3.732449278
3.91116099	7.589383052	3.91116099	2.162604177	3.91116099	3.586618251
3.898861742	7.547237564	3.898861742	2.084325347	3.898861742	3.438791921
3.886639605	7.361949676	3.886639605	2.01963951	3.886639605	3.313712025
3.874493856	7.232579738	3.874493856	2.009642611	3.874493856	3.211325042
3.862423782	7.15556688	3.862423782	1.943219225	3.862423782	3.093937909
3.850428677	6.942992405	3.850428677	1.831556647	3.850428677	2.978372164
3.838507845	6.715391875	3.838507845	1.782568074	3.838507845	2.879718469
3.826660599	6.447717628	3.826660599	1.746498489	3.826660599	2.700449529
3.814886258	6.268356296	3.814886258	1.658192177	3.814886258	2.497657534
3.803184153	6.161647845	3.803184153	1.590201853	3.803184153	2.343848203
3.791553621	5.995830913	3.791553621	1.540954651	3.791553621	2.221072837
3.779994006	5.818365068	3.779994006	1.48616916	3.779994006	2.098581544
3.768504662	5.528654995	3.768504662	1.430711223	3.768504662	1.969883798
3.757084951	5.34482024	3.757084951	1.370026412	3.757084951	1.829960576
3.745734242	5.158569637	3.745734242	1.300620223	3.745734242	1.691445811
3.734451909	4.948306849	3.734451909	1.220006892	3.734451909	1.579897011
3.723237339	4.811022933	3.723237339	1.156607703	3.723237339	1.470243383
3.712089922	4.62824792	3.712089922	1.094272316	3.712089922	1.339421492
3.701009057	4.433180093	3.701009057	1.024339195	3.701009057	1.221674086
3.689994149	4.283352094	3.689994149	0.961817518	3.689994149	1.113525427
3.679044611	4.112666139	3.679044611	0.906334361	3.679044611	0.994711673
3.668159864	3.871611662	3.668159864	0.856721331	3.668159864	0.905990755
3.657339333	3.684053339	3.657339333	0.803348767	3.657339333	0.83666871
3.646582453	3.505380247	3.646582453	0.750546292	3.646582453	0.769551304
3.635888663	3.34610193	3.635888663	0.705593665	3.635888663	0.707815783
3.625257409	3.161678524	3.625257409	0.654721752	3.625257409	0.633705971
3.614688146	3.008148176	3.614688146	0.604467566	3.614688146	0.564042195
3.604180331	2.903027627	3.604180331	0.569897262	3.604180331	0.508224949
3.593733432	2.78662287	3.593733432	0.531863669	3.593733432	0.465627582

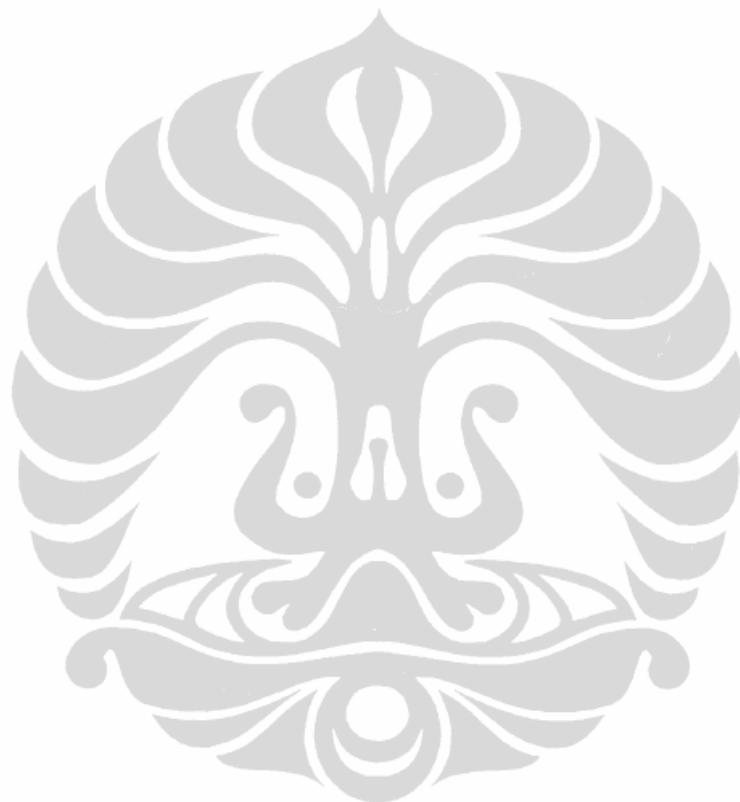
3.583346919	2.632697266	3.583346919	0.496285484	3.583346919	0.428365042
3.573020271	2.489413944	3.573020271	0.459766782	3.573020271	0.393418393
3.562752971	2.370767916	3.562752971	0.42453694	3.562752971	0.351912951
3.55254451	2.230722916	3.55254451	0.396480791	3.55254451	0.306502566
3.542394383	2.115664358	3.542394383	0.364682493	3.542394383	0.272567484
3.532302091	2.016299162	3.532302091	0.339892263	3.532302091	0.238323853
3.522267142	1.917849652	3.522267142	0.319424591	3.522267142	0.207769836
3.512289048	1.814538362	3.512289048	0.291559134	3.512289048	0.181968309
3.502367328	1.682401502	3.502367328	0.262918443	3.502367328	0.157095588
3.492501504	1.548154624	3.492501504	0.239780017	3.492501504	0.134716687
3.482691107	1.468002525	3.482691107	0.225467262	3.482691107	0.117875494
3.472935669	1.380468721	3.472935669	0.20983404	3.472935669	0.107274629
3.463234732	1.276725757	3.463234732	0.188362774	3.463234732	0.0959023
3.453587838	1.193002058	3.453587838	0.17111339	3.453587838	0.079901983
3.443994539	1.099282212	3.443994539	0.157470553	3.443994539	0.066796112
3.434454388	1.011780453	3.434454388	0.145660057	3.434454388	0.057203222
3.424966945	0.939114833	3.424966945	0.135102438	3.424966945	0.049900835
3.415531774	0.87839939	3.415531774	0.127532053	3.415531774	0.045774885
3.406148445	0.813136831	3.406148445	0.119157725	3.406148445	0.039664972
3.396816531	0.747075119	3.396816531	0.108894123	3.396816531	0.034384992
3.387535612	0.701088563	3.387535612	0.103202551	3.387535612	0.03090992
3.37830527	0.655035407	3.37830527	0.099652284	3.37830527	0.026775713
3.369125092	0.609114922	3.369125092	0.093944049	3.369125092	0.024217372
3.359994672	0.567446917	3.359994672	0.089719483	3.359994672	0.023215489
3.350913605	0.523345278	3.350913605	0.087582236	3.350913605	0.022628891
3.341881493	0.490254079	3.341881493	0.085157971	3.341881493	0.022012405
3.332897941	0.464921336	3.332897941	0.084373393	3.332897941	0.021434413
3.323962558	0.433590788	3.323962558	0.084304046	3.323962558	0.021828188
3.315074957	0.407113419	3.315074957	0.083675505	3.315074957	0.021472825
3.306234757	0.383541925	3.306234757	0.082409955	3.306234757	0.020612372
3.29744158	0.359963218	3.29744158	0.08174846	3.29744158	0.020722523
3.28869505	0.339216227	3.28869505	0.080772541	3.28869505	0.020654889
3.279994799	0.320176048	3.279994799	0.080023333	3.279994799	0.020657391
3.271340459	0.301183742	3.271340459	0.081127563	3.271340459	0.0212608
3.262731668	0.283694171	3.262731668	0.081736132	3.262731668	0.021996801
3.254168068	0.265297411	3.254168068	0.081995299	3.254168068	0.022811881
3.245649304	0.248012057	3.245649304	0.081176619	3.245649304	0.023509536

3.237175023	0.232872297	3.237175023	0.081305493	3.237175023	0.024242201
3.22874488	0.215051838	3.22874488	0.080729769	3.22874488	0.024571969
3.22035853	0.200068041	3.22035853	0.078899844	3.22035853	0.024694596
3.212015632	0.187120528	3.212015632	0.079050191	3.212015632	0.025543609
3.20371585	0.175367208	3.20371585	0.079170616	3.20371585	0.02625941
3.19545885	0.162900708	3.19545885	0.0786957	3.19545885	0.026599995
3.187244303	0.149911405	3.187244303	0.078318429	3.187244303	0.026819754
3.179071882	0.137890883	3.179071882	0.076940221	3.179071882	0.027170749
3.170941263	0.125577443	3.170941263	0.075102457	3.170941263	0.027444056
3.162852127	0.114787224	3.162852127	0.074650814	3.162852127	0.027093819
3.154804158	0.105472536	3.154804158	0.073976958	3.154804158	0.026899143
3.14679704	0.09758155	3.14679704	0.073879407	3.14679704	0.026787453
3.138830466	0.090526506	3.138830466	0.073079493	3.138830466	0.026869723
3.130904126	0.083857433	3.130904126	0.070894503	3.130904126	0.027307189
3.123017718	0.077775762	3.123017718	0.069637681	3.123017718	0.027411288
3.11517094	0.070978109	3.11517094	0.069368449	3.11517094	0.027173711
3.107363494	0.06525873	3.107363494	0.069165634	3.107363494	0.027147064
3.099595085	0.060783649	3.099595085	0.069094473	3.099595085	0.027396402
3.091865421	0.056585857	3.091865421	0.069001494	3.091865421	0.027614243
3.084174214	0.053764509	3.084174214	0.067897962	3.084174214	0.027818132
3.076521176	0.050653722	3.076521176	0.066967281	3.076521176	0.027593307
3.068906025	0.04752996	3.068906025	0.066887008	3.068906025	0.027914404
3.061328479	0.044715815	3.061328479	0.066919109	3.061328479	0.028468957
3.053788261	0.041982445	3.053788261	0.066465338	3.053788261	0.028256027
3.046285096	0.040392372	3.046285096	0.065696201	3.046285096	0.028426291
3.038818711	0.038764037	3.038818711	0.065269248	3.038818711	0.028462859
3.031388836	0.037016511	3.031388836	0.064891353	3.031388836	0.02853303
3.023995205	0.035783788	3.023995205	0.063994742	3.023995205	0.028600252
3.016637552	0.034371252	3.016637552	0.063451627	3.016637552	0.027962618
3.009315616	0.033560041	3.009315616	0.062166232	3.009315616	0.027857218
3.002029138	0.033055098	3.002029138	0.061235425	3.002029138	0.028328919
2.99477786	0.032132089	2.99477786	0.060964084	2.99477786	0.028667573
2.987561528	0.031608353	2.987561528	0.060189819	2.987561528	0.028353242
2.980379889	0.031222348	2.980379889	0.059348406	2.980379889	0.02785421
2.973232695	0.030107484	2.973232695	0.057917145	2.973232695	0.027444056
2.966119698	0.029191125	2.966119698	0.056452456	2.966119698	0.026972781
2.959040654	0.029132316	2.959040654	0.05490562	2.959040654	0.026719991

2.951995319	0.028578853	2.951995319	0.053277788	2.951995319	0.026599995
2.944983454	0.027986744	2.944983454	0.051781539	2.944983454	0.02632034
2.93800482	0.028234789	2.93800482	0.050503424	2.93800482	0.025783715
2.931059182	0.027974679	2.931059182	0.048982185	2.931059182	0.025569268
2.924146306	0.027497728	2.924146306	0.047119757	2.924146306	0.025461037
2.917265962	0.027725067	2.917265962	0.045774885	2.917265962	0.025076009
2.91041792	0.027689094	2.91041792	0.044034946	2.91041792	0.024644385
2.903601953	0.027161866	2.903601953	0.042543742	2.903601953	0.024594237
2.896817836	0.026869723	2.896817836	0.041259638	2.896817836	0.024363812
2.890065347	0.026946257	2.890065347	0.039484461	2.890065347	0.023931593
2.883344265	0.026363915	2.883344265	0.037997208	2.883344265	0.023490584
2.876654371	0.025835347	2.876654371	0.036682533	2.876654371	0.02324775
2.869995449	0.02615227	2.869995449	0.035737993	2.869995449	0.023239683
2.863367284	0.02625941	2.863367284	0.035107772	2.863367284	0.023261201
2.856769663	0.026002153	2.856769663	0.034433107	2.856769663	0.023057272
2.850202377	0.025967587	2.850202377	0.033648061	2.850202377	0.022517947
2.843665215	0.02587555	2.843665215	0.033692126	2.843665215	0.022184496
2.837157972	0.025792316	2.837157972	0.033678563	2.837157972	0.022061863
2.830680443	0.025387149	2.830680443	0.032814452	2.830680443	0.021799731
2.824232424	0.024943789	2.824232424	0.0322276	2.824232424	0.021442092
2.817813714	0.025138047	2.817813714	0.031797577	2.817813714	0.021470263
2.811424113	0.025064739	2.811424113	0.03131614	2.811424113	0.021554912
2.805063425	0.024742076	2.805063425	0.031051394	2.805063425	0.02147795
2.798731454	0.024781219	2.798731454	0.030961318	2.798731454	0.021316875
2.792428004	0.02456084	2.792428004	0.031015987	2.792428004	0.021012101
2.786152885	0.024297432	2.786152885	0.030999902	2.786152885	0.020926233
2.779905906	0.024355509	2.779905906	0.030848954	2.779905906	0.020885898
2.773686877	0.024311252	2.773686877	0.030727251	2.773686877	0.020707482
2.767495612	0.024385964	2.767495612	0.030465662	2.767495612	0.020780244
2.761331924	0.024408127	2.761331924	0.030252969	2.761331924	0.020722523
2.755195631	0.024458041	2.755195631	0.030395719	2.755195631	0.020677419
2.74908655	0.02433614	2.74908655	0.03042432	2.74908655	0.020460251
2.7430045	0.024258762	2.7430045	0.030079071	2.7430045	0.020084159
2.736949302	0.024211856	2.736949302	0.030056984	2.736949302	0.019780467
2.73092078	0.024090712	2.73092078	0.03005383	2.73092078	0.019717144
2.724918756	0.024052245	2.724918756	0.029589258	2.724918756	0.020042359
2.718943057	0.024264284	2.718943057	0.029579888	2.718943057	0.020195062

2.71299351	0.024319546	2.71299351	0.029890083	2.71299351	0.02002025
2.707069943	0.023882343	2.707069943	0.029805283	2.707069943	0.019814615
2.701172187	0.023734967	2.701172187	0.029551789	2.701172187	0.019831702
2.695300074	0.024082466	2.695300074	0.029545547	2.695300074	0.019641803
2.689453436	0.024233922	2.689453436	0.029773914	2.689453436	0.019457833
2.683632108	0.023986389	2.683632108	0.029987633	2.683632108	0.019424058
2.677835926	0.023920643	2.677835926	0.029846094	2.677835926	0.019491644
2.672064728	0.023683246	2.672064728	0.029670543	2.672064728	0.019653943
2.666318353	0.023724073	2.666318353	0.029708106	2.666318353	0.019465075
2.660596639	0.023893282	2.660596639	0.029764507	2.660596639	0.019157518
2.65489943	0.023724073	2.65489943	0.030101169	2.65489943	0.019109728
2.649226568	0.023803127	2.649226568	0.030107484	2.649226568	0.019224544
2.643577898	0.023724073	2.643577898	0.029742565	2.643577898	0.019138393
2.637953264	0.023455412	2.637953264	0.029827253	2.637953264	0.018902679
2.632352514	0.023368974	2.632352514	0.02996244	2.632352514	0.018819766
2.626775496	0.023239683	2.626775496	0.029695581	2.626775496	0.018907423
2.621222059	0.023236994	2.621222059	0.029299653	2.621222059	0.019066779
2.615692055	0.023371672	2.615692055	0.029321389	2.615692055	0.019128835
2.610185335	0.023550179	2.610185335	0.02959863	2.610185335	0.019009604
2.604701752	0.023482464	2.604701752	0.02955491	2.604701752	0.01888845
2.599241161	0.023231616	2.599241161	0.029517469	2.599241161	0.018770123
2.593803418	0.023261201	2.593803418	0.02962363	2.593803418	0.018661657
2.58838838	0.023298886	2.58838838	0.029723766	2.58838838	0.018635775
2.582995904	0.02315105	2.582995904	0.029614254	2.582995904	0.018591122
2.57762585	0.023167149	2.57762585	0.029645517	2.57762585	0.018621667
2.572278079	0.02315105	2.572278079	0.029915238	2.572278079	0.018511375
2.566952451	0.023199369	2.566952451	0.029956144	2.566952451	0.018614616
2.56164883	0.023110831	2.56164883	0.030135914	2.56164883	0.018798481
2.55636708	0.022658003	2.55636708	0.030139074	2.55636708	0.018579381
2.551107066	0.022565454	2.551107066	0.029946701	2.551107066	0.018450532
2.545868653	0.02273221	2.545868653	0.030116959	2.545868653	0.018296622
2.540651709	0.022819858	2.540651709	0.030145394	2.540651709	0.018268722
2.535456102	0.022494217	2.535456102	0.030091697	2.535456102	0.018247813
2.530281702	0.022307545	2.530281702	0.030376661	2.530281702	0.018226919
2.525128379	0.022381049	2.525128379	0.030599471	2.525128379	0.018387475
2.519996004	0.022189724	2.519996004	0.030522963	2.519996004	0.01812035
2.51488445	0.022038427	2.51488445	0.030367135	2.51488445	0.018092611

2.509793591	0.022080101	2.509793591	0.030101169	2.509793591	0.01822924
2.504723301	0.022147924	2.504723301	0.030275147	2.504723301	0.01808106
2.499673456	0.021879984	2.499673456	0.030487938	2.499673456	0.018011851
2.494643931	0.021696444	2.494643931	0.030354437	2.494643931	0.0179681
2.489634606	0.021714498	2.489634606	0.030319533	2.489634606	0.018092611
2.484645359	0.021598598	2.484645359	0.030221305	2.484645359	0.018094921
2.479676068	0.021442092	2.479676068	0.030240301	2.479676068	0.017977305



Lampiran 2

Pembuatan Larutan Standar *Methylene Blue*

Konversi ke Nilai F(R) Menggunakan Faktor *Kubelka-Munk*

Perbedaan Vol (μl)	Wavelength nm.	R/100	1-R	$K = (1-R)^2$	S= 2R	F (R)
0	81.412	0.81412	0.18588	0.034551374	1.62824	0.021220075
100	49.713	0.49713	0.50287	0.252878237	0.99426	0.254338138
150	41.577	0.41577	0.58423	0.341324693	0.83154	0.410472969
200	35.233	0.35233	0.64767	0.419476429	0.70466	0.595289117
250	28.145	0.28145	0.71855	0.516314103	0.5629	0.917239479
300	14.069	0.22577	0.77423	0.599432093	0.45154	1.327528221

Konversi volume menjadi berat pada konsentrasi 300 ppm

Rumus = ppm x volume larutan

Mikro liter	Mili gram	F
0	0	0.02122008
100	0.03	0.25433814
150	0.05	0.41047297
200	0.06	0.59528912
250	0.08	0.91723948
300	0.09	1.32752822

Lampiran 3

Perhitungan Uji Perilaku *Self Cleaning* Menggunakan Lampu UV

Konversi ke Nilai F(R) Menggunakan Faktor *Kubelka-Munk*. Nilai F(R) didapatkan menggunakan rumus :

$$F(R) = K/S = (1-R)^2/2R$$

Dimana:

- F(R) = Faktor Kubelka-Munk
- K = Koefisien Absorpsi
- S = Koefisien Scattering
- R = Nilai Reflektan yang diukur

Katun Biasa + MB 300 ppm

Waktu	Wavelength	R/100	1-R	K= (1-R)^2	S= 2R	F(R)
0 menit	13.167	0.13167	0.86833	0.754	0.26334	2.86321
20 menit	13.774	0.13774	0.86226	0.74349	0.27548	2.6989
40 menit	13.857	0.13857	0.86143	0.74206	0.27714	2.67757
60 menit	13.948	0.13948	0.86052	0.74049	0.27896	2.65448
80 menit	14.008	0.14008	0.85992	0.73946	0.28016	2.63943
100 menit	14.106	0.14106	0.85894	0.73778	0.28212	2.61512

Katun TiO₂ + MB 300 ppm

Waktu	Wavelength	R/100	1-R	K= (1-R)^2	S= 2R	F(R)
0 menit	14.069	0.14069	0.85931	0.738413676	0.28138	2.624257858
20 menit	22.461	0.22461	0.77539	0.601229652	0.44922	1.338385762
40 menit	48.035	0.48035	0.51965	0.270036123	0.9607	0.281082671
60 menit	55.991	0.55991	0.44009	0.193679208	1.11982	0.172955661
80 menit	62.811	0.62811	0.37189	0.138302172	1.25622	0.11009391
100 menit	64.964	0.64964	0.35036	0.12275213	1.29928	0.094477041

Katun TiO₂ + MB 200 ppm

Waktu	Wavelength	R/100	1-R	K= (1-R) ²	S= 2R	F (R)
0 menit	18.456	0.18456	0.81544	0.66494	0.36912	1.80143
20 menit	45.993	0.45993	0.54007	0.29168	0.91986	0.31709
40 menit	63.319	0.63319	0.36681	0.13455	1.26638	0.10625
60 menit	73.227	0.73227	0.26773	0.07168	1.46454	0.04894
80 menit	81.136	0.81136	0.18864	0.03559	1.62272	0.02193
100 menit	82.73	0.8273	0.1727	0.02983	1.6546	0.01803

Katun TiO₂ + MB 100 ppm

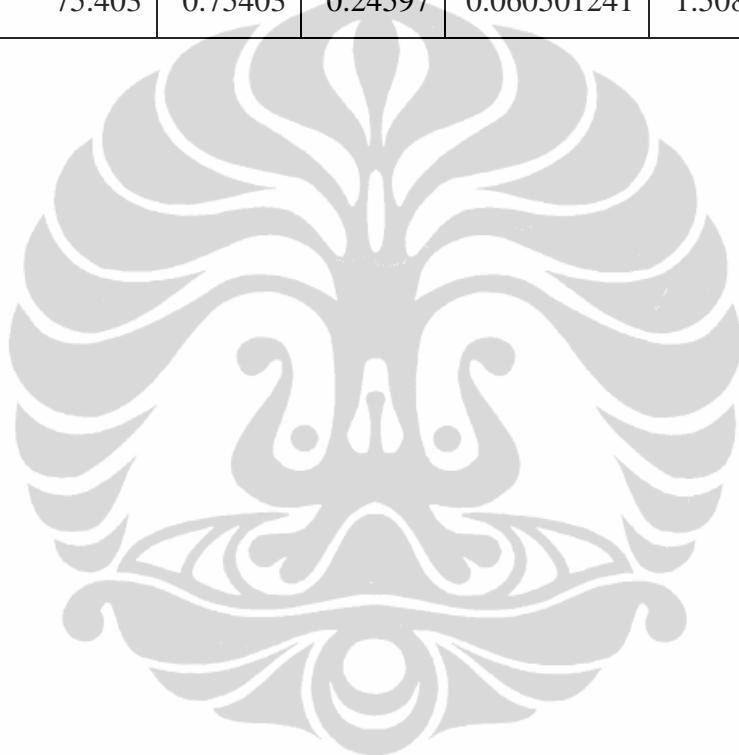
Waktu	Wavelength	R/100	1-R	K= (1-R) ²	S= 2R	F (R)
0 menit	22.354	0.22354	0.77646	0.602890132	0.44708	1.34851
20 menit	62.267	0.62267	0.37733	0.142377929	1.24534	0.11433
40 menit	73.209	0.73209	0.26791	0.071775768	1.46418	0.04902
60 menit	83.282	0.83282	0.16718	0.027949152	1.66564	0.01678
80 menit	85.564	0.85564	0.14436	0.02083981	1.71128	0.01218
100 menit	85.756	0.85756	0.14244	0.020289154	1.71512	0.01183

Katun TiO₂ tercoating 2 kali + MB

Waktu	Wavelength	R/100	1-R	K= (1-R) ²	S= 2R	F (R)
0	14.076	0.14076	0.85924	0.73829	0.28152	2.62253
20	26.17	0.2617	0.7383	0.54509	0.5234	1.04143
40	40.903	0.40909	0.59091	0.34917	0.81818	0.42677
60	59.583	0.59583	0.40417	0.16335	1.19166	0.13708
80	63.379	0.63379	0.36621	0.13411	1.26758	0.1058
100	73.438	0.73438	0.26562	0.07055	1.46876	0.04804

Katun TiO₂ tercoating 3 kali + MB

Waktu	Wavelength	R/100	1-R	K= (1-R) ²	S= 2R	F (R)
0 menit	14.059	0.14059	0.85941	0.738585548	0.28118	2.6267357
20 menit	26.625	0.26625	0.73375	0.538389063	0.5325	1.0110593
40 menit	53.799	0.53799	0.46201	0.21345324	1.07598	0.1983803
60 menit	59.334	0.59334	0.40666	0.165372356	1.18668	0.1393572
80 menit	63.469	0.63469	0.36531	0.133451396	1.26938	0.1051312
100 menit	75.403	0.75403	0.24597	0.060501241	1.50806	0.0401186



Lampiran 4**Foto Hasil Uji *Self Cleaning* Menggunakan Lampu UV**

Kanan adalah katun-TP dan kiri adalah Katun-DP-Sp-TiO₂

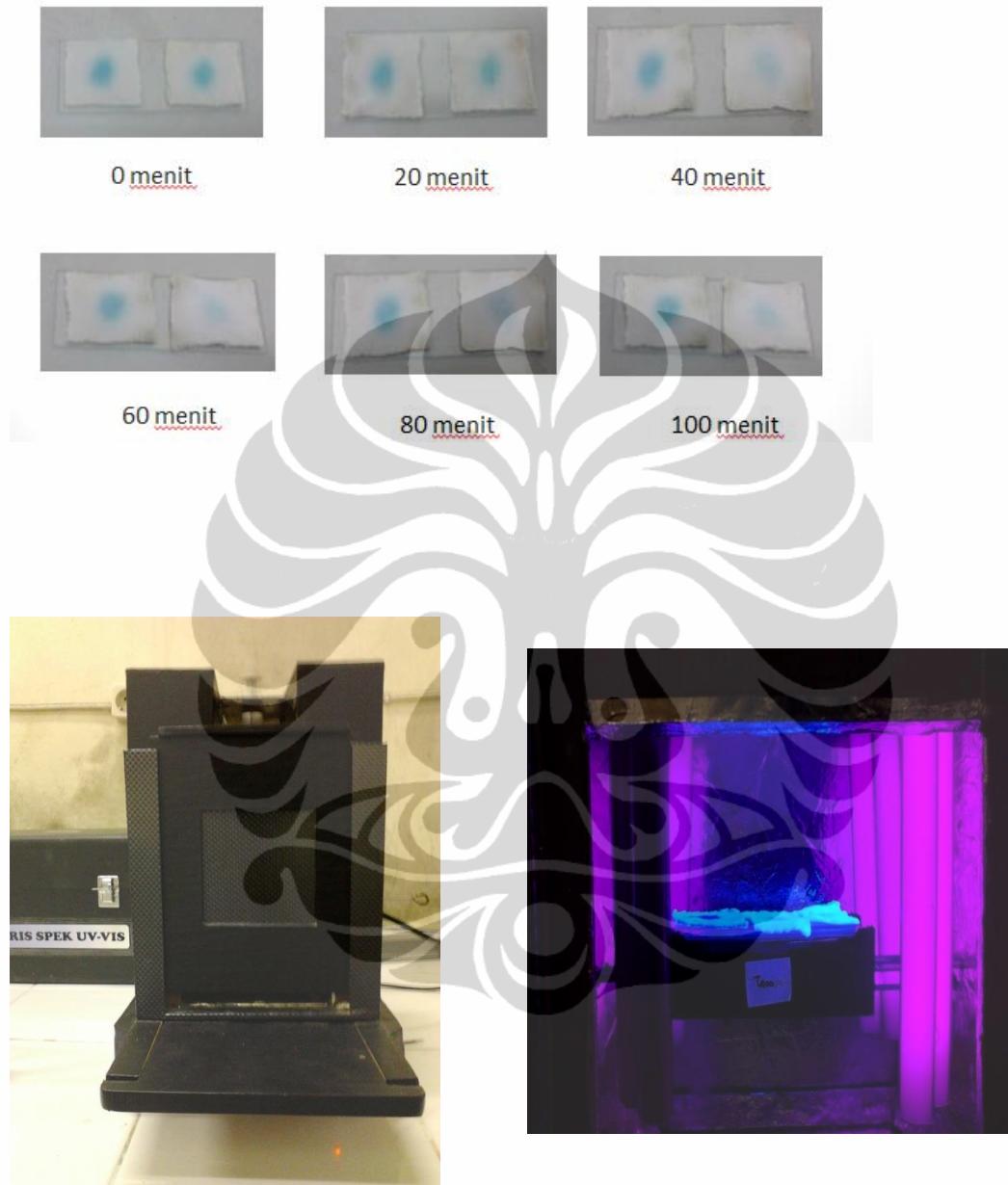


Foto pengujian menggunakan lampu UV

Lampiran 5

Perhitungan Uji Perilaku *Self Cleaning* Menggunakan Sinar matahari

Konversi ke Nilai F(R) Menggunakan Faktor *Kubelka-Munk*. Nilai F(R) didapatkan menggunakan rumus :

$$F(R) = K/S = (1-R)^2/2R$$

Dimana:

$F(R)$ = Faktor Kubelka-Munk

K = Koefisien Absorpsi

S = Koefisien Scattering

R = Nilai Reflektan yang diukur

Waktu	Wavelength	R/100	1-R	K= (1-R)^2	S= 2R	F (R)
0	14.069	0.14069	0.85931	0.738414	0.28138	1.163724
120	32.286	0.32286	0.67714	0.458519	0.64572	1.476799
240	48.09	0.4809	0.5191	0.269465	0.9618	1.926411
360	49.684	0.49684	0.50316	0.25317	0.99368	1.987439

Foto hasil uji self cleaning luminasi sinar matahari dengan perbedaan waktu

