

**OPTIMASI FOTOKATALIS PADA ALAT PERANGKAP
NYAMUK DAN PENDEGRADASI POLUTAN UDARA RUANG
SECARA SIMULTAN**

SKRIPSI

**CATHERINE
0606076210**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JANUARI 2010**

**OPTIMASI FOTOKATALIS PADA ALAT PERANGKAP
NYAMUK DAN PENDEGRADASI POLUTAN UDARA RUANG
SECARA SIMULTAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**CATHERINE
0606076210**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JANUARI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Catherine

NPM : 0606076210

Tanda Tangan :

Tanggal : 5 Januari 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Catherine
NPM : 0606076210
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Optimasi Fotokatalis pada Alat Perangkap Nyamuk
dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang secara
Simultan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Slamet, MT ()
Penguji : Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD. ()
Penguji : Ir. Setiadi, M.Eng. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Januari 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI;
- (2) Dr. Ir. Slamet, MT., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan seminar ini;
- (3) Ir. Praswasti PDK Wulan, MT., selaku dosen pembimbing akademik yang telah menyediakan waktu dan membantu kehidupan akademik perkuliahan selama ini;
- (4) Mang Ijal, Mas Eko dan Kang Djajat sebagai penanggung jawab laboratorium yang selalu mendampingi selama saya penelitian;
- (5) Anny, Bugi, Alfat, dan Didit yang sudah membantu dalam pencarian sumber dan saling bertukar wawasan serta informasi yang ada;

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 5 Januari 2010

Catherine

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

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

Nama : Catherine
NPM : 0606076210
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Fakultas Teknik
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 :

**Optimasi Fotokatalis pada Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi
Polutan Udara Ruang secara Simultan**

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 tanpa meminta izin dari 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 : 5 Januari 2010

Yang menyatakan

(Catherine)

ABSTRAK

Nama : Catherine
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Optimasi Fotokatalis pada Alat Perangkap Nyamuk dan
Pendeградasi Polutan Udara Ruang secara Simultan

Alat yang efektif dalam menangkap nyamuk dan mendeградasi polutan udara ruang secara simultan telah dibuat. Pada penelitian ini, variasi yang dilakukan adalah komposisi fotokatalis – adsorben (titanium dioksida – karbon aktif) pada panel. Pengujian kinerja dilakukan untuk melihat kemampuan menangkap nyamuk dari jumlah nyamuk yang terdehidrasi, dan kemampuan mendeградasi polutan udara ruang berupa gas CO dan gas asetaldehida. Hasil pengujian menunjukkan TiO₂ : karbon aktif (85:15% berat) adalah komposisi yang paling optimum dengan peningkatan jumlah nyamuk pada 2 tempat pengujian yang diperoleh hingga 4 - 5 kali dibandingkan dengan TiO₂ tanpa penambahan karbon aktif. Komposisi 85:15% berat mampu mendeградasi gas asetaldehida dengan optimal hingga 82%.

Kata kunci:
fotokatalis, titanium dioksida, nyamuk, polutan udara ruang, karbon aktif

ABSTRACT

Name : Catherine
Study Program : Chemical Engineering
Title : Photocatalyst Optimization for Simultaneous Mosquito Trap and Indoor Air Pollutant Degradation Device

An effective device in catching mosquitoes and degrade indoor air pollutants simultaneously has been created. The variation in this research is the composition photocatalyst - adsorbent (titanium dioxide – activated carbon) in the panel. Performance test has been done to see the ability of device to catch the mosquitoes and to degrade indoor air pollutants (CO and acetaldehyde in gas phase). The results showed that the composition of TiO₂ : activated carbon (85:15% weight) is the most optimum by the increases of mosquito numbers in two testing place until 4 - 5 times compared with TiO₂ no addition of activated carbon. The composition of 85:15% wt applies the optimum degradation of acetaldehyde gas up to 82%.

Key words:
photocatalyst, titanium dioxide, mosquito, indoor air pollutant, activated carbon

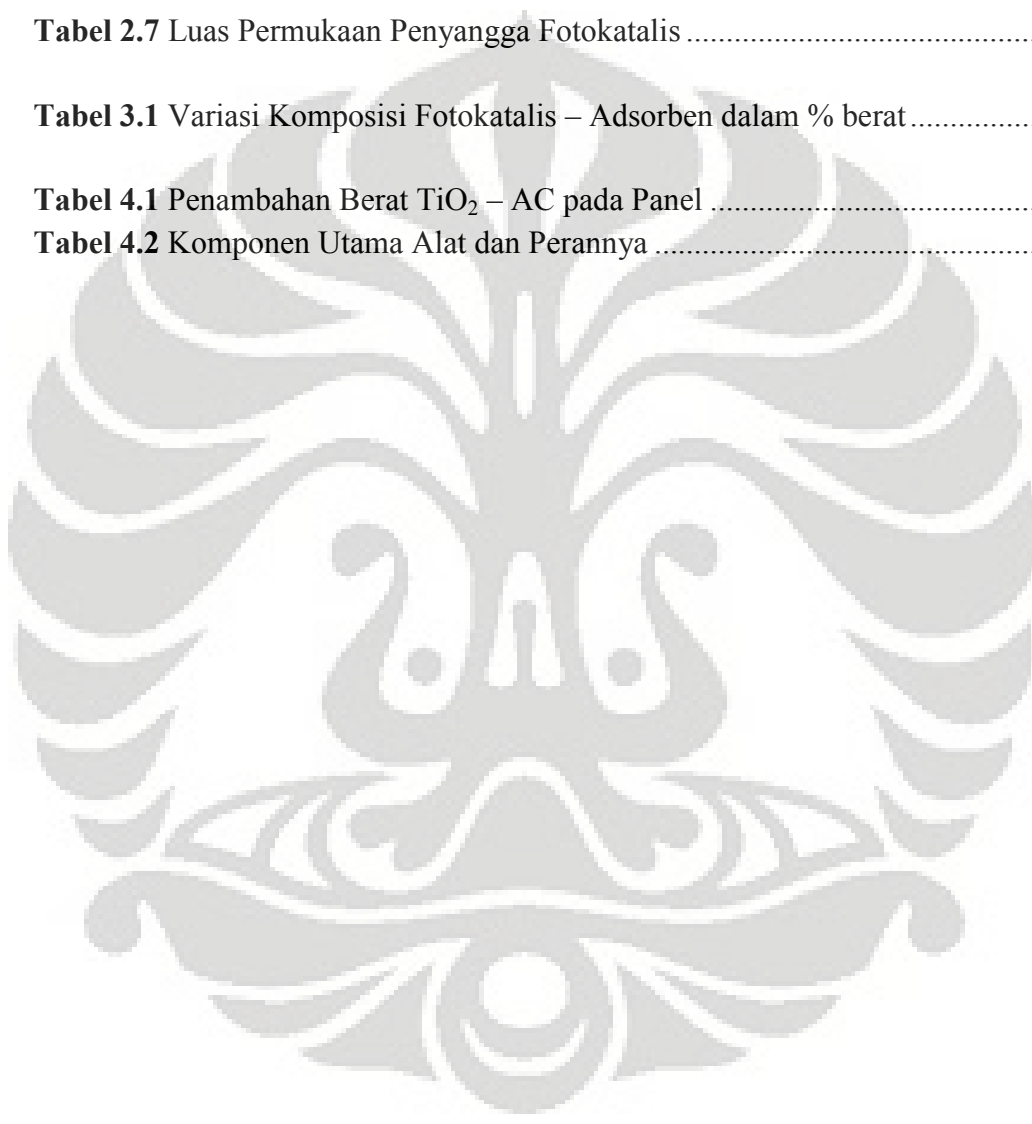
DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1	
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2	
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ketertarikan Nyamuk terhadap Manusia	5
2.2 Polutan Udara Ruang yang Sering Ditemukan dan Dampaknya bagi Kesehatan.....	5
2.3 Definisi Proses Fotokatalisis.....	9
2.4 Fotokatalis Titanium Dioksida	10
2.5 Mekanisme Fotokatalisis TiO ₂	14
2.6 Adsorpsi.....	15
2.6.1 Adsorben Karbon Aktif.....	17
2.6.2 Adsorben sebagai Penyangga Katalis TiO ₂	20
2.7 Paten dan Penelitian Terkait	24
BAB 3	
METODE PENELITIAN	26
3.1 Diagram Alir Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	26
3.3 Prosedur Penelitian	27
3.3.1 Perancangan Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang.....	27
3.3.2 Pelapisan Fotokatalis - Adsorben	32
3.3.3 Pengujian Kinerja Prototipe Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang	35

3.4	Variabel Penelitian.....	42
3.5	Data Penelitian.....	42
3.6	Pengolahan Data Hasil Penelitian.....	43
BAB 4		
HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Perancangan Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang.....	44
4.1.1	Panel Fotokatalis	45
4.1.2	Intensitas Cahaya Lampu UV-A sebagai Inisiator Reaksi	48
4.1.3	Aliran Udara Polutan.....	48
4.2	Pengujian Kemampuan Menangkap Nyamuk	48
4.2.1	Pengaruh Proses Fotokatalisis.....	49
4.2.2	Pengaruh Kipas/ <i>Fan</i>	50
4.2.3	Pengaruh Lampu UV.....	51
4.2.4	Pengujian Kinerja Alat Untuk Menangkap Nyamuk.....	52
4.3	Pengujian Kemampuan Mendegradasi Polutan Udara Ruang.....	57
4.3.1	Pengujian Kebocoran dan Distribusi Udara Kotak Uji	57
4.3.2	Pengujian Kemampuan Mendegradasi Gas CO (Karbon Monooksida).....	59
4.3.3	Pengujian Kemampuan Mendegradasi Gas Asetaldehida.....	64
BAB 5		
KESIMPULAN		72
DAFTAR PUSTAKA.....		73
LAMPIRAN		80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Substansi Senyawa di Asap Rokok	7
Tabel 2.2 Sumber VOC sebagai Polutan Ruang.....	8
Tabel 2.3 Beberapa Acuan Konsentrasi Asetaldehida yang Diizinkan	9
Tabel 2.4 Besarnya Celah Pita Energi Berbagai Fotokatalis	10
Tabel 2.5 Perbandingan antara Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia	16
Tabel 2.6 Ukuran Pori dalam Karbon Aktif	18
Tabel 2.7 Luas Permukaan Penyangga Fotokatalis	22
Tabel 3.1 Variasi Komposisi Fotokatalis – Adsorben dalam % berat.....	33
Tabel 4.1 Penambahan Berat TiO ₂ – AC pada Panel	46
Tabel 4.2 Komponen Utama Alat dan Perannya	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kristal TiO ₂	11
Gambar 2.2 Daerah Energi pada Semikonduktor	12
Gambar 2.3 Energi Celah, Posisi Pita Valensi (Bawah), Konduksi (Atas), dan Potensial Redoks dari Berbagai Semikonduktor.....	13
Gambar 2.4 Ilustrasi Foto-eksitasi dan De-eksitasi pada Semikonduktor TiO ₂ ..	14
Gambar 2.5 Struktur Karbon Aktif.....	19
Gambar 2.6 Mekanisme Degradasi Polutan pada Adsorben sebagai Penyangga TiO ₂	21
Gambar 2.7 Distribusi Partikel TiO ₂ dan AC pada Rasio yang Berbeda.....	23
Gambar 2.8 Tampak Samping Alat Perangkap Nyamuk Berbasis Fotokatalisis	24
Gambar 2.9 Prototipe Alat Perangkap Nyamuk	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian secara Umum.....	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Konfigurasi Alat Perangkap Nyamuk ..	28
Gambar 3.3 Rancangan Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang.....	28
Gambar 3.4 Posisi Selimut Tabung Bagian Dalam dengan Keadaan Terbuka....	29
Gambar 3.5 Penutup Tabung Bagian Atas pada Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang.....	29
Gambar 3.6 Bagian ke-1 yang Dilapisi Fotokatalis - Adsorben	30
Gambar 3.7 Bagian ke-2 yang Dilapisi Fotokatalis - Adsorben	30
Gambar 3.8 Tampilan Akhir dari Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang	30
Gambar 3.9 Diagram Alir Pelapisan Fotokatalis - Adsorben	34
Gambar 3.10 Diagram Alir Pengujian Kinerja Alat Perangkap Nyamuk.....	35
Gambar 3.11 Kotak Uji yang Digunakan dalam Pengujian.....	38
Gambar 4.1 Sol TiO ₂ – AC yang Telah Dibuat (a) 100% berat, (b) 95:5% berat, (c) 90:10% berat, (d) 85:15% berat, dan (e) 75: 25% berat	45
Gambar 4.2 Panel Aluminium dengan Variasi Komposisi TiO ₂ – Karbon Aktif (a) 0% berat (b) 100% berat (c) 95:5% berat (d) 90:10% berat (e)85:15% berat (f) 75:25% berat	46
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Blangko 1.....	49
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Blangko 2.....	50
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Blangko 3.....	52
Gambar 4.6 Hasil Pengujian di Dalam Rumah (Cuaca Cerah).....	54
Gambar 4.7 Hasil Pengujian di Teras Rumah (Cuaca Hujan)	54
Gambar 4.8 Hasil Pengujian Kebocoran Kotak Uji Menggunakan Gas CO (Alat OFF)	57

Gambar 4.9 Hasil Pengujian Distribusi Udara Kotak Uji Menggunakan Gas Asetaldehida (Alat OFF)	58
Gambar 4.10 Hasil Pengujian Kemampuan untuk Mendegradasi Gas CO	60
Gambar 4.11 Pengujian Kemampuan untuk Mendegradasi Gas CO dengan Variasi Komposisi Fotokatalis – Adsorben.....	61
Gambar 4.12 Perbandingan Konsentrasi Hasil Pengujian Degradasi Gas CO	62
Gambar 4.13 Persentase Hasil Pengujian Degradasi Gas CO	62
Gambar 4.14 Produk CO ₂ yang Dihasilkan dari Degradasi Gas CO pada Panel 85:15% berat	64
Gambar 4.15 Hasil Pengujian Kemampuan untuk Mendegradasi Gas Asetaldehida.....	65
Gambar 4.16 Pengujian Kemampuan untuk Mendegradasi Gas Asetaldehida dengan Variasi Komposisi Fotokatalis – Adsorben.....	66
Gambar 4.17 Perbandingan Konsentrasi Hasil Pengujian Degradasi Gas Asetaldehida.....	68
Gambar 4.18 Persentase Hasil Pengujian Degradasi Gas Asetaldehida.....	68
Gambar 4.19 Produk <i>Intermediates</i> yang Dihasilkan dari Degradasi Gas Asetaldehida pada Panel 85:15% berat.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Pengujian Kemampuan Menangkap Nyamuk di Dalam Rumah	80
Lampiran 2. Foto Pengujian Kemampuan Menangkap Nyamuk di Teras Rumah	83
Lampiran 3. Foto <i>Treatment</i> Karbon Aktif	86
Lampiran 4. Data Pengujian Degradasi Gas CO	87
Lampiran 5. Data Pengujian Degradasi Gas Asetaldehida.....	88
Lampiran 6. Data Pengujian Kebocoran dan Distribusi Udara Kotak Uji	89
Lampiran 7. Data Kalibrasi Gas Asetaldehida	90
Lampiran 8. Data Kalibrasi Gas CO.....	91



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan jumlah nyamuk di Indonesia sangatlah pesat. Perkembangbiakan nyamuk yang begitu pesat didukung pula dari Indonesia yang beriklim tropis. Saat ini, jumlah Nyamuk sudah mencapai 5 kali lipat jumlah populasi manusia (Bhayu, 2008). Nyamuk dapat menularkan berbagai jenis penyakit ke manusia. Penyakit yang penularannya disebabkan oleh nyamuk menyebar dengan cepat dari satu orang ke orang lain.

Saat ini, banyak para ahli yang menciptakan berbagai alternatif untuk membasmi nyamuk. Hal ini disebabkan pertumbuhan nyamuk semakin lama semakin banyak dan nyamuk itu sendiri membawa dampak yang buruk pula bagi kesehatan manusia. Adanya berbagai obat dan alat penangkap nyamuk yang ditujukan untuk membunuh dan mengusir nyamuk, dapat sekaligus berfungsi sebagai perusak kesehatan manusia.

Obat anti nyamuk yang tersedia di pasaran terdiri dari obat nyamuk bakar, semprot, oles, dan elektrik. Dengan semakin semaraknya perkembangan obat anti-nyamuk maka dikembangkan pula alat penangkap nyamuk seperti raket listrik dan alat penangkap nyamuk dengan pemanfaatan lampu UV. Saat ini, obat nyamuk semprot, bakar, dan elektrik merupakan pilihan yang biasa digunakan untuk membasmi nyamuk. Walaupun terbukti efektif membunuh dan mengusir nyamuk, ternyata sangatlah berbahaya bagi kesehatan manusia. Obat nyamuk semprot, bakar, dan elektrik memiliki bahan aktif golongan organofosfat yang dilarang penggunaannya karena bersifat karsinogenik.

Pemakaian obat pembasmi nyamuk dapat meningkatkan polusi udara ruang. Secara umum, polutan udara ruang terdiri atas produk pembakaran (asap rokok, asap dapur, asap kendaraan bermotor, dan lain-lain), produk kimia (pengharum ruangan, cat, pemakaian pestisida, dan lain-lain), radon, dan agen-agen biologi (virus, bakteri, dan jamur). Keberadaan polutan udara dalam ruangan membawa dampak negatif terhadap kenyamanan dan kesehatan manusia.

Salah satu polutan yang menyebabkan polusi udara dan seringkali dijumpai dalam ruangan adalah asap rokok. Kandungan polutan yang ada pada asap rokok dapat mewakili berbagai polutan udara ruang yang ada dalam ruangan. Pembakaran yang tidak sempurna menghasilkan asap rokok biasanya mengandung emisi asetaldehida yang merupakan salah satu senyawa yang tergolong Volatile Organic Compounds (VOC).

Asap rokok merupakan polutan yang dapat dijumpai dimana saja dan kapan saja. Oleh karena itu, jelas dampak dari asap rokok lebih berpotensi untuk merusak kesehatan manusia. Selain berbahaya bagi kesehatan, rokok juga dapat menimbulkan bau yang tidak sedap baik bagi udara di sekitarnya maupun nafas si perokok itu sendiri (Bazemore, 1996). Asap rokok mengandung kurang lebih 4000 bahan kimia yang 200 diantaranya beracun dan 43 jenis lainnya dapat menyebabkan kanker bagi tubuh. Beberapa zat yang sangat berbahaya yaitu tar, nikotin, karbon monoksida, dsb.

Proses fotokatalisis yang memanfaatkan energi foton dan katalis TiO_2 sangat potensial jika diaplikasikan sebagai alat pendegradasi polutan udara ruang. Fotokatalisis mampu mendegradasi berbagai polutan udara ruang yang kemudian menghasilkan CO_2 dan uap air dari proses fotokatalisis yang sangat aman bagi lingkungan. Reaksi fotokatalis yang terjadi di permukaan TiO_2 menghasilkan CO_2 yang mirip dengan hembusan nafas manusia dan spektrum panas yang mirip dengan panas tubuh manusia. Jika menambahkan penggunaan lampu UV (sebagai sumber energi foton) pada reaksi fotokatalisis maka diduga akan dapat mengelabui nyamuk untuk mendekat karena nyamuk seperti berada di sekitar tubuh manusia. Hal inilah yang menjadi alasan utama untuk dapat mengembangkan alat perangkap nyamuk berbasis fotokatalisis. Pada alat perangkap nyamuk ini, diperkirakan nyamuk akan tertarik untuk mendekat, terperangkap, dan mati karena dehidrasi. Selain dapat mendegradasi polutan udara ruang, proses fotokatalisis dapat juga diaplikasikan pada alat perangkap nyamuk yang efektif, aman, dan ramah lingkungan.

Adapun alat perangkap nyamuk berbasis fotokatalisis yang telah mendapatkan sertifikasi paten internasional no. PCT/KR/01-00427 dan *Korean Domestic Patent* No. 43847 pada tahun 2001. Meskipun alat perangkap nyamuk

yang ada telah terbukti efektif untuk memerangkap dan membunuh nyamuk, alat tersebut memiliki berbagai kekurangan seperti harga yang relatif mahal, ketersediaannya harus diimpor dari luar negeri dan terutama klaim bahwa alat perangkap nyamuk tersebut dapat mendegradasi polutan udara ruang yang perlu dipertanyakan kembali karena bentuk rancangan alat tersebut yang dinilai kurang efektif. Salah satu teknik yang memungkinkan peningkatan laju pendegradasian polutan udara adalah dengan menggunakan adsorben (karbon aktif) sebagai penyangga fotokatalis TiO_2 (Ao dan Lee 2004).

Efektifitas kerja alat ini dapat didukung dengan mengoptimasi komposisi fotokatalis – adsorben (TiO_2 – Karbon Aktif) yang dilakukan pada penelitian ini. Penambahan karbon aktif pada alat perangkap nyamuk memiliki potensi yang lebih besar untuk mendegradasi polutan udara ruang dengan kondisi yang paling optimum. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan untuk memperoleh komposisi TiO_2 – Karbon Aktif yang paling optimum dan efektif dalam menangkap nyamuk dan mendegradasi polutan udara ruang secara simultan.

1.2 Rumusan Masalah

- Apakah konfigurasi alat yang bekerja secara simultan untuk alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang ini efektif.
- Apakah kombinasi TiO_2 dan karbon aktif dapat bersinergi pada kondisi yang optimal dan seberapa besar komposisi yang paling optimum dalam menangkap nyamuk dan mendegradasi polutan udara ruang dengan proses fotokatalisis.
- Apakah komponen – komponen polutan udara ruang dapat didegradasi dengan efektif oleh alat ini.

1.3 Tujuan Penelitian

- Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan komposisi TiO_2 – karbon aktif yang paling efektif.
- Tujuan berikutnya adalah mendapatkan konfigurasi alat yang optimal.

1.4 Batasan Masalah

- Jenis fotokatalis yang digunakan adalah bubuk TiO_2 Degussa P25 komersial.
- Jenis adsorben yang digunakan adalah karbon aktif komersial dengan merk Karbosorb.
- Sumber energi foton yang digunakan pada proses fotokatalitik adalah sinar lampu UV-A tipe *black light lamp*.
- Model polutan udara yang digunakan adalah gas CO dan gas asetaldehida yang merupakan salah satu senyawa polutan udara ruang.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam makalah ini adalah sebagai berikut :

- **BAB 1. PENDAHULUAN**
Berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.
- **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**
Berisikan studi literatur secara umum dan secara khusus mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian.
- **BAB 3. METODE PENELITIAN**
Berisikan diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, prosedur penelitian yang meliputi pelapisan TiO_2 -Karbon Aktif dan pengujian kinerja alat perangkap nyamuk, serta variabel, data penelitian dan pengolahan data.
- **BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**
Berisikan hasil dan pembahasan dari uji blangko, uji kemampuan alat dalam menangkap nyamuk serta kemampuan alat dalam mendegradasi gas asetaldehida dan CO.
- **BAB 5. KESIMPULAN**
Berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ketertarikan Nyamuk terhadap Manusia

Ilmuwan sampai saat ini belum sepenuhnya mengerti senyawa kimia apa yang menarik nyamuk ke manusia. Namun, para entomologi meyakini beberapa hal berikut sebagai penarik nyamuk, yaitu: karbondioksida dan senyawa lain yang dikeluarkan melalui pernafasan, panas tubuh, pergerakan, serta warna. Penelitian kuantitatif mengenai ketertarikan nyamuk terhadap karbondioksida menyatakan bahwa memang banyak nyamuk betina yang tertarik akan karbondioksida, tetapi nyamuk yang tertarik pada konsentrasi karbondioksida tertentu didominasi oleh spesies nyamuk yang berbeda-beda. Pengujian ini menggunakan tiga laju alir karbondioksida yang berbeda, yaitu 25 mL, 250 mL, dan 2500 mL per menit. Pada laju alir karbondioksida 2500 mL per menit nyamuk *Aedes nigromaculis* lebih banyak tertarik. Spesies *Culex quinquefasciatus* ditemukan lebih banyak tertarik pada pengujian laju alir 25 mL. Spesies *Culex tarsalis* merupakan spesies yang paling banyak tertarik di semua laju alir yang diujikan. (Reeves, 1953). Namun, penelitian Departemen Amerika menyatakan bahwa nyamuk tidak hanya tertarik pada karbondioksida, tetapi juga asam laktat yang dikeluarkan oleh manusia, serta senyawa lain yang dikeluarkan oleh bakteri di permukaan kulit manusia (Wu, 2000).

2.2 Polutan Udara Ruang yang Sering Ditemukan dan Dampaknya bagi Kesehatan

- Asap Rokok

Asap rokok telah lama diketahui sebagai polutan udara yang cukup berbahaya. Penyakit-penyakit yang bisa ditimbulkan akibat menghisap rokok baik sebagai perokok aktif maupun perokok aktif adalah bronkitis kronis, emfisema, kanker, penyempitan pembuluh darah, asma, dan pneumonia (Sussana, 2003).

Rokok memiliki dua arus asap: arus utama dan arus samping. Asap arus utama adalah asap rokok yang dihisap oleh si perokok sedangkan asap arus samping adalah yang dilepaskan ke lingkungan sekelilingnya (asap arus samping) yang memungkinkan dihirup oleh orang lain yang berada pada lingkungan tersebut. Dari hasil sebuah penelitian, didapatkan data bahwa polutan lebih banyak pada asap arus samping dari pada asap arus utama. Inilah alasan mengapa dampak negatif dari rokok lebih banyak dirasakan oleh perokok pasif (Sussana, 2003).

Asap rokok mengandung zat kimia yang sebagian bersifat karsinogen. Kemampuan zat ini memicu sel-sel normal menjadi ganas. Proses perangsangan itu dapat terjadi selama bertahun-tahun. Dengan dinyatakan bahwa asap rokok sebagai zat karsinogenik (pemicu kanker) golongan A yang tak terbantahkan, tidak dapat dipungkiri lagi bahwa asap rokok dan merokok pun dapat menyebabkan terjadinya kanker khususnya kanker paru-paru yang langsung berhubungan dengan alat pernafasan kita. Walaupun sebenarnya ada faktor lain penyebab terjadinya kanker paru-paru, dan perlu diketahui pula bahwa merokok merupakan faktor utama penyebab keganasan timbulnya kanker. Asap rokok merupakan polutan yang dapat dijumpai dimana saja dan kapan saja. Oleh karena itu, jelas dampak dari asap rokok lebih berpotensi untuk merusak kesehatan manusia.

Gangguan kesehatan yang sering ditimbulkan asap rokok bagi yang menghirupnya dapat berupa bronkitis kronis, emfisema, kanker paru, larink, mulut, faring, esofagus, kandung kemih, penyempitan pembuluh nadi dan lain-lain. Selain berbahaya bagi kesehatan, rokok juga dapat menimbulkan bau yang tidak sedap baik bagi udara di sekitarnya maupun nafas si perokok itu sendiri (Bazemore, 1996).

Tabel 2.1 memuat daftar substansi senyawa pada asap rokok yang menunjukkan bahwa *sidestream smoke* (arus samping) memiliki konsentrasi polutan yang lebih tinggi dibanding *mainstream smoke* (arus utama). Inilah yang menyebabkan asap rokok jenis SS biasanya lebih berbahaya.

Tabel 2.1 Substansi Senyawa di Asap Rokok (Jones, 1999)

Substansi	Mainstream (μg per rokok)	Rasio SS/MS	Sidestream Terkalkulasi (μg per rokok)
Karbon dioksida	10.000-80.000	8,1	81.000-640.000
Karbon monoksida	500-26.000	2,5	1.200-65.000
Oksida nitrogen	16-600	4,7-5,8	80-3.500
Amonia	10-130	44-73	400-9.500
Hidrogen sianida	280-550	0,17-0,37	48-203
Formaldehida	20-90	51	1000-4600
Akrolein	10-140	12	100-1700
N-nitrosodimetilamina	0,004-0,18	10-830	0,04-149
Nikotin	60-2300	2,6-3,3	160-7600
Partikulat total	100-40.000	1,3-1,9	130-76.000
Fenol	20-150	2,6	52-390
Catchecol	40-280	0,7	28-196
Naftalen	2,8	16	45
Benzo(a)pyrene	0,008-0,04	2,7-3,4	0,02-0,14
Anilin	0,1-0,2	30	3-36
2-Naphtylamina	0,004-0,027	39	0,02-1,1
4-Aminobifenil	0,002-0,005	31	0,06-0,16
N-nitrosornikotin	0,2-3,7	1-5	0,02-18

- *Volatile Organic Compounds (VOC)*

Polutan udara ruang yang mudah menguap (VOC) merupakan senyawa organik yang memiliki jangkauan titik didih antara 50°C dan 260°C. Dengan titik didihnya yang terbilang rendah, maka senyawa ini biasanya akan berbentuk gas ketika berada di dalam ruangan dan menjadi polutan udara ruang. Pengontrolan VOC dalam ruangan seringkali sulit dilakukan karena jumlah VOC yang meningkat dengan cepat, konsentrasinya yang rendah, dan keterbatasan metode perlakuan terhadap VOC (Sun et al., 2007). Tabel 2.2 memuat daftar VOC yang ditemukan di

dalam ruangan. Dari tabel tersebut, kita dapat mengetahui bahwa sumber yang mengemisikan VOC sangatlah sering dijumpai sehari-hari.

Tabel 2.2 Sumber VOC sebagai Polutan Ruang (Jones, 1999)

Sumber	Contoh Kontaminan
Produk komersial	Hidrokarbon alifatik (n-dekana, alkana bercabang), hidrokarbon aromatik (toluena, xylene), hidrokarbon terhalogenasi (metilen klorida), alkohol, keton (aseton, metal etil keton), aldehida (formaldehida), ester (alkyl etoksilat), eter (glukol eter), terpen (limonene, alpha-pinene)
Cat	Hidrokarbon alifatik (n-heksana, n-heptana), hidrokarbon aromatik (toluena), hidrokarbon terhalogenasi (metilen klorida, propilen diklorida), alkohol, keton (metal etil keton), ester (etil asetat), eter (metil eter, etil eter, butil eter)
Perekat	Hidrokarbon alifatik (heksana, heptana), hidrokarbon aromatik, hidrokarbon terhalogenasi, alkohol, amina, keton (aseton, metal etil keton), ester (vinil asetat), eter
Perabot rumah tangga dan pakaian	Hidrokarbon aromatik (stiren, aromatik terbrominasi), hidrokarbon terhalogenasi (vinil klorida), aldehida (formaldehida), eter, ester
Bahan bangunan	Alifatik hidrokarbon (n-dekana, n-dodekana), hidrokarbon aromatik (toluena, stiren, etilbenzene), hidrokarbon terhalogenasi (vinil-klorida), aldehida (formaldehida), keton (Aseton, butanon), eter, ester (urethane, etil asetat)
Peralatan pembakaran	Hidrokarbon alifatik (propana, butana, isobutana), aldehida (asetaldehida, akrolein)
Air minum	Hidrokarbon terhalogenasi (1,1,1-trikloroetana, kloroform, trikloroetana)

Contoh senyawa yang tergolong VOC adalah asetaldehida. Sumber emisi asetaldehida biasanya berasal dari pembakaran yang tak sempurna seperti asap rokok (717 $\mu\text{g}/\text{mL}$), buangan kendaraan bermotor (8,6 $\mu\text{g}/\text{mL}$), kompor gas (0,3 $\mu\text{g}/\text{mL}$), serta parfum (0-63 $\mu\text{g}/\text{mL}$), *hair spray* (58-82 $\mu\text{g}/\text{mL}$), *particle board* (0,4 $\mu\text{g}/\text{mL}$). Batas aman bagi manusia adalah 45 mg/m^3 , lebih dari itu maka akan timbul efek yang merugikan pada kesehatan.

Tempat tinggal dengan perokok di dalamnya memiliki konsentrasi asetaldehida dua sampai delapan kali lebih tinggi dari konsentrasi asetaldehida di *outdoor* (Namiesnik et al., 1992). Di udara ruang konsentrasi rata-rata yang ada biasanya sekitar 5,4 – 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3-15 ppb). Pada

konsentrasi 45 mg/m^3 biasanya menimbulkan iritasi pada manusia dan pada konsentrasi 275 mg/m^3 bersifat karsinogenik (tergolong karsinogenik golongan 2B) dan iritasi pada tikus (WHO, 2000). Tabel 2.3 menunjukkan beberapa acuan konsentrasi asetaldehida yang diizinkan.

Tabel 2.3 Beberapa Acuan Konsentrasi Asetaldehida yang Diizinkan (Charles et al., 2005)

Parameter	Konsentrasi (mg/m^3)	Sumber
Threshold Limit Value (TLV) Konsentrasi rata-rata untuk meminimalkan dampak bahaya terhadap pekerja	45 [8 jam]	ACGIH (<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>)
Permissible Exposure Level (PEL) Konsentrasi maksimum di udara tanpa menimbulkan bahaya kesehatan	360 [8 jam]	OSHA (<i>Occupational Safety and Health Administration</i>)
Chronic reference exposure level (CREL) Tingkat yang tidak menimbulkan kanker kronis	0.009 [8 jam]	OEHHA (<i>Office of Env. Health Hazard Assessment</i>)
Guidelines for air pollutants with non-carcinogenic and carcinogenic health endpoints	0.05 [1 tahun]	WHO <i>Guidelines for Air Quality</i>
Based on chronic toxicity via a long-term exposure Tingkat yang tidak menimbulkan efek kronis selama jangka panjang	0.048 [8 jam]	Japan (<i>IAQ Guidelines by Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan</i>)

2.3 Definisi Proses Fotokatalisis

Fotokatalisis merupakan suatu proses kombinasi antara proses fotokimia dan katalis, yaitu suatu proses sintesis (transformasi) secara kimiawi dengan melibatkan cahaya sebagai pemicu dan katalis sebagai pemercepat proses transformasi tersebut. Katalis yang digunakan disebut fotokatalis karena mempunyai kemampuan dalam mengadsorpsi energi foton (yang juga merupakan fungsi dari fotokatalis). Hal ini disebabkan bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai fotokatalis adalah bahan yang memiliki daerah energi yang kosong yang disebut celah pita energi (*energy bandgap*) dimana bahan yang dimaksud adalah semikonduktor. Bahan semikonduktor hanya akan berfungsi sebagai katalis jika cahaya yang mengenainya memiliki energi yang setara atau lebih besar daripada celah pita energi semikonduktor yang bersangkutan. Induksi oleh sinar tersebut akan menyebabkan terjadinya eksitasi elektron (dari pita valensi ke pita konduksi) dalam bahan semikonduktor (Slamet et al. 2007).

Besarnya celah pita energi akan menentukan sensitivitas panjang gelombang, dimana semakin kecil nilai pita energi, semikonduktor tersebut mampu menyerap energi dengan panjang gelombang yang semakin besar. Tabel

2.4 menunjukkan beberapa fotokatalis dengan celah pita energi dalam eV. Selain itu, letak pita valensi akan mempengaruhi kemampuan oksidasi (semakin ke bawah, potensial oksidasi semakin baik), sedangkan pita konduksi akan mempengaruhi kemampuan mereduksi (semakin ke atas, potensial reduksi semakin baik) suatu semikonduktor fotokatalis (Slamet et al. 2007).

Tabel 2.4 Besarnya Celah Pita Energi Berbagai Fotokatalis (Bhatkhande et al., 2001)

Fotokatalis	Celah Pita Energi (eV)	Fotokatalis	Celah Pita Energi (eV)
Si	1.1	ZnO	3.2
TiO ₂	3.0	TiO ₂	3.2
(rutile)	2.7	(anatase)	2.4
WO ₃	3.7	CdS	3.4
ZnS	3.5	SrTiO ₃	1.2
SnO ₂	2.2	WSe ₂	3.1

Pada umumnya proses fotokatalitik terbagi menjadi dua, yakni fotokatalitik homogen dan fotokatalitik heterogen. Fotokatalitik homogen adalah proses fotokatalitik dengan bantuan zat pengoksidasi seperti ozon dan hidrogen peroksida, sedangkan fotokatalitik heterogen merupakan suatu teknologi yang didasarkan pada iradiasi fotokatalis semikonduktor. Fotokatalitik heterogen dapat berlangsung pada berbagai macam media yaitu fasa gas, organik murni fasa cair, atau larutan encer.

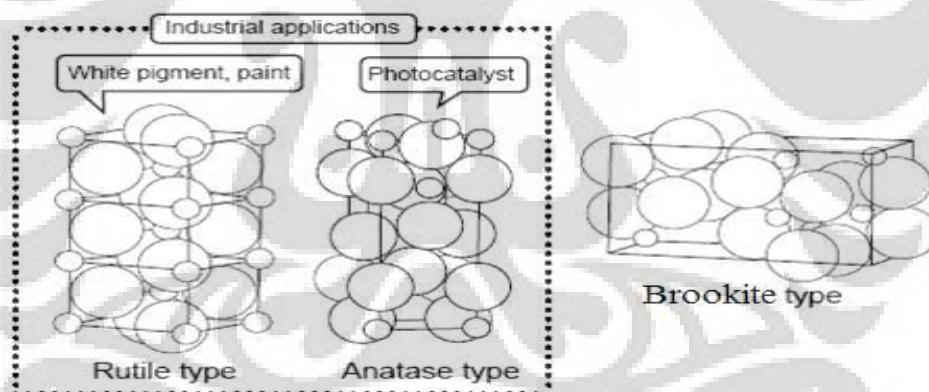
2.4 Fotokatalis Titanium Dioksida

Terdapat banyak jenis semikonduktor yang dapat digunakan sebagai fotokatalis, diantaranya ZnO, WO₃, CdS, CdSe, SiC dan TiO₂. Dari semuanya itu, TiO₂ merupakan semikonduktor yang paling sering digunakan sebagai fotokatalis dalam aplikasi reaksi fotokatalitik karena keunggulannya, yaitu (Litter, 1996; Wu, 2003; Slamet, 2007):

1. Indeks refraktif tinggi (sifat optis)
2. Transmittansi baik pada daerah infra merah dan cahaya tampak (sifat optis)
3. Konstanta dielektrik tinggi (sifat elektrik)

4. Stabilitas kimia baik
5. Stabilitas cahaya baik
6. Tidak beracun
7. Aktivitas fotokatalisis tinggi
8. Harganya relatif terjangkau

Salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas TiO_2 sebagai fotokatalis adalah bentuk kristalnya (Tjahjanto, 2001). TiO_2 memiliki tiga struktur kristal, yaitu rutile yang lebih stabil pada temperatur tinggi (mulai terbentuk pada temperatur 700°C), anatase, dan brookite yang hanya ditemukan pada mineral (Tjahjanto, 2001; Slamet, 2007). Hanya rutile dan anatase yang cukup stabil keberadaannya dan biasa digunakan sebagai fotokatalis. Gambar 2.1 menunjukkan perspektif struktur rutile, anatase dan brookit. Dari gambar perspektif tersebut nampak jelas perbedaan kedua struktur yang berakibat pada perbedaan massa jenis ($3,9 \text{ g/cc}$ untuk anatase dan $4,2 \text{ g/cc}$ untuk rutile), luas permukaan dan sisi aktifnya (Gunlazuardi, 2001).



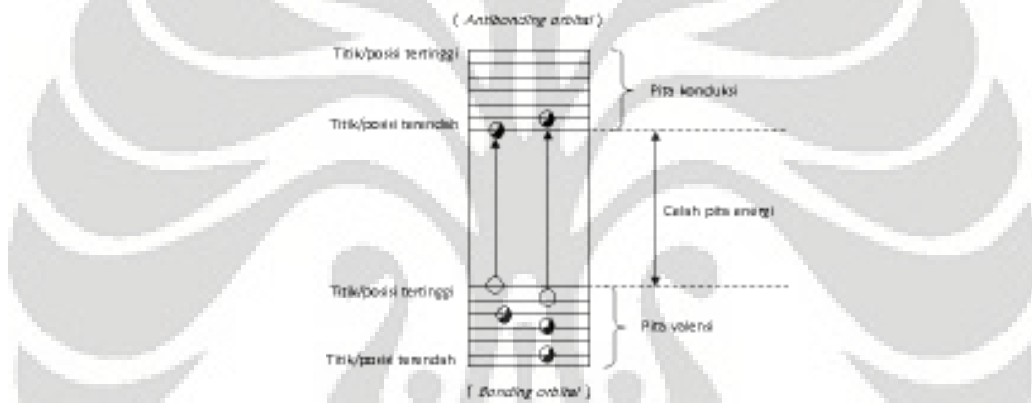
Gambar 2.1 Struktur Kristal TiO_2 (Cho, 2004; Slamet, 2007)

Anatase secara termodinamika kurang stabil daripada rutile tetapi pembentukannya yang terjadi pada temperatur $<600^\circ\text{C}$ membuatnya memiliki luas permukaan yang lebih besar dan densitas permukaan aktif yang lebih tinggi untuk adsorpsi dan katalisis (Slamet, 2007).

Anatase merupakan tipe yang paling aktif karena memiliki *bandgap energy* (celah pita energi yang menggambarkan energi cahaya minimum yang dibutuhkan untuk mengeksitasi elektron) sebesar $3,2 \text{ eV}$ (lebih dekat ke sinar UV, panjang gelombang maksimum 388 nm), sedangkan rutile $3,0 \text{ eV}$ (lebih dekat ke

sinar tampak, panjang gelombang maksimum 413 nm). Perbedaan ini membuat letak *conduction band* (CB : tingkat energi hasil hibridisasi yang berasal dari kulit 3d titanium) dari anatase lebih tinggi daripada rutile, sedangkan *valence band* (VB : tingkat energi hasil hibridisasi dari kulit 2p oksigen) anatase dan rutile sama yang membuat anatase mampu mereduksi oksigen molekular menjadi superoksida serta mereduksi air menjadi hidrogen (Slamet, 2007).

Semakin kecil *band gap*, semakin mudah pula fotokatalis menyerap foton dengan tingkat energi lebih kecil namun semakin besar *band gap*, kemungkinan *hole* dan elektron untuk berekombinasi semakin besar. Sehingga kedua aspek ini perlu dipertimbangkan dalam pemilihan fasa semikonduktor TiO₂. Keadaan *band gap* dapat dilihat deskripsinya pada Gambar 2.2.



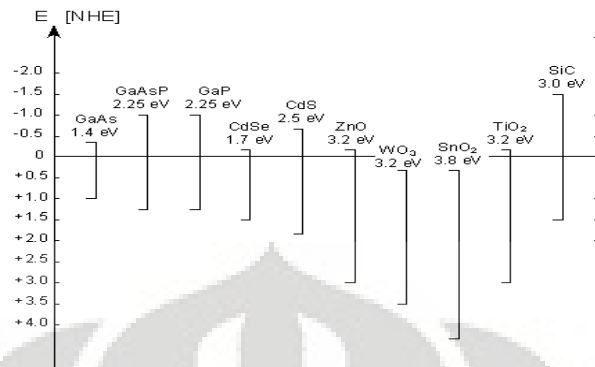
Gambar 2.2 Daerah Energi pada Semikonduktor (Amemiya, 2004)

TiO₂ anatase bersifat metastabil dan cenderung bertransformasi menjadi rutile pada suhu tinggi (sekitar 915°C). Banyak faktor yang mempengaruhi transformasi anatase-rutile, antara lain (Cristallo, 2001) :

- Dimensi rata-rata partikel dan Kristal
- Adanya *impurities* pada bagian dalam dan permukaan TiO₂ (V₂O₅ meningkatkan transformasi anatase-rutile sedangkan keberadaan SO₄²⁻ dan SiO₂ menurunkan kinetika reaksi)
- Komposisi gas di sekitar katalis selama reaksi katalitik

Fasa rutile TiO₂ menunjukkan fotoaktivitas yang lebih rendah dari fasa anatase. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, rutile dipreparasi dengan kalsinasi anatase pada suhu tinggi. Namun beberapa sumber melaporkan bahwa

preparasi rutil pada suhu rendah telah berkembang dan menghasilkan fotoaktivitas yang cukup tinggi (Palmisano, 2007).



Gambar 2.3 Energi Celah, Posisi Pita Valensi (Bawah), Konduksi (Atas), dan Potensial Redoks dari Berbagai Semikonduktor (Linsebigler, 1995)

Dari Gambar 2.3 terlihat TiO₂ mempunyai energi celah sebesar 3,2 eV. Hal ini mengindikasikan bahwa h⁺ pada permukaan TiO₂ merupakan spesi oksidator kuat, karenanya akan mengoksidasi spesi kimia lainnya yang mempunyai potensial redoks lebih kecil, termasuk dalam hal ini molekul air dan/atau gugus hidroksil yang akan menghasilkan radikal hidroksil. Radikal hidroksil ini pada pH =1 mempunyai potensial sebesar 2,8 V, dan kebanyakan zat organik mempunyai potensial redoks yang lebih kecil dari potensial tersebut (Gunlazuardi, 2001).

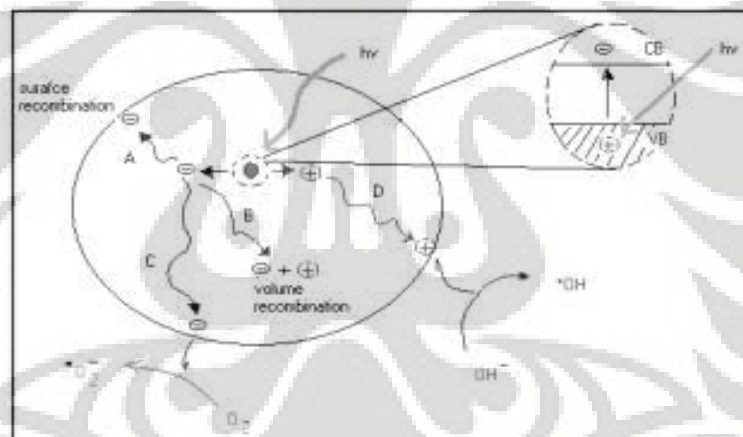
TiO₂ banyak dipilih sebagai fotokatalis karena mempunyai berbagai kelebihan yaitu aktivitas fotokatalitik yang tinggi, sifat kimia yang stabil, kestabilan yang tinggi terhadap pencahayaan (fotostabil), harganya murah, inert, tahan terhadap foto-korosi, dan tidak beracun. Struktur kristal dari TiO₂ dan pemilihan material penyangga heterogen mempunyai efek terhadap aktivitas foto-oksidasi. Beberapa penelitian menunjukkan TiO₂ dalam bentuk film mempunyai aktivitas fotokatalitik dibandingkan bubuk komersial TiO₂ yang paling aktif. Kestabilan dan kemudahan aplikasinya membuat konfigurasi film TiO₂ banyak digunakan secara luas untuk foto-oksidasi polutan udara (Zhao dan Yang, 2003).

TiO₂ bentuk komersial yang paling populer dan sangat aktif adalah *Degussa P-25* yang memiliki komposisi 70% *anatase* dan 30% *rutil* (Ludwig, 2004), luas permukaan BET 55 m²/g, dan ukuran partikel sekitar 30 nm (Sopyan, 1998). Beberapa jenis serbuk TiO₂ lain yang tersedia secara komersial antara lain :

- Aldrich, anatase 99%, ukuran partikel 20 nm, luas permukaan 15 m²/gr .
- Ishihara, ST-11 (diamater 20 nm, luas permukaan 29 m²/gr), ST-01 (anatase, luas permukaan 320 m²/gr), dan ST-21 (anatase, luas permukaan 64 m²/gr).
- Merck, luas permukaan 14,1 m²/gr, radius pori 5,380 Å, 100% anatase.

2.5 Mekanisme Fotokatalisis TiO₂

Secara umum, fenomena fotokatalisis pada permukaan semikonduktor dapat dijelaskan oleh Gambar 2.4. Jika suatu semikonduktor dikenai cahaya ($h\nu$) dengan energi foton yang sesuai, maka elektron (e^-) pada pita valensi akan terfotoeksitasi ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif ($hole^+$, disingkat sebagai h^+) pada pita valensi.



Gambar 2.4 Ilustrasi Foto-eksitasi dan De-eksitasi pada Semikonduktor TiO₂ (Gunlazuardi, 2001)

TiO₂ merupakan semikonduktor dengan celah pita energi sebesar 3.2 eV. Cahaya UV, dengan panjang gelombang yang lebih pendek dari 380 nm, akan mengaktifkan TiO₂ dengan cara menyediakan energi yang dibutuhkan elektron untuk tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Hal ini berarti foton dari cahaya UV diabsorpsi oleh TiO₂, sehingga dihasilkan pasangan elektron (*electron*, e^-) dan lubang (*holes*, h^+). Lubang yang terbentuk ini akan bereaksi dengan uap air di udara membentuk radikal hidroksil ($\cdot OH$), sedangkan elektron akan bereaksi dengan molekul oksigen membentuk radikal anion superoksida ($\cdot O_2^-$).

Radikal-radikal yang terbentuk ini sangat reaktif dan bekerja sama untuk mengoksidasi secara sempurna spesi organik. (Vohra et al. 2006). Semakin kuat intensitas absorpsi UV, maka makin banyak elektron yang mampu dipromosikan dari pita valensi ke pita konduksi. Artinya makin banyak pula elektron (e^-) dan lubang (h^+) yang dihasilkan. Dengan demikian, aktivitas fotokatalitik akan semakin meningkat (Liuxue et al. 2008). Kebalikan dari peristiwa eksitasi, yaitu rekombinasi sangatlah dihindari dalam proses fotokatalisis. Dengan adanya rekombinasi, tidak akan terbentuk pasangan e^- dan h^+ yang memicu terjadinya proses fotokatalisis.

2.6 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi saat sejumlah gas atau cairan terkonsentrasi pada suatu permukaan padatan atau cairan, membentuk lapisan molekular ataupun atomik. Atau dengan kata lain, adsorpsi merupakan suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan kecenderungan suatu molekul tertentu dari fasa fluida untuk melekat (tertarik) pada permukaan suatu padatan (Maron, 1974; Yang, 1987).

Molekul-molekul pada zat padat dan cair mempunyai gaya dalam keadaan tidak seimbang (*unbalance*) yang cenderung tertarik ke arah dalam (gaya kohesi > gaya adhesi) sehingga juga menyebabkan zat tersebut cenderung menarik zat atau gas lain yang bersentuhan pada permukaannya (Coulson, 1997; Slamet et al., 2007). Fenomena tertariknya atau terkonsentrasikannya zat pada permukaan cairan atau padatan dinamakan adsorpsi. Zat yang terkonsentrasikan atau substansi yang teradsorb dan berada pada fasa teradsorpsi disebut adsorbat, sedangkan padatan atau cairan yang mengadsorb substansi disebut adsorben. Adsorben yang saat ini dikenal antara lain: karbon aktif, alumina aktif, silica gel dan zeolit (Yang, 1987).

Berdasarkan polaritas permukaannya, adsorben dapat digolongkan menjadi dua, yaitu adsorben polar yang bersifat hidrofilik dan adsorben non-polar yang bersifat hidrofobik. Yang termasuk adsorben polar diantaranya adalah zeolit dan silika gel, sedangkan karbon aktif dan silikat termasuk adsorben nonpolar. Berdasarkan kristalinitas adsorben, karbon aktif dan silika gel termasuk adsorben

amorf, sedangkan zeolit dan silikat tergolong adsorben kristalin (Slamet et al., 2007).

Adsorpsi biasanya dinyatakan dalam isotherm, suatu istilah yang menyatakan jumlah adsorbat yang diserap oleh adsorben yang dinyatakan dalam tekanan (untuk gas) dan konsentrasi (untuk cairan). Banyaknya adsorbat gas yang diserap oleh adsorben padat dipengaruhi oleh hal-hal berikut (Maron, 1974; Ruthven), yaitu: jenis adsorben, gas adsorbat, luas permukaan adsorben, temperatur gas, dan tekanan gas. Secara umum, adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua jenis (Maron, 1974):

1. Adsorpsi Fisika

Pada adsorpsi fisika, yang memegang peranan penting dalam teradsorbnya adsorbat adalah gaya Van der Waals yang terbentuk secara lemah tanpa adanya suatu reaksi kimia (Ruthven). Proses adsorpsi berlangsung cepat, reversible dan dikategorikan berenergi rendah (Maron, 1974).

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang melibatkan reaksi kimia dengan membentuk ikatan ionik dan kovalen. Proses adsorpsi ini berlangsung secara irreversible dan dikategorikan berenergi tinggi (Maron, 1974). Pada kebanyakan proses adsorpsi, seringkali yang terjadi adalah kombinasi antara adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia (Maron, 1974). Perbedaan yang mendasar antara kedua jenis adsorpsi ini dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Perbandingan antara Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia (Slamet, 2007; Ruthven ; Yang, 1987)

Adsorpsi fisika	Adsorpsi kimia
Panas adsorpsi rendah (kurang dari 2-3 kali kalor penguapan)	Panas adsorpsi tinggi (lebih dari 2-3 kali panas penguapan)
Non-spesifik	Sangat spesifik
Monolayer dan multilayer	Monolayer
Tidak ada disosiasi adsorbat	Ada disosiasi adsorbat
Signifikan hanya pada suhu relatif rendah	Signifikan pada range suhu yang tinggi

Banyaknya adsorbat yang teradsorb pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain (Slamet, 2007):

1. Jenis Adsorbat

Rongga tempat terjadinya adsorpsi dapat dicapai melalui ukuran yang sesuai, sehingga molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben. Apabila berdiameter sama, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar, sehingga molekul-molekul yang lebih polar bisa menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang telah diserap.

2. Sifat Adsorben

Semakin murni suatu adsorben dan semakin besar luas permukaannya, proses adsorpsi akan semakin baik.

3. Temperatur

Adsorpsi merupakan proses eksotermis sehingga dengan bertambahnya temperatur, laju adsorpsi akan menurun.

4. Tekanan

Pada adsorpsi fisika, kenaikan tekanan adsorbat mengakibatkan kenaikan jumlah adsorbat. Sedangkan pada adsorpsi kimia, tekanan adsorbat yang meningkat justru menurunkan laju adsorpsi.

2.6.1 Adsorben Karbon Aktif

Karbon aktif adalah salah satu bentuk dari karbon yang diproses sehingga memiliki volume pori yang luar biasa besar sehingga memiliki luas permukaan yang juga besar untuk tempat terjadinya reaksi kimia. Satu gram karbon aktif kira-kira memiliki luas permukaan sebesar 500-1500 m² dimana sebagai perbandingan satu lapangan tenis memiliki luas 260 m² (*Activated Carbon*, 2008).

Karbon aktif umumnya dibuat dengan dekomposisi termal dari material diikuti oleh aktivasi dengan *steam* atau CO₂ pada temperatur elevasi (700° – 1100°C) (Othmer, 1994). Proses aktivasi meliputi penghilangan produksi substan karbonisasi yang terbentuk selama pirolisis, dengan demikian akan membuka

pori-pori (Ruthven). Beberapa cara lainnya yang digunakan untuk memproduksi karbon aktif :

1. Aktivasi secara kimia. Beberapa asam dicampurkan dengan bahan dasar untuk proses pembakaran sehingga terbentuk pori-pori yang baik. Teknik ini memiliki kekurangan yaitu ada kemungkinan masih tersisanya Zn pada produk akhir.
2. Aktivasi menggunakan *steam*. Bahan dasar dicampur dengan gas bertekanan tinggi. Bahan tersebut bisa kulit kacang, kayu, ataupun batu bara.

Struktur karbon aktif terdiri atas mikrokristal dasar dari graphit, tetapi mikro kristal ini berpotongan bersama secara acak dan permukaan antar kristalnya berbentuk mikroskopis (Figuredo, 1986). Distribusi aktual dan volume total pori-pori yang bergabung dengan jarak ukuran masing-masing pori sensitif untuk kondisi awal pirolisis dan prosedur aktivasi. Ukuran pori dari karbon aktif dibedakan menjadi tiga, yaitu *micropores* (lebih kecil dari 20 Å), *mesopores* (antara 20 s.d. 500 Å), dan *macropores* (lebih besar dari 500 Å) (Kahn, 2003), untuk lebih jelasnya dapat dilihat melalui Tabel 2.6 berikut ini.

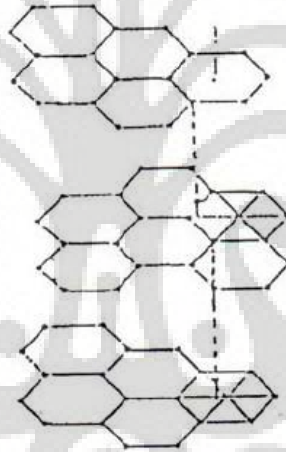
Tabel 2.6 Ukuran Pori dalam Karbon Aktif (Ruthven)

	Micropore	Mesopores or Transitional pores	Macropore
Diameter (Å)	< 20	20 – 500	> 500
Pore Volume (cm ³ /g)	0.15 – 0.5	0.02 – 0.1	0.2 – 0.5
Surface Area (m ² /g)	100 – 1000	10 – 100	0.5 – 2
(Particles density 0.6 – 0.9 g/cm ³ , porosity 0.4 – 0.6)			

Karbon aktif adalah senyawa kompleks yang sulit diklasifikasikan berdasarkan sifat dasar, karakteristik permukaan dan metode preparasinya. Namun karbon aktif dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. *Powdered Activated Carbon* (PAC)
2. *Granulated Activated Carbon* (GAC)
3. *Extruded Activated Carbon* (EAC)
4. *Impregnated Carbon*
5. *Polymer Coated Carbon*

Karbon aktif biasa diproduksi dalam bentuk granular dan serbuk. Karbon aktif dalam bentuk serbuk halus memiliki ukuran partikel 5 – 10 μm (Figuredo, 1986), tetapi untuk beberapa aplikasi khusus dapat digunakan ukuran yang lebih besar. Sedangkan karbon aktif granular memiliki 2 bentuk, yaitu regular dan iregular. Bentuk iregular dibuat dengan *crushing* dan *sieving*, sedangkan bentuk regular dibuat dari prosedur *moulding* pada saat aktivasi. Struktur dari karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.5. Bentuk umum granular yang sering ditemukan adalah silinder (0,8 – 1,2 mm) yang diproduksi dengan proses pencetakan (Do, 1996). Akan tetapi untuk beberapa bentuk khusus seperti *triquadrilobes* dan *spare*, diperlukan aplikasi khusus untuk membuatnya. Penggunaan karbon serbuk dan granular pada adsorpsi cair ditentukan berdasarkan metode yang digunakan.



Gambar 2.5 Struktur Karbon Aktif (Figuredo, 1986)

Sifat adsorpsi karbon aktif tidak tetap karena dipengaruhi oleh struktur pori dan komposisi kimia. Komponen yang menentukan kekuatan adsorpsi permukaan karbon aktif adalah penyebaran komponen dari gaya Van der Waals, terutama gaya dispersi London. Tahapan utama dari adsorpsi adalah:

1. Difusi molekul melalui cairan
2. Difusi molekul melalui lapisan film tipis yang mengelilingi partikel karbon, atau *hydrodynamic boundary layer*
3. Difusi molekul melalui pori ke permukaan karbon
4. Adsorpsi

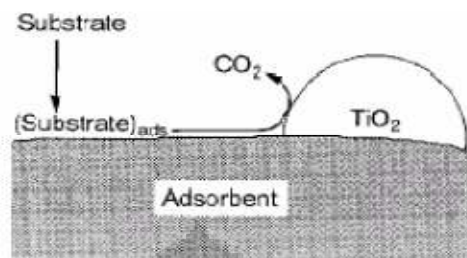
Karbon aktif bekerja dengan adsorpsi fisik. Banyaknya pori yang dimiliki membuatnya memiliki luas permukaan yang besar untuk mengumpulkan kontaminan. Hal inilah yang membuat karbon aktif memiliki gaya tarik untuk menarik molekul-molekul lain, dimana gaya tarik ini bekerja seperti gaya gravitasi. Adsorpsi terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan dan pori karbon, sehingga polutan akan berpindah dari larutan ke pori-pori karbon yang memiliki gaya tarik besar. Polutan pada air bisa teradsorp karena daya tarik dari karbon lebih besar daripada gaya yang membuat polutan tersebut tetap berada pada larutan. Untuk polutan yang berada dalam air, polutan tersebut harus bisa larut dalam air dan memiliki ukuran yang lebih kecil dari ukuran pori karbon aktif agar bisa diadsorp oleh karbon aktif (Deithorn, 2006).

2.6.2 Adsorben sebagai Penyangga Katalis TiO₂

Penyangga katalis TiO₂ harus memiliki konfigurasi dan luas area yang besar sehingga memungkinkan radiasi UV ke seluruh partikel katalis berlangsung efisien (meningkatkan luas reaksi dan luas penyinaran) (Tomovska et al., 2007). Salah satu tahap kritis dalam reaksi oksidasi senyawa organik adalah tahap inisiasi pembentukan radikal hidroksil (oksidator polutan) yang diproduksi di permukaan fotokatalis. Oleh karenanya, adsorbabilitas polutan ke permukaan fotokatalis adalah suatu faktor yang penting dalam mengevaluasi efisiensi reaksi fotokatalitik.

Peningkatan efisiensi dekomposisi, fotokatalis sebaiknya dimuati dengan adsorben tertentu untuk mengkonsentrasikan polutan pada permukaan fotokatalis. Pemilihan adsorben yang tepat dengan kemampuan adsorpsi yang lebih baik perlu dilakukan (Lu et al., 1999). Ide penggunaan adsorben dengan luas permukaan yang besar dan kapasitas adsorpsi tinggi, misalnya zeolit, karbon aktif, dan silika terbukti mampu meningkatkan aktivitas katalis. Dengan penggunaan adsorben, adsorpsi senyawa objek pada permukaan penyangga dan difusi pada permukaan interfasa antara sisi aktif fotokatalisis dan sisi inert yang adsorptif akan terjadi seperti yang terlihat pada Gambar 2.6. Selain itu, deaktivasi katalis dan kemungkinan terbentuknya senyawa *intermediate* yang berbahaya akan menurun secara signifikan. Walaupun aktivitas fotokatalitik yang dihasilkan bukanlah yang

terbaik, proses semacam ini sangatlah efektif untuk konsentrasi polutan tingkat rendah seperti untuk aplikasi dalam ruangan.



Gambar 2.6 Mekanisme Degradasi Polutan pada Adsorben sebagai Penyangga TiO₂ (Slamet et al., 2007)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan manfaat penggunaan adsorben sebagai penyangga TiO₂ adalah (Matsuoka dan Anpo, 2003 ; Takeda et al., 1995; Torimoto et.al, 1996; Yoneyama, 2000):

1. Meningkatkan konsentrasi senyawa yang akan didegradasi pada sekitar ruang TiO₂, sehingga dapat meningkatkan laju reaksi.
2. Meningkatkan kemampuan adsorpsi katalis. Bila kemampuan adsorpsi meningkat maka kinetika fotokatalitik meningkat karena fotokatalis dapat langsung mengoksidasi polutan tersebut.
3. Penggunaan penyangga dapat mendispersikan fotokatalis TiO₂ sehingga luas permukaan katalis menjadi lebih besar dan fotokatalis menjadi lebih aktif.
4. Polutan teradsorpsi oleh penyangga kemudian dioksidasi oleh fotokatalis, sehingga *intermediate* yang terbentuk pun akan teradsorpsi oleh penyangga yang selanjutnya akan dioksidasi lagi oleh fotokatalis. Polutan yang teradsorpsi oleh penyangga dapat langsung dioksidasi oleh fotokatalis menjadi CO₂ dan H₂O sehingga adsorben akan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menjadi jenuh. Jadi adsorben diregenerasi secara insitu oleh fotokatalis, sehingga proses degradasi polutan dapat berlangsung dalam waktu yang cukup lama dan lebih efisien.

Secara umum, ada berbagai material berbeda yang dapat digunakan untuk menyangga katalis TiO₂. Contohnya saja yaitu kaca, silika, stainless steel, serat

tekstil Al_2O_3 , kain, kertas, *quartz beads*, karbon teraktivasi, dan kaca borosilikat. Selama prosedur immobilisasi TiO_2 pada material penyangga, luas area aktif katalis akan menurun. Hal ini disebabkan oleh adanya kation dari material penyangga yang dapat meningkatkan proses rekombinasi (Tomovska et al., 2007).

Pada eksperimen yang dilakukan oleh Lu et al. pada tahun 1999, dibuatlah Tabel 2.7 menunjukkan perbedaan luas permukaan penyangga fotokatalis. Pada tabel ini, kecuali GAC, penyangga yang dilapisi dengan TiO_2 tidak meningkatkan efisiensi degradasi penghilangan senyawa organik. Penyangga ini tidak dapat mengadsorpsi senyawa organik secara efisien. TiO_2 adalah partikel yang dapat terdispersi dalam larutan *bulk*, tetapi ketika dilapisi pada permukaan penyangga, akan menghasilkan efisiensi yang rendah pada kuantum yang disebabkan oleh pengurangan luas permukaan (Lu et al., 1999). Berdasarkan eksperimen tersebut, GAC masih layak untuk diteliti lebih lanjut dan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2.7 Luas Permukaan Penyangga Fotokatalis (Lu et al., 1999)

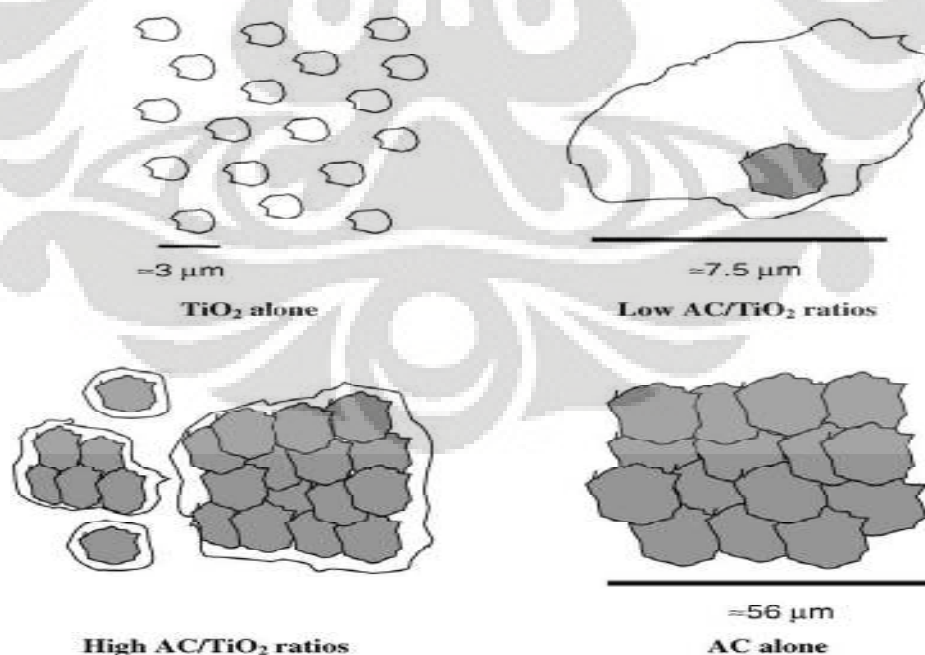
Penyangga dan agen kompleks*	Luas permukaan (m^2/g)
<i>Plain</i> TiO_2	50
<i>Granulated Activated Carbon</i>	902
<i>Coated GAC</i>	745
<i>Quartz</i>	4,9
<i>Coated Quartz</i>	4,57
<i>Zeolite</i>	8,9
<i>Coated Zeolite</i>	4,95
<i>Glass beads</i>	5,7
<i>Coated Glass beads</i>	2,95

* : 1 g penyangga dilapisi dengan 0,05 g TiO_2

Karbon aktif memiliki kelebihan seperti tingkat porositas yang tinggi serta mudah dihasilkan dengan cara perlakuan panas dan/atau kimiawi terhadap kayu, batu bara, tempurung kelapa, dan gula (Slamet et al., 2007). Karbon aktif berperan sebagai pusat dimana molekul organik diabsorpsi sebelum ditransfer ke pusat aktif dekomposisi yaitu TiO_2 teriluminasi. Adanya proses koagulasi dapat menghambat

cahaya yang mengenai pusat aktif TiO_2 , sehingga kita berusaha untuk menghindari proses ini dan meningkatkan dispersi partikel TiO_2 (Araña et al., 2003). Dispersi TiO_2 yang baik dapat diperoleh ketika kita menggunakan kandungan karbon aktif yang optimal. Inilah yang menjadi salah satu alasan yang dapat meningkatkan proses fotokatalisis (Liu et al., 2007).

Kandungan karbon aktif yang terlalu rendah akan mengakibatkan konsentrasi polutan di sekitar TiO_2 tidak cukup banyak. Sebaliknya jika kandungan karbon aktif terlalu banyak ($>10\%$), maka karbon aktif akan menutupi permukaan fotokatalis TiO_2 sehingga TiO_2 sulit mengabsorpsi cahaya dan bereaksi dengan polutan (Gao dan Liu, 2005). Hal serupa juga disimpulkan oleh penelitian yang dilakukan Araña et al. pada tahun 2003, kandungan karbon aktif yang sama dengan atau kurang dari 13% akan menghasilkan distribusi TiO_2 yang homogen di permukaan karbon aktif. Sedangkan, distribusi yang heterogen didapat pada kandungan karbon aktif diatas 13%, yang menyebabkan konglomerasi. Secara lebih jelas, dapat dilihat distribusi TiO_2 dan karbon aktif pada rasio yang berbeda pada Gambar 2.7. Terlihat bahwa pada kandungan AC yang tinggi, maka TiO_2 yang berfungsi sebagai tempat terjadinya degradasi polutan udara ruang akan tertutup.

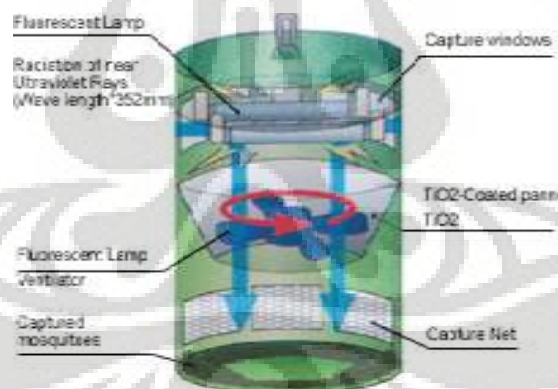


Gambar 2.7 Distribusi Partikel TiO_2 dan AC pada Rasio yang Berbeda (Araña et al., 2003)

2.7 Paten dan Penelitian Terkait

- ***Sertifikasi Patent International No. PCT/KR/01-00427 dan Korean Domestic Patent No. 43847 (2001).***

- Deskripsi singkat: Reaksi fotokatalis di permukaan TiO_2 dapat menghasilkan dua hal sekaligus, yaitu CO_2 yang mirip dengan hembusan nafas manusia dan spektrum panas yang mirip dengan panas tubuh manusia. Kedua hal tersebut ditambah dengan adanya lampu UV (sebagai sumber energi foton) diduga akan bersinergi mengelabui nyamuk untuk mendekat sehingga segera terhisap masuk dalam jaring perangkap yang telah dirancang khusus, dan mati karena dehidrasi.
- Kelebihan: efektif memusnahkan nyamuk atau serangga, tanpa asap, tanpa bau, tanpa bahan kimia (disklorovos), tidak menyebabkan bakteri dan suara bising akibat hentakan sengatan listrik, cocok untuk pemakaian *indoor* maupun *outdoor*.
- Kelemahan: kemampuan degradasi polutan udara ruang kurang efektif karena waktu kontak polutan udara ruang terhadap proses fotokatalisis yang terjadi sangat pendek.



Gambar 2.8 Tampak Samping Alat Perangkap Nyamuk Berbasis Fotokatalisis

- ***Rekayasa Alat Yang Berfungsi Sebagai Perangkap Nyamuk Dan Purifikasi Udara Ruang Dengan Prinsip Fotokatalisis (dari Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia oleh Sylvia Yusim pada tahun 2009).***

- Deskripsi singkat: Reaksi fotokatalis di permukaan TiO_2 dapat menghasilkan dua hal sekaligus, yaitu CO_2 yang mirip dengan hembusan nafas manusia dan

spektrum panas yang mirip dengan panas tubuh manusia yang diduga akan bersinergi mengelabui nyamuk untuk mendekat sehingga segera terhisap masuk dalam jaring perangkap dan mati karena dehidrasi.

- Kelebihan: efektif memusnahkan nyamuk atau serangga, cocok untuk pemakaian *indoor* maupun *outdoor*, menggunakan adsorben karbon aktif untuk meningkatkan efektifitas proses fotokatalisis, menerapkan self cleaning pada kipas.
- Kelemahan: kemampuan degradasi polutan udara ruang kurang efektif karena waktu kontak polutan udara ruang terhadap proses fotokatalisis yang terjadi sangat pendek.



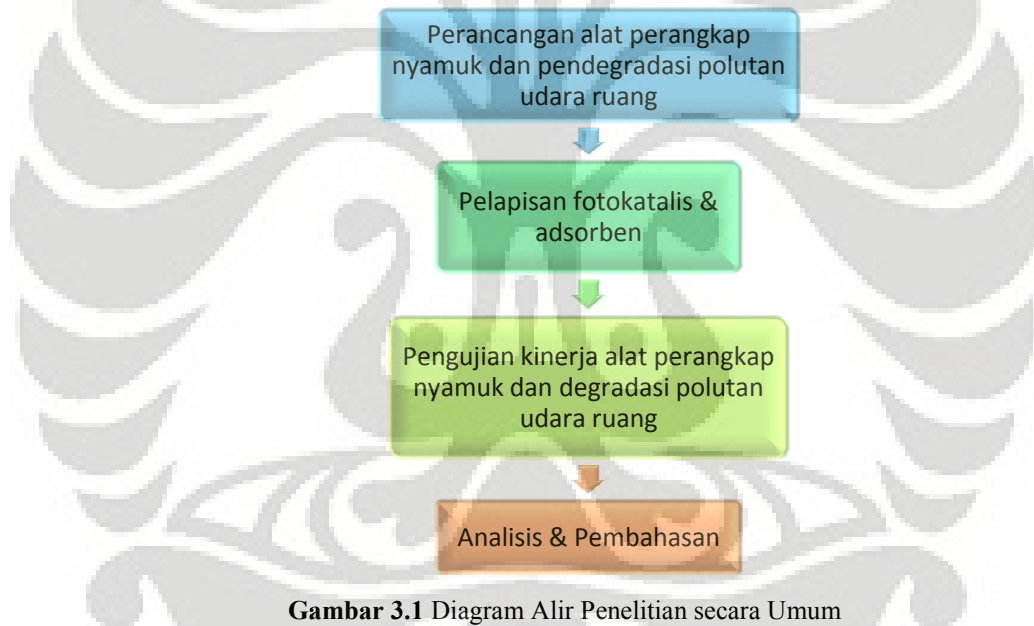
Gambar 2.9 Prototipe Alat Perangkap Nyamuk (Yusim, 2009)

Oleh karena alat perangkap nyamuk yang telah ada di pasaran dan yang telah dihasilkan pada penelitian terdahulu masih memiliki beberapa kelemahan, yaitu: kemampuan degradasi polutan udara ruang yang kurang efektif karena waktu kontak polutan udara ruang terhadap proses fotokatalisis yang terjadi sangat pendek. Maka penelitian ini dimaksudkan untuk mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada dengan merancang suatu desain konfigurasi alat perangkap nyamuk yang efektif tidak hanya untuk memerangkap nyamuk tetapi juga untuk mendegradasi polutan udara ruang secara simultan dengan mengutamakan komposisi fotokatalis – adsorben yang digunakan pada panel aluminium. Penelitian ini melakukan penyempurnaan terhadap alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang yang telah dihasilkan pada penelitian terdahulu terutama dari sisi optimasi komposisi TiO_2 dan Karbon Aktif.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah tipe Eksperimental dengan melakukan penelitian (eksperimen) di Laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Bahan Alam (Lab. RPKA) dan Laboratorium Dasar Proses Kimia (Lab. DPK) Departemen Teknik Universitas Indonesia, Depok. Diagram alir penelitian secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.1. Setiap aktivitas yang akan dilakukan dalam penelitian seperti yang tarcantum pada Gambar 3.1 akan dijelaskan lebih lanjut pada subbab berikutnya.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian secara Umum

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Berikut adalah penjabaran alat dan bahan yang akan dilakukan dalam penelitian untuk menghasilkan alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang secara simultan.

Alat :

- Alat penghitung (*hand tally*)
- Aluminium foil
- Atmospheric furnace
- Oven Programmable
- Cawan petri steril (15 x 100mm)
- Cawan porselen
- Gelas Beaker
- Labu erlenmeyer
- Lampu UV-A 4 W
- Sampling tube
- Ultrasonic bath
- Syringe Gas Tight
- Gas Chromatography Thermal Conductivity Detector (GC-TCD)
- Gas Chromatography Flame Ionization Detector (GC-FID)

Bahan:

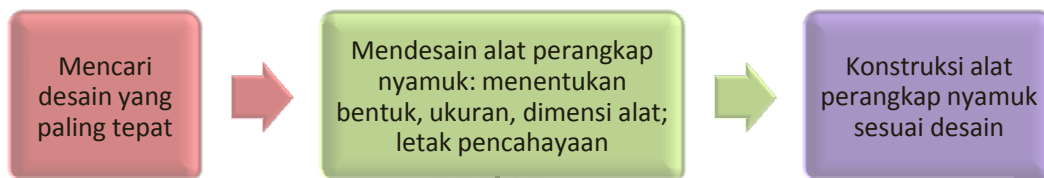
- Bubuk TiO₂ Degussa-P25 (luas area: 53,6 m²/g dan struktur: 79,23% anatase dan 20,77% rutile): sebagai fotokatalis.
- Karbon aktif granular (Karbosorb): sebagai adsorben.
- CH₃OH (Merck): sebagai pelarut TiO₂ dan karbon aktif.
- Tetraethyl orthosilicate (TEOS) 98% (Aldrich): sumber SiO₂ yang berfungsi sebagai perekat antara TiO₂ dan karbon aktif.
- Gas CO : digunakan sebagai model polutan udara.
- Asetaldehida : digunakan sebagai model polutan udara.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Perancangan Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang

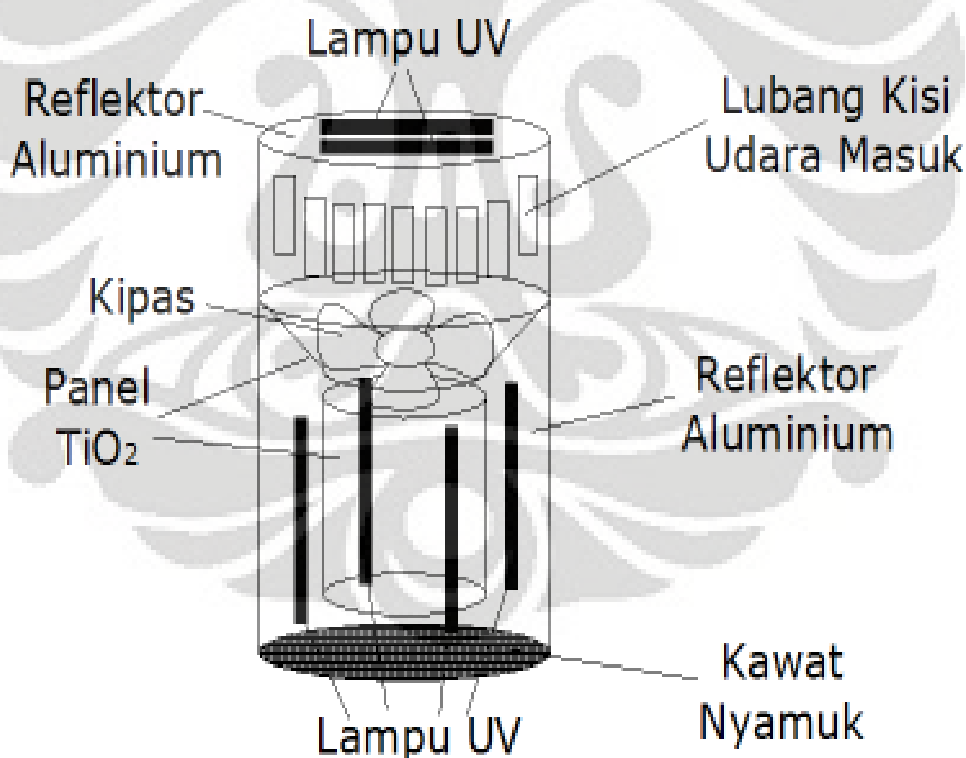
Pada tahap ini, dua langkah utama yang dilakukan adalah mendesain dan mengkonstruksi alat perangkap nyamuk berbasis fotokatalisis. Termasuk didalamnya adalah bentuk dan ukuran alat, peletakkan sumber pencahayaan, dan

letak pelapisan fotokatalis nantinya. Secara ringkasnya, tahap penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Konfigurasi Alat Perangkap Nyamuk

Pada penelitian ini tidak dilakukan variasi terhadap konfigurasi alat perangkap nyamuk. Jadi, konstruksi hanya dilakukan untuk satu konfigurasi alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang yang desainnya didasarkan oleh berbagai pertimbangan yang ada. Gambar 3.3 berikut ini adalah konfigurasi alat perangkap nyamuk yang dikonstruksikan pada penelitian ini.

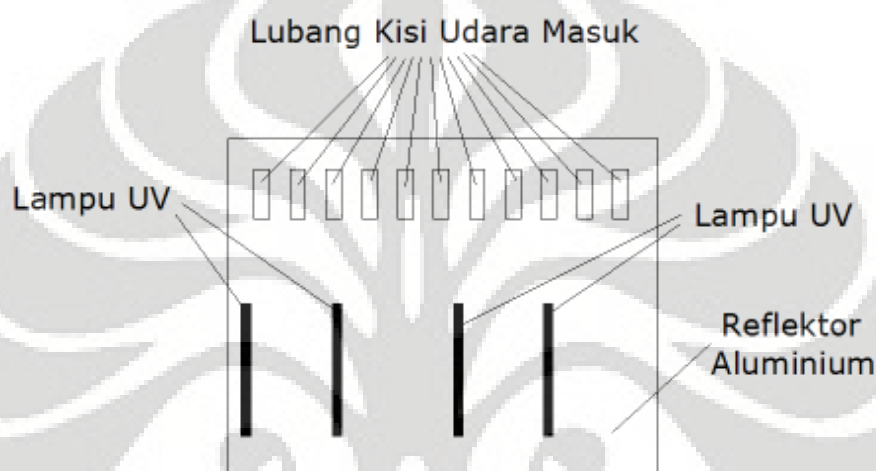


Gambar 3.3 Rancangan Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.3, sebanyak 6 buah lampu UV-A dengan masing – masing 4 watt, yang disusun 2 buah lampu UV-A pada sisi atas

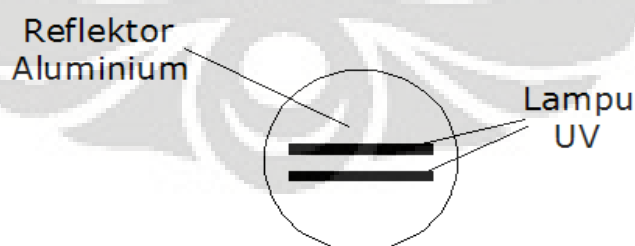
dan 4 buah lampu UV-A pada selimut tabung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Selain itu, penempatan *blade* kipas berada tepat di tengah tabung untuk memusatkan pemerangkapan nyamuk. Di sekitar blade kipas akan dipasang suatu penyangga yang dapat berfungsi sebagai panel TiO₂. Bagian bawah alat terdapat kawat nyamuk yang berfungsi sebagai tempat keluar udara sekaligus jaring penghalang nyamuk untuk keluar.

Pada Gambar 3.4 terlihat bagian selimut tabung bagian dalam yang terdiri dari 4 buah lampu UV-A dan lubang – lubang kisi udara masuk.



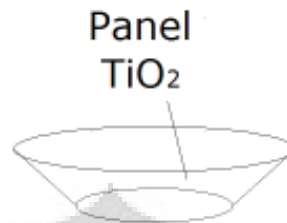
Gambar 3.4 Posisi Selimut Tabung Bagian Dalam dengan Keadaan Terbuka

Sedangkan pada Gambar 3.5, terlihat bagian penutup tabung bagian atas dari alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang yang dilengkapi oleh 2 buah lampu UV-A yang dilengkapi dengan reflektor aluminium yang dipasang untuk merefleksikan sinar UV-A yang terpapar.

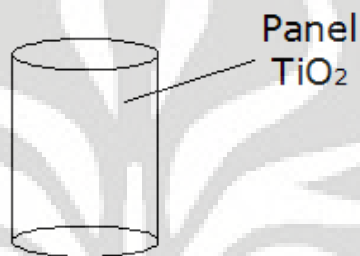


Gambar 3.5 Penutup Tabung Bagian Atas pada Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang

Pada prototipe alat ini, terdapat 2 bagian yang dilapisi dengan fotokatalis dan adsorben, bagian yang berlapis fotokatalis – adsorben terdapat pada Gambar 3.6 dan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Bagian ke-1 yang Dilapisi Fotokatalis - Adsorben



Gambar 3.7 Bagian ke-2 yang Dilapisi Fotokatalis - Adsorben

Berikut ini ditunjukkan pada Gambar 3.8 merupakan tampilan akhir dari alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang yang telah dibuat dan diuji kinerjanya.



Gambar 3.8 Tampilan Akhir dari Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang

Seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 3.8, spesifikasi ukuran dan komponen penyusun alat, yaitu:

1. Alat terbuat dari pipa paralon PVC merk Vinilon berwarna abu – abu dengan ukuran diameter 8 inch. Ketinggian total alat adalah 49 cm dengan penutup alat bagian atas serta penyangga kawat nyamuk yang kemudian diletakkan pada lori yang memiliki roda untuk memudahkan mobilitas alat. Pada dinding pipa bagian atas kipas/*fan* dibuat lubang kisi udara masuk sebanyak 27 buah lubang kisi dengan ukuran 1.5 cm × 5 cm dengan jarak satu sama lain adalah 1 cm.
2. Alat memiliki 6 buah lampu UV-A ukuran 4 watt yang digunakan pada penutup bagian atas serta yang diletakkan pada dinding pipa bagian dalam. Biasanya, jumlah lampu yang terinstalasi di alat perangkap nyamuk di pasaran adalah sebanyak dua buah lampu UV-A 4W. Namun, perlu diketahui bahwa semakin tinggi intensitas UV maka proses fotokatalisis yang terjadi akan berlangsung semakin efektif (Liuxue et al., 2008).
3. Alat menggunakan kipas/*fan* yang bertipe penyedot udara. Kipas yang digunakan pada alat ini bersifat menyedot aliran udara ke bawah (*suction*) dengan kecepatan rotasi sebesar 174.02 RPM. Tujuan pemasangan kipas *suction* adalah untuk menarik nyamuk yang masuk ke ruang jendela alat atau kisi-kisi. Jumlah *blade* kipas pun tidak boleh terlalu rapat karena akan menghalangi nyamuk yang tersedot ke bawah.
4. Reflektor pada alat menggunakan plat tipis aluminium. Aluminium dipilih karena selain memiliki sifat dapat memantulkan sinar, aluminium juga ringan dan mudah dibentuk sehingga dapat pula dipakai untuk menahan dudukan lampu UV. Sinar lampu yang dipantulkan oleh reflektor akan menambah intensitas lampu yang jatuh ke permukaan fotokatalis. Akibatnya proses fotokatalisis juga lebih efektif lagi.
5. Panel tempat meletakkan fotokatalis pada alat ini menggunakan aluminium (dengan spesifikasi yang sama seperti yang digunakan oleh reflektor). Bahan aluminium dipilih sebagai bahan pembentuk panel karena dua alasan utama yaitu mudah dibentuk dan tahan panas.

6. Kawat nyamuk yang berfungsi sebagai tempat keluar udara sekaligus jaring penghalang nyamuk untuk keluar diletakkan di bagian bawah. Ini berbeda dengan alat yang muncul di pasaran. Kawat nyamuk di alat yang ada pasaran hampir semuanya berada di samping. Dengan meletakkan kawat nyamuk di bagian bawah, maka hambatan udara yang keluar akan semakin besar. Akibatnya tarikan udara ke bawah juga makin kuat.

3.3.2 Pelapisan Fotokatalis - Adsorben

Pada tahap ini, ada dua hal yang mendasari pemilihan metode pelapisan, yaitu (1) membuat film yang menempel pada substrat tanpa adanya efek transparan (2) jenis penyangga seperti pada panel terbuat dari aluminium. Oleh karena itu, kita dapat memilih preparasi film dengan menggunakan bubuk TiO_2 langsung melalui metode *spray coating*.

Tahapan Pelapisan Fotokatalis dan Adsorben adalah sebagai berikut :

1. Melakukan *treatment* awal karbon aktif seperti yang ditunjukkan pada foto di Lampiran 3
 - a. Mencuci terlebih dahulu karbon aktif komersial (AC) yang akan digunakan sebagai adsorben dengan menggunakan air kran sampai air sisa cucian AC tidak berwarna hitam lagi. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar pengotor AC sudah hilang.
 - b. Setelah itu, masukkan AC ke dalam *atmospheric furnace* untuk dikeringkan pada temperatur 250°C selama 1 jam.
 - c. Menumbuk / menggerus karbon aktif yang telah dikeluarkan dari furnace hingga menjadi bubuk halus dari karbon aktif.
 - d. Menyaring bubuk karbon aktif yang telah digerus sieve 0.125mm. Kemudian, ambil karbon aktif yang lolos saringan *sieve*. Diameter ini dipilih karena merupakan diameter yang terkecil yang dimiliki oleh *sieve*. Dengan kecilnya diameter yang dipakai, diharapkan luas permukaan adsorben menjadi lebih besar sehingga lebih efektif dalam meningkatkan proses fotokatalisis. Ukuran partikel yang sangat kecil akan memaksimalkan luas permukaan yang berkenaan dengan reaktan,

sehingga memungkinkan lebih banyak reaksi yang terjadi dalam waktu bersamaan dan dengan demikian kecepatan proses meningkat. Selain itu, mengingat TiO_2 yang digunakan berukuran nano maka harus diusahakan agar ukuran karbon aktif yang ditambahkan juga kecil sehingga karbon aktif tersebar merata di dalam larutan sol.

2. Membuat suspensi TiO_2 -AC

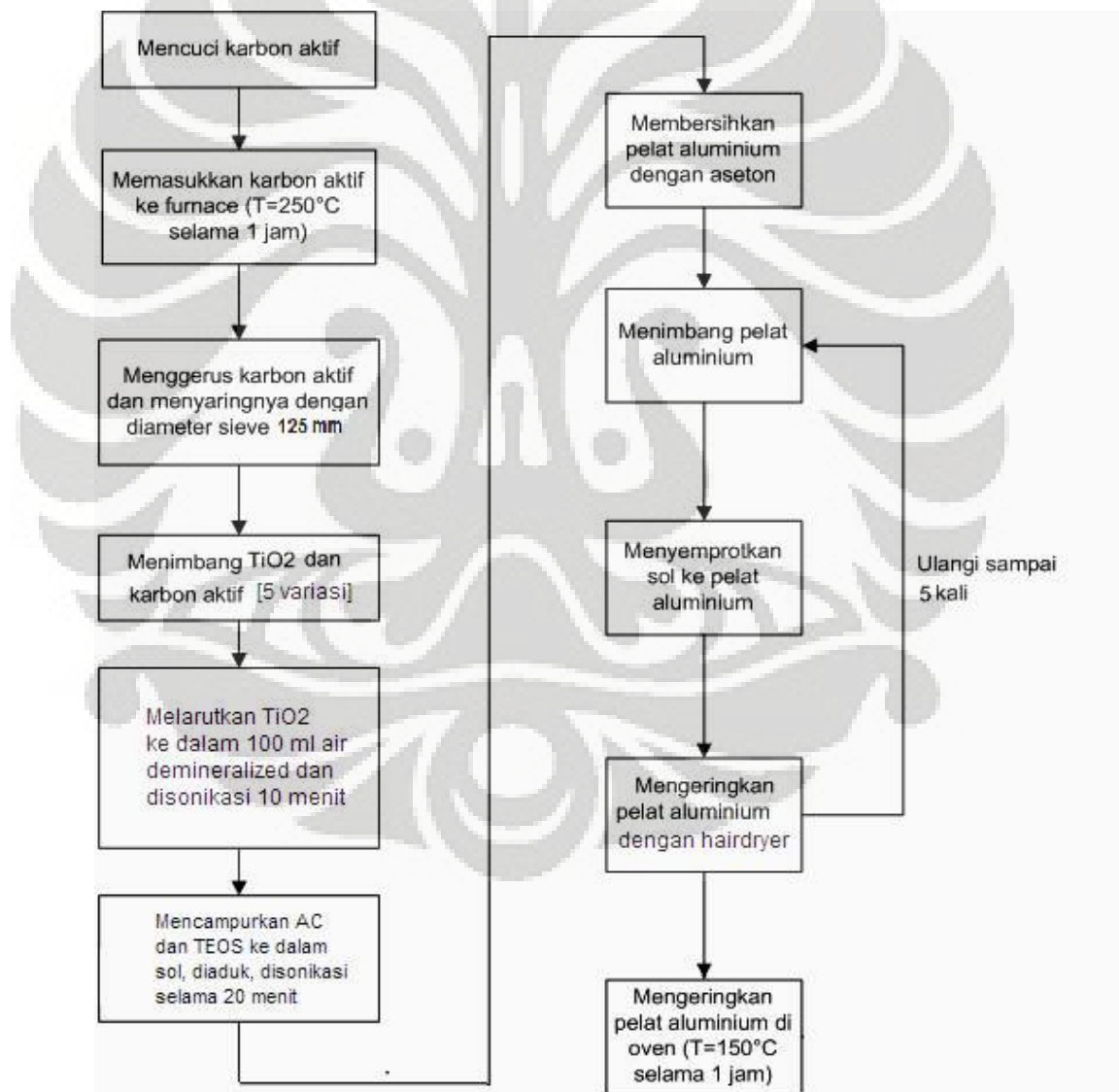
- a. Menimbang massa untuk TiO_2 dan AC dengan masing – masing variasi komposisi % berat. Berikut adalah Tabel 3.1 yang menunjukkan variasi % berat fotokatalis – adsorben dengan basis 5 gram untuk keseluruhan fotokatalis - adsorben.

Tabel 3.1 Variasi Komposisi Fotokatalis – Adsorben dalam % berat

% berat TiO_2	% berat Karbon Aktif
100% berat = 5 gram	0% berat = 0 gram
95% berat = 4.75gram	5% berat = 0.25 gram
90% berat = 4.5 gram	10% berat = 0.5 gram
85% berat = 4.25 gram	15% berat = 0.75 gram
75% berat = 3.75 gram	25% berat = 1.25 gram

- b. Melarutkan bubuk campuran TiO_2 ke dalam 100 mL air *demineralized* dan di sonikasi selama 10 menit. Sedangkan untuk yang menggunakan TiO_2 saja (100%) dan air *demineralized* maka sonikasi yang dilakukan selama 30 menit tanpa ada penghentian.
 - c. Menambahkan Karbon Aktif yang telah di-*treatment* dan larutan TEOS 1 mL ke dalam larutan pada langkah b dan disonikasi selama 20 menit. Larutan tersuspensi ini akan menjadi sol untuk lapisan film. Pada saat penambahan TEOS, pH larutan akan turun dan membuat ukuran partikel katalis menjadi lebih kecil, sehingga luas permukaannya bertambah. Pada pH rendah (asam), permukaan TiO_2 akan bermuatan positif sehingga daya tolak antar partikelnya semakin besar. Akibatnya TiO_2 dapat merata pada seluruh permukaan cairan.
3. Membersihkan panel yang akan dilapisi dengan Aceton dan timbang beratnya.

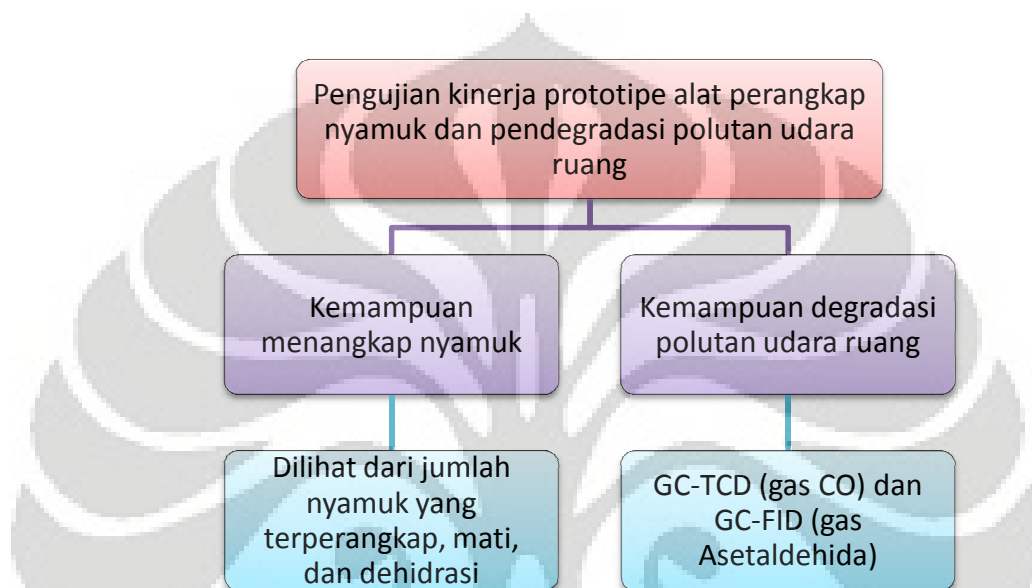
4. Memasukkan sol yang telah dibuat ke dalam botol *spray*.
5. Menyemprotkan suspensi $\text{TiO}_2\text{-AC}$ ke area panel aluminium menggunakan *spray gun*.
6. Mengeringkan panel yang baru di-*spray coating* dengan *hair dryer* terlebih dahulu.
7. Mengulangi prosedur 5 dan 6 sebanyak 5 kali sampai terbentuk lapisan seragam yang terlihat pada panel aluminium.
8. Mengeringkan hasil pelapisan dengan menggunakan *oven programmable* pada suhu 150°C selama 1 jam.



Gambar 3.9 Diagram Alir Pelapisan Fotokatalis - Adsorben

3.3.3 Pengujian Kinerja Prototipe Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang

Pada tahap pengujian kinerja prototipe alat perangkap nyamuk ini, ada tiga kinerja utama yang akan dinilai seperti yang teringkas pada Gambar 3.10. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.10, diuji kemampuan menangkap nyamuk dan kemampuan degradasi polutan udara ruang.



Gambar 3.10 Diagram Alir Pengujian Kinerja Alat Perangkap Nyamuk

3.3.3.1 Kemampuan Menangkap Nyamuk

Pada bagian ini, membuktikan nyamuk dapat mendekat dengan adanya reaksi fotokatalisis dengan cara mengamati fotokatalis yang diradiasi dengan lampu UV. Ketika nyamuk mendekat di sekitar permukaan fotokatalis, maka prinsip fotokatalisis yang dipakai pada alat ini telah terbukti. Pengujian dilakukan di dalam rumah dan di teras rumah pada sore hari hingga pagi hari karena diyakini banyak nyamuk yang berada pada kondisi tersebut.

Untuk menguji peran masing-masing komponen di dalam alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang, yaitu : lampu UV, Fotokatalis-Adsorben, dan Kipas dilakukan maka dilakukan beberapa uji blangko.

1) Uji Blangko 1: Melihat Peran Fotokatalis dan Lampu UV

Variabel dalam uji blangko ini adalah panel aluminium yang di-coating dan yang tidak di-coating, yang menggunakan lampu UV yang menyala

sedangkan kipas dimatikan. Uji blangko ini dilakukan dengan rincian prosedur berikut:

1. Meletakkan alat di ruangan yang tidak diberi nyala lampu penerang.
2. Menggunakan panel aluminium yang *di-coating* pada alat dengan menyalakan lampu UV sedangkan kipas dalam kondisi dimatikan.
3. Pengujian dilakukan mulai Pkl 19.00 WIB hingga Pkl 07.00 WIB.
4. Mencatat dan mengamati jumlah nyamuk yang terperangkap dan mati karena dehidrasi.
5. Kemudian hari berikutnya pada durasi waktu yang sama (mulai Pkl 19.00 WIB hingga Pkl 07.00 WIB) uji blangko dilakukan dengan kondisi lampu UV menyala dan kipas dimatikan menggunakan panel yang tidak *di-coating*.
6. Mencatat dan mengamati jumlah nyamuk yang terperangkap dan mati karena dehidrasi untuk pengujian ini.

2) *Uji Blangko 2: Melihat Peran Kipas/Fan*

Variabel dalam uji blangko ini adalah panel aluminium yang *di-coating*, lampu UV yang menyala sedangkan kipas divariasikan untuk dinyalakan dan dimatikan. Uji blangko ini dilakukan dengan rincian prosedur berikut:

1. Meletakkan alat di ruangan yang tidak diberi nyala lampu penerang.
2. Menggunakan panel aluminium yang *di-coating* pada alat dengan menyalakan lampu UV dan kipas dalam kondisi dinyalakan.
3. Pengujian dilakukan mulai Pkl 19.00 WIB hingga Pkl 07.00 WIB.
4. Mencatat dan mengamati jumlah nyamuk yang terperangkap dan mati karena dehidrasi.
5. Kemudian hari berikutnya pada durasi waktu yang sama (mulai Pkl 19.00 WIB hingga Pkl 07.00 WIB) uji blangko dilakukan dengan kondisi lampu UV menyala dan kipas dimatikan menggunakan panel yang *di-coating*.
6. Mencatat dan mengamati jumlah nyamuk yang terperangkap dan mati karena dehidrasi untuk pengujian ini.

3) *Uji Blangko 3: Melihat Peran Lampu UV dan Kipas/Fan*

Variabel dalam uji blangko ini adalah panel aluminium yang tidak di-*coating*, kipas/*fan* yang menyala sedangkan lampu UV divariasikan untuk dinyalakan dan dimatikan. Uji blangko ini dilakukan dengan rincian prosedur berikut:

1. Meletakkan alat di ruangan yang tidak diberi nyala lampu penerang.
2. Menggunakan panel aluminium yang tidak di-*coating* pada alat dengan menyalakan lampu UV dan kipas dalam kondisi dinyalakan.
3. Pengujian dilakukan mulai Pkl 19.00 WIB hingga Pkl 07.00 WIB.
4. Mencatat dan mengamati jumlah nyamuk yang terperangkap dan mati karena dehidrasi.
5. Kemudian hari berikutnya pada durasi waktu yang sama (mulai Pkl 19.00 WIB hingga Pkl 07.00 WIB) uji blangko dilakukan dengan kondisi lampu UV dimatikan dan kipas dinyalakan menggunakan panel yang tidak di-*coating*.
6. Mencatat dan mengamati jumlah nyamuk yang terperangkap dan mati karena dehidrasi untuk pengujian ini.

Untuk pengujian kemampuan memerangkap nyamuk dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian di dalam rumah dan di teras rumah pada sore Pkl 18.00 WIB hingga Pkl 06.00 WIB.
2. Meletakkan alat perangkap nyamuk pada sudut ruangan dalam rumah, dan teras rumah dengan keadaan mula – mula lampu UV dan kipas (*fan*) tidak dinyalakan.
3. Setelah meletakkan alat pada posisi yang tepat kemudian menyalakan lampu UV serta kipas (*fan*) pada prototipe alat perangkap nyamuk.
4. Pengujian dilakukan menggunakan 6 variasi panel fotokatalis – adsorben yang dibuat pada 2 tempat yang berbeda (di dalam rumah dan di teras rumah). Jenis variasi komposisi panel tersebut adalah Panel dengan TiO₂, Panel dengan TiO₂ – AC 5%, Panel dengan TiO₂ – AC 10%, Panel dengan TiO₂ – AC 15%, Panel dengan TiO₂ – AC 25%, dan Panel yang tidak di-*coating*.

5. Setelah waktu pengujian selesai Pkl 06.00 WIB, maka seluruh hasil nyamuk yang terperangkap (mati karena dehidrasi) diamati dan dicatat jumlahnya.

3.3.3.2 Kemampuan Degradasi Polutan Udara Ruang

Hal pertama yang dilakukan adalah Pengujian kebocoran kotak uji yang memastikan bahwa penurunan luas area di bawah peak saat uji degradasi gas CO dan asetaldehida disebabkan oleh reaksi fotokatalitik. Gas yang dipakai pada percobaan ini adalah gas CO dan gas asetaldehida. Pertama memasukkan panel yang dilapisi fotokatalis ke dalam alat dan memasukkan alat ke dalam kotak uji berukuran $50 \times 50 \times 50$ cm. Kemudian isolasi kotak uji dan masukkan sejumlah gas (pengujian terhadap gas CO terlebih dahulu baru gas Asetaldehida) ke dalam reaktor, kemudian injeksikan 1 mL sampel gas ke dalam GC untuk setiap waktu tertentu. Pada pengujian ini kita juga dapat mengetahui apakah kotak bocor atau tidak, sehingga penurunan peak area dari gas CO dan asetaldehida benar – benar dipastikan akibat degradasi dari proses fotokatalisis. Berikut akan ditunjukkan kotak uji yang digunakan dalam pengujian degradasi polutan udara ruang pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Kotak Uji yang Digunakan dalam Pengujian

Pengujian kemampuan degradasi polutan udara ruang dimaksudkan untuk menguji kemampuan alat dalam mendegradasi polutan udara ruang. Alat diletakkan pada kotak uji untuk menghindari adanya kontaminasi dari polutan udara ruang lain. Tahap pertama pengujian adalah keseluruhan konstruksi alat yang telah terbentuk dipersiapkan dengan lampu UV, kipas dan memasang panel Fotokatalis - Adsorben. Alat perangkat nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang yang berada dalam kotak uji akan diisolasi sedemikian rupa agar tidak bocor terhadap gas yang diinjeksikan.

Tahapan kedua adalah alat dan kotak uji sudah disiapkan, maka saatnya untuk menyuntikkan gas CO memakai *Syringe Gas Tight* yang digunakan sebagai sampel polutan udara ruang (gas CO salah satu komponen utama penyusun asap rokok, dimana asap rokok merupakan polutan udara ruang yang paling sering ditemui) melalui *rubber septum* yang telah terpasang pada kotak uji. Setelah gas CO (sampel polutan udara ruang) disuntikkan, maka biarkan alat perangkat nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang dalam keadaan OFF (lampu UV dan kipas/*fan* keadaan mati/OFF) sehingga gas CO yang diinjeksikan tersebut dapat terdistribusi secara merata.

Kemudian tahapan selanjutnya adalah pengambilan sampel yang dilakukan dengan menggunakan *Syringe Gas Tight* yang dimasukkan melalui *rubber septum*. Setelah 30 menit untuk menghasilkan keadaan yang stabil (homogen), maka lampu UV dan kipas/*fan* dinyalakan dan mengambil sampel untuk mengetahui konsentrasi awal gas yang ditunjukkan pada peak area yang dihasilkan dari kromatogram. Sampel yang telah diambil kemudian diinjeksikan ke GC-TCD (*gas chromatography - thermal conductivity detector*) seri GC-8A dengan kolom *Carbosphere* buatan Shimadzu yang berada di Laboratorium RPKA. Pengujian ini dilakukan selama 2.5 jam (150 menit) dengan pengambilan data sampling berupa konsentrasi dari polutan udara ruang dilihat dari peak area pada GC setiap 5 menit sekali untuk 30 menit pertama (untuk memastikan gas CO terdistribusi secara merata), yaitu 0, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit serta setiap 10 menit sekali untuk 120 menit berikutnya (untuk melihat hasil degradasi dari gas CO), yaitu 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, dan 150 menit.

Prosedur lengkap pengujian kemampuan mendegradasi polutan udara ruang adalah sebagai berikut:

1. Menyalakan GC-TCD sesuai prosedur penyalaaan GC.
2. Setelah kondisi GC siap digunakan (lampu READY akan menyala), maka tekan tombol START untuk *purging* memastikan GC tidak kotor.
3. Mengecek *Syringe Gas Tight* yang digunakan dengan cara mengambil udara ruang sebanyak 1 mL kemudian injeksikan ke dalam GC. Lihat hasilnya, jika muncul *peak-peak* besar maka *Syringe Gas Tight* yang digunakan kotor dan harus dibersihkan dengan cara di vakum atau dicuci dengan acetone sampai tidak muncul *peak* yang berarti saat 1 mL udara diinjeksikan.
4. Jika *Syringe Gas Tight* telah bersih, ambil udara di dalam reaktor sebanyak 1 mL. Jika hasil analisa udara di dalam reaktor telah sama dengan udara ruang, maka reaktor telah siap untuk digunakan.
5. Memasukkan model gas ke dalam reaktor. Kemudian biarkan selama 30 menit agar percampuran gas di dalamnya homogen. Untuk mengecek distribusi gas di dalam reaktor dan untuk menguji kebocoran, sampel gas diambil dari beberapa sisi reaktor pada setiap 5 menit sekali selama 30 menit.
6. Setelah homogen, nyalakan lampu UV di reaktor dan tepat saat penyalaaan lampu waktu mulai dihitung sebagai $t = 0$ menit.
7. Ambil sampel gas dari reaktor sebanyak 1 mL pada interval waktu 10 menit sekali dari waktu penyalaaan lampu UV. Injeksikan tiap sampel yang diambil ke dalam GC dan analisa hasilnya.

Pengujian berikutnya dilakukan pada Asetaldehida sebagai representatif polutan udara dalam ruang yang tergolong sebagai senyawa VOC. Pemilihan ini disebabkan Asetaldehida merupakan gas yang mudah menguap (VOC) sehingga untuk dapat menguapkan kedua gas ini tidak perlu dilakukan pemanasan sedikitpun. Analisa konsentrasi gas ini menggunakan teknik analisa kromatografi gas dengan *Gas Chromatography Flame Ionization Detector* (GC-FID) dan kolom PEG (*poly ethylene glycol*). Detektor FID dipilih karena limit deteksinya

100 kali lebih rendah dari detektor TCD (*thermal conductivity detector*). Sedangkan kolom PEG dipilih karena kolom ini merupakan kolom yang paling baik digunakan untuk mendeteksi senyawa aldehida (Barry dan Grob, 2004).

Tahapan pengujiannya adalah pengambilan sampel yang dilakukan dengan menggunakan *Syringe Gas Tight* yang dimasukkan melalui *rubber septum*. Setelah 30 menit untuk menghasilkan keadaan yang stabil (homogen), maka lampu UV dan kipas/*fan* dinyalakan dan mengambil sampel untuk mengetahui konsentrasi awal gas yang ditunjukkan pada peak area yang dihasilkan dari kromatogram. Sampel yang telah diambil kemudian diinjeksikan ke GC-FID seri GC-9A buatan Shimadzu yang berada di Laboratorium RPKA.

Pengujian ini dilakukan selama 2.5 jam (150 menit) dengan pengambilan data sampling berupa konsentrasi dari polutan udara ruang dilihat dari peak area pada GC setiap 5 menit sekali untuk 30 menit pertama (untuk memastikan gas CO terdistribusi secara merata), yaitu 0, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit serta setiap 10 menit sekali untuk 120 menit berikutnya (untuk melihat hasil degradasi dari gas CO), yaitu 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, dan 150 menit.

Prosedur lengkap pengujian kemampuan mendegradasi polutan udara ruang adalah sebagai berikut:

1. Menyalakan GC-FID sesuai prosedur penyalaan GC.
2. Setelah kondisi GC siap digunakan (lampu READY akan menyala), maka tekan tombol START untuk *purging* memastikan GC tidak kotor.
3. Mengecek *Syringe Gas Tight* yang digunakan dengan cara mengambil udara ruang sebanyak 1 mL kemudian injeksikan ke dalam GC. Lihat hasilnya, jika muncul *peak-peak* besar maka *Syringe Gas Tight* yang digunakan kotor dan harus dibersihkan dengan cara di vakum atau dicuci dengan air sampai tidak muncul *peak* yang berarti saat 1 mL udara diinjeksikan.
4. Jika *Syringe Gas Tight* telah bersih, ambil udara di dalam reaktor sebanyak 1 mL. Jika hasil analisa udara di dalam reaktor telah sama dengan udara ruang, maka reaktor telah siap untuk digunakan.
5. Memasukkan model gas ke dalam reaktor. Kemudian biarkan selama 30 menit agar percampuran gas di dalamnya homogen. Untuk mengecek

distribusi gas di dalam reaktor dan untuk menguji kebocoran, sampel gas diambil dari beberapa sisi reaktor pada setiap 5 menit sekali selama 30 menit.

6. Setelah homogen, nyalakan lampu UV di reaktor dan tepat saat penyalaan lampu waktu mulai dihitung sebagai $t = 0$ menit.
7. Ambil sampel gas dari reaktor sebanyak 1 mL pada interval waktu 10 menit sekali dari waktu penyalaan lampu UV. Injeksikan tiap sampel yang diambil ke dalam GC dan analisa hasilnya.

3.4 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang akan terkait pada tahapan ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas :
 - a. Komposisi karbon aktif yang digunakan.
 - b. Pengujian kemampuan menangkap nyamuk pada ruangan di dalam rumah dan di teras rumah.
 - c. Waktu polutan udara ruang dapat terdegradasi.
 - d. Jenis dan konsentrasi polutan udara ruang yang digunakan.
2. Variabel terikat: konsentrasi sampel polutan udara ruang yang terdegradasi (GC).

3.5 Data Penelitian

Dalam penelitian ini, data-data yang akan diambil pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

- Jumlah nyamuk rata-rata yang terperangkap dalam prototipe alat perangkap nyamuk.
- Kromatogram sampel sebelum dan sesudah proses fotokatalisis dengan menggunakan GC. Luas dibawah puncak kromatogram sebanding dengan konsentrasi sampel. Perubahan konsentrasi terhadap waktu reaksi dapat dianalisa secara kuantitatif dengan menggunakan kromatogram.
- Waktu yang dibutuhkan agar semua populasi nyamuk dapat terperangkap dan polutan udara ruang dapat habis terdegradasi.

3.6 Pengolahan Data Hasil Penelitian

- Analisis degradasi polutan udara ruang (gas CO dan asetaldehida) dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatography* yang menghasilkan *peak/* puncak pada kromatogram. Perubahan konsentrasi terhadap waktu reaksi dapat dianalisa secara kuantitatif dengan menggunakan kromatogram. Luas dibawah puncak kromatogram sebanding dengan konsentrasi sampel. Untuk mengetahui besarnya degradasi sampel, kita membuat grafik konsentrasi sampel terhadap waktu.
- Berdasarkan hasil perbandingan tiap variasi metode pelaksanaan maka akan di plot grafik konsentrasi degradasi sampel untuk lebih memperjelas variasi mana yang ternyata lebih efektif untuk memerangkap nyamuk dan mendegradasi polutan udara ruang. Dengan hasil jumlah nyamuk terperangkap yang terbanyak dan pendegradasi polutan udara ruang terbesar maka dapat ditafsirkan bahwa variasi metode pelaksanaan tersebutlah yang paling efektif.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Alat Perangkap Nyamuk dan Pendegradasi Polutan Udara Ruang

Berdasarkan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, perancangan alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang terdiri dari lampu UV-A 4 watt, ruang kisi – kisi tempat nyamuk dan polutan udara ruang masuk, panel fotokatalis – adsorben, ruang kipas/*fan*, serta ruang perangkap nyamuk yang sekaligus sebagai tempat pendegradasi polutan udara ruang. Alat berbentuk tabung ini memudahkan dalam perancangannya, sekaligus menimbang keefektifannya dalam kinerja sebagai alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang.

Pada alat ini lampu UV-A yang digunakan adalah sebanyak 6 buah. Pemasangan lampu UV-A ini terbagi menjadi 2 bagian. 2 buah lampu UV-A pada bagian penutup atas alat dan 4 buah lampu UV-A berikutnya berada pada dinding sisi selimut tabung yang dipasang menempel pada dinding tabung bagian dalam. Pada bagian penutup atas alat dipasang aluminium yang berfungsi sebagai reflektor dari lampu UV-A yang terpasang. Aluminium yang berperan sebagai reflektor dari lampu UV-A juga dipasang pada permukaan dalam tabung terutama pada bagian dimana 4 buah lampu UV-A terpasang pada dinding selimut tabung bagian dalam.

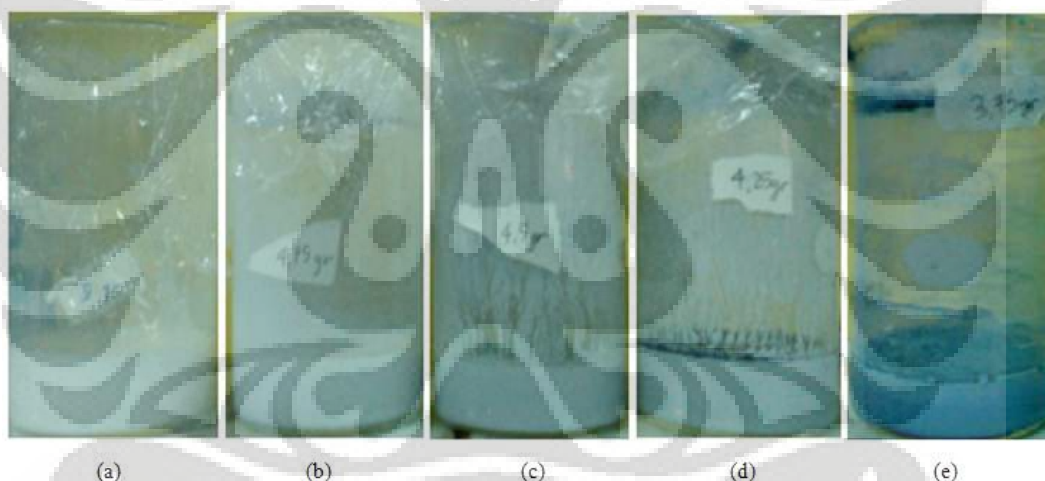
Panel fotokatalis – adsorben terbuat dari plat aluminium yang sama dengan bahan yang digunakan sebagai reflektor. Fungsi utama panel adalah tempat untuk meletakkan fotokatalis – adsorben. Panel terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian yang berada diatas ruang kipas/*fan* dan bagian yang berada dibawah ruang kipas/*fan* dalam keadaan yang sejajar dengan 4 buah lampu UV-A pada selimut tabung bagian dalam.

Kipas yang digunakan adalah jenis kipas penyedot yang dipasang pada posisi tengah tabung dimana terletak diantara panel – panel. Kipas ini dipasang dengan tujuan untuk menyedot nyamuk bersamaan dengan aliran udara yang bergerak ke bawah (*suction*).

Pada bagian bawah alat terdapat kawat nyamuk tempat yang berfungsi sebagai jaring penghalang nyamuk untuk keluar dari alat dan juga berperan sebagai tempat udara keluar.

4.1.1 Panel Fotokatalis

Bagian yang memegang peranan paling penting pada alat adalah panel fotokatalis. Panel terbuat dari bahan aluminium yang berfungsi sebagai tempat bagi fotokatalis diletakkan. Hal yang pertama dilakukan untuk membuat panel adalah membuat sol fotokatalis terlebih dahulu. Pada penelitian ini terdapat variasi komposisi panel, yaitu menggunakan TiO_2 saja, TiO_2 dengan Karbon Aktif sebanyak 5% berat, TiO_2 dengan Karbon Aktif sebanyak 10% berat, TiO_2 dengan Karbon Aktif sebanyak 15% berat, dan TiO_2 dengan Karbon Aktif sebanyak 25% berat. Terlihat pada Gambar 4.1 sol TiO_2 – AC yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4.1 Sol TiO_2 – AC yang Telah Dibuat (a) 100% berat, (b) 95:5% berat, (c) 90:10% berat, (d) 85:15% berat, dan (e) 75: 25% berat

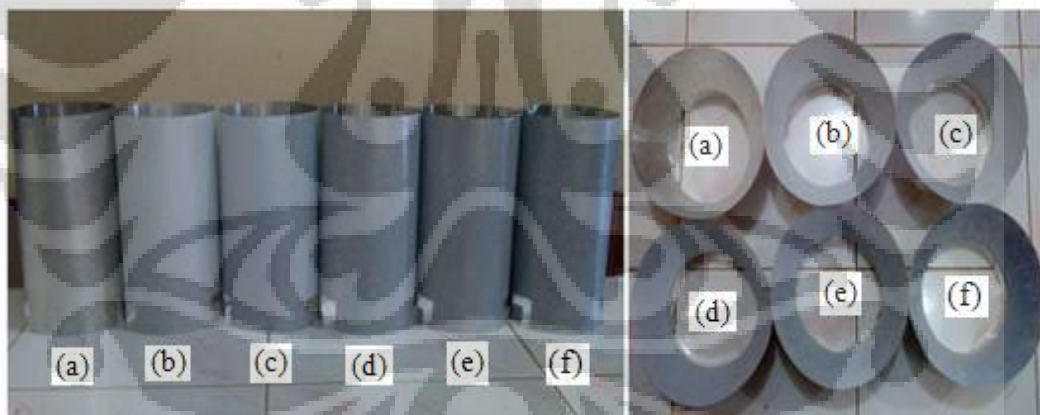
Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa sol dengan % berat Karbon Aktif yang semakin besar, sol – fol fotokatalis akan berwarna semakin keabu – abuan. Pada proses pelapisan fotokatalis pada panel aluminium, panel ditimbang sebelum dan sesudah pelapisan. Dari hasil penimbangan penambahan berat dari panel setelah 5 kali pelapisan dengan *spray coating* diperoleh bahwa panel mengalami kenaikan besar massa sekitar 0.7 gram untuk tiap panel pada variasi komposisi fotokatalis.

Berikut adalah Tabel 4.1 yang menunjukkan kenaikan besar massa yang telah diperoleh setelah 5 kali *spray coating* untuk setiap variasi komposisi.

Tabel 4.1 Penambahan Berat TiO₂ – AC pada Panel

Jenis Komposisi TiO ₂ : AC % berat	Penambahan Berat TiO ₂ – AC (gram)
100 : 0% berat	0.67
95 : 5% berat	0.63
90 : 10% berat	0.7
85 : 15% berat	0.7
75 : 25% berat	0.7

Secara fisik panel aluminium yang telah mengalami proses pelapisan berbeda- beda untuk setiap variasi komposisi fotokatalis. Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa semakin besar jumlah % berat karbon aktif di dalam fotokatalis maka akan membuat panel berwarna semakin abu – abu kehitaman. Hal ini jelas ditunjukkan terutama perbedaan warna antara panel yang tidak mengandung karbon aktif hingga pada panel yang mengandung 25% berat karbon aktif.



Gambar 4.2 Panel Aluminium dengan Variasi Komposisi TiO₂ – Karbon Aktif (a) 0% berat (b) 100% berat (c) 95:5% berat (d) 90:10% berat (e) 85:15% berat (f) 75:25% berat

Pada dasarnya untuk meningkatkan luas kontak polutan dan katalis di dalam alat, desain alat dibuat sedemikian sehingga dapat mengakomodasi katalis dalam jumlah yang besar. Semakin banyak fotokatalis yang digunakan akan semakin baik proses fotokatalisis yang terjadi (Sampath, 1994). Pada alat, fotokatalis dicoating pada plat aluminium dengan menggunakan *spray coating*

untuk menghasilkan penyebaran katalis yang merata. Penyebaran katalis yang merata dapat menghasilkan dispersi yang tinggi karena rasio jumlah katalis yang aktif terhadap jumlah katalis keseluruhan akan semakin besar.

Penyangga TiO_2 berupa karbon aktif harus memiliki konfigurasi dan luas area yang besar sehingga memungkinkan radiasi sinar UV ke seluruh partikel katalis berlangsung secara efisien atau dengan kata lain mampu meningkatkan luas reaksi dan luas penyerapan (Tomovska et al., 2007). Dalam hal ini, penambahan karbon aktif dengan luas permukaan yang besar dan kapasitas adsorpsi yang tinggi diharapkan meningkatkan luas area per berat katalis.

Karbon aktif yang digunakan diperkirakan mampu meningkatkan luas area secara signifikan. Secara teoritis, performansi partikel fotokatalis TiO_2 secara keseluruhan bergantung pada sejumlah parameter seperti metode preparasi, temperature pemanasan, ukuran kristal, rasio antara fasa anatase dan rutile, intensitas lampu, dan substrat yang akan didegradasi (Allen et al., 2008). Pada pemanasan suhu tinggi, luas permukaan akan turun secara signifikan karena partikel TiO_2 akan membesar seiring dengan kenaikan temperature dan adanya transformasi anatase ke rutile (Sopyan et al., 1996). Efisiensi fotokatalitik pada fasa rutile TiO_2 lebih rendah dibandingkan dengan fasa anatase karena rekombinasi pasangan elektron dan hole yang semakin sering terjadi pada permukaan fasa rutile.

Jumlah reaktan dan hidroksida yang menempel pada permukaan fasa rutile juga lebih kecil dibandingkan fasa anatase TiO_2 (Allen et al., 2008). Pada penelitian yang dilakukan Xu (2008), temperatur tinggi yang menyebabkan adanya transformasi anatase menjadi rutile adalah sekitar 700°C . Namun, karena pada penelitian ini temperatur oven yang digunakan hanyalah 150°C maka penurunan luas permukaan fotokatalis yang drastis dapat dihindarkan. Penelitian Nadia et al. (2005) menunjukkan bahwa pada pemanasan Degussa P-25 sampai 200°C masih menunjukkan TiO_2 sebagai material *macroporous*, sedangkan pada pemanasan lebih dari 200°C ada kehadiran *mesoporous*. Pemanasan pada suhu di atas 200°C , luas permukaan porositas dan volume pori akan menurun.

Berdasarkan hasil penelitian Arana (2003) yang memperoleh persen karbon aktif optimal 13% berat untuk degradasi polutan organik, persen karbon

aktif yang digunakan pada penelitian ini dianggap cukup mendekati persen optimal tersebut yaitu karbon aktif 15% berat. Jika kandungan karbon aktif terlalu tinggi maka fotokatalis TiO_2 yang berfungsi sebagai tempat terjadinya degradasi polutan organik akan tertutup (Arana, 2003; Gao, 2005).

4.1.2 Intensitas Cahaya Lampu UV-A sebagai Inisiator Reaksi

Kemampuan fotokatalis dalam menghasilkan radikal hidroksil sebagai agen oksidator sangat ditentukan oleh intensitas cahaya yang diterima oleh fotokatalis. Semakin besar intensitas cahaya UV yang sampai ke permukaan fotokatalis maka semakin besar pula radikal hidroksil yang dapat dihasilkan dari proses tereksitasinya elektron dari pita valensi ke pita konduksi fotokatalis.

Intensitas cahaya yang diterima oleh panel fotokatalis sangat ditentukan oleh jarak lampu UV-A yang digunakan dengan katalisnya. Lampu UV yang digunakan adalah lampu UV-A 4 Watt. Untuk dapat meningkatkan intensitasnya maka digunakan reflektor pada alas pemasangan lampu UV (baik pada penutup alat bagian atas maupun dinding bagian dalam selimut tabung alat).

4.1.3 Aliran Udara Polutan

Untuk dapat memperoleh hasil degradasi yang baik maka dibutuhkan pengatur aliran udara di dalam alat sehingga udara polutan dapat mengalir secara homogen dan turbulen. Untuk dapat menyedot polutan masuk dan meningkatkan turbulensi maka diperlukan kipas/*fan* penyedot. Kipas ini dipasang di bagian tengah dari alat dengan keadaan vertical untuk menyedot polutan yang masuk dari lubang kisi.

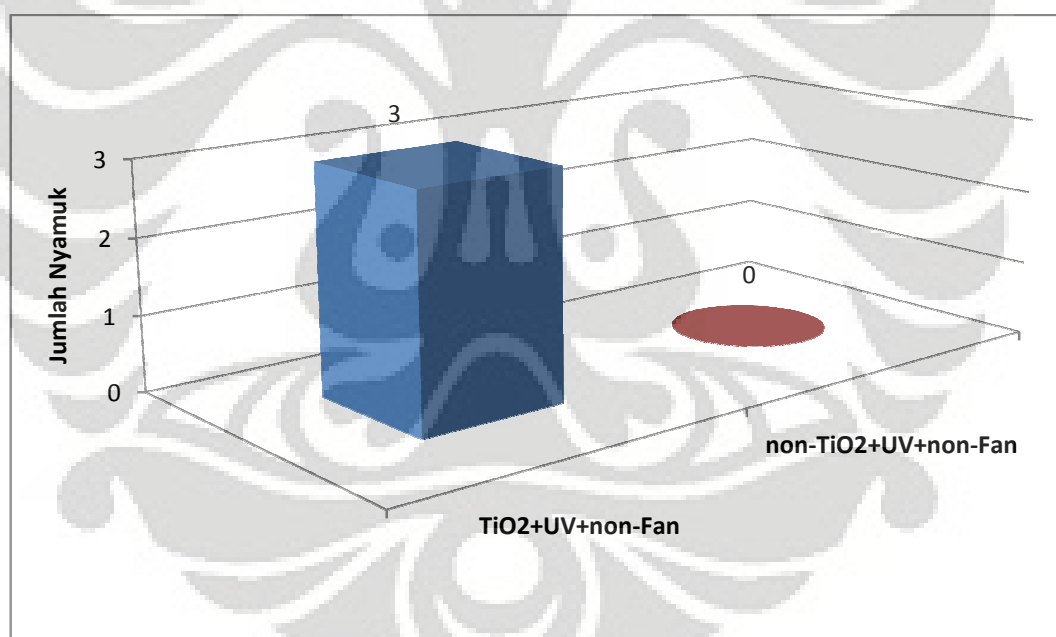
4.2 Pengujian Kemampuan Menangkap Nyamuk

Pengujian yang dilakukan untuk melihat kemampuan alat untuk menangkap nyamuk bertujuan untuk melihat efektifitas fotokatalis yang terdapat pada panel aluminium dalam memikat nyamuk untuk mendekat dan terperangkap pada alat lalu mati karena dehidrasi akibat terperangkap dalam sedotan kipas yang terus menerus. Pengujian kemampuan menangkap nyamuk dilakukan dengan pengujian blangko untuk melihat peran masing – masing komponen pada alat

kemudian dilakukan pengujian untuk menangkap nyamuk pada 2 lokasi yang berbeda, yaitu Pengujian di dalam Rumah (cuaca cerah) dan Pengujian di Teras Rumah (cuaca hujan).

4.2.1 Pengaruh Proses Fotokatalisis

Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat peran fotokatalisis pada alat ini. Pengujian ini merupakan uji blangko 1 yang dapat memperjelas peran komponen fotokatalis dan lampu UV dalam hal menangkap nyamuk. Pengujian dilakukan dengan keadaan lampu UV menyala dan kipas/*fan* dalam keadaan mati. Sedangkan untuk panel dilakukan variasi panel yang *dicoating* dan panel yang tidak *dicoating*. Pengujian dilakukan dalam 2 hari pada tempat yang sama. Pengujian dimulai pada Pkl. 19.00 hingga Pkl. 07.00 keesokan harinya. Berikut ditampilkan gambar yang menunjukkan grafik jumlah nyamuk hasil pengujian blangko 1.



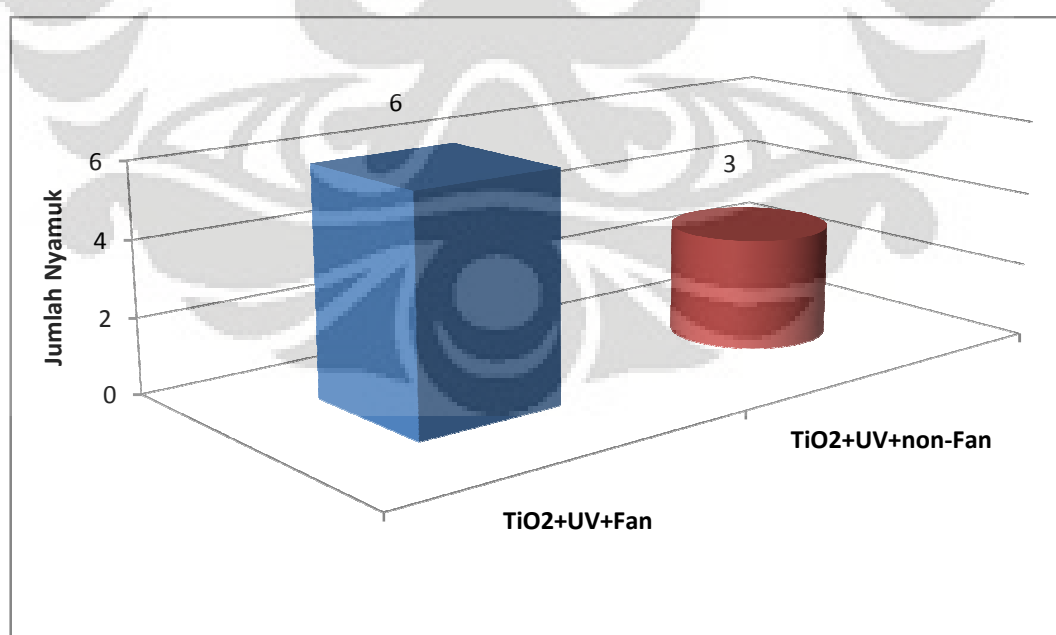
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Blangko 1

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 4.3, maka selama pengujian untuk variasi non-TiO₂+UV+non-*Fan* tidak ada nyamuk yang terperangkap dan mati. Sedangkan hasil pengujian untuk variasi TiO₂+UV+non-*Fan* diperoleh nyamuk 3 ekor yang terperangkap dan mati. Hal ini jelas menunjukkan bahwa fotokatalis yang teraktivasi dengan adanya energy foton dari

lampu UV menghasilkan reaksi proses fotokatalisis mampu memikat dan mengkonsentrasikan nyamuk untuk datang dan terperangkap dalam alat. Lampu UV yang dinyalakan dengan panel yang tidak dicoating pada dasarnya mampu memikat nyamuk namun tidak terlalu aktif untuk mengkonsentrasikan nyamuk – nyamuk tersebut. Hal ini disebabkan pada saat pengujian terdapat nyamuk yang mendekat namun tidak masuk ke dalam alat. Pengujian ini dilakukan pada range waktu yang sama sehingga pengujian ini mampu menunjukkan peran fotokatalisis dalam memikat nyamuk untuk mendekat pada alat.

4.2.2 Pengaruh Kipas/*Fan*

Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat peran kipas/*fan* pada alat ini. Pengujian ini merupakan uji blangko 2 yang dapat memperjelas peran komponen kipas/*fan* dalam hal menangkap nyamuk. Pengujian dilakukan dengan keadaan lampu UV menyala dan panel yang digunakan adalah yang *dicoating*. Sedangkan untuk kipas/*fan* dilakukan variasi dengan menyalakan dan mematikan kipas/*fan*. Pengujian dilakukan dalam 2 hari pada tempat yang sama. Pengujian dimulai pada Pkl. 19.00 hingga Pkl. 07.00 keesokan harinya. Berikut ditampilkan gambar yang menunjukkan grafik jumlah nyamuk hasil pengujian blangko 2.

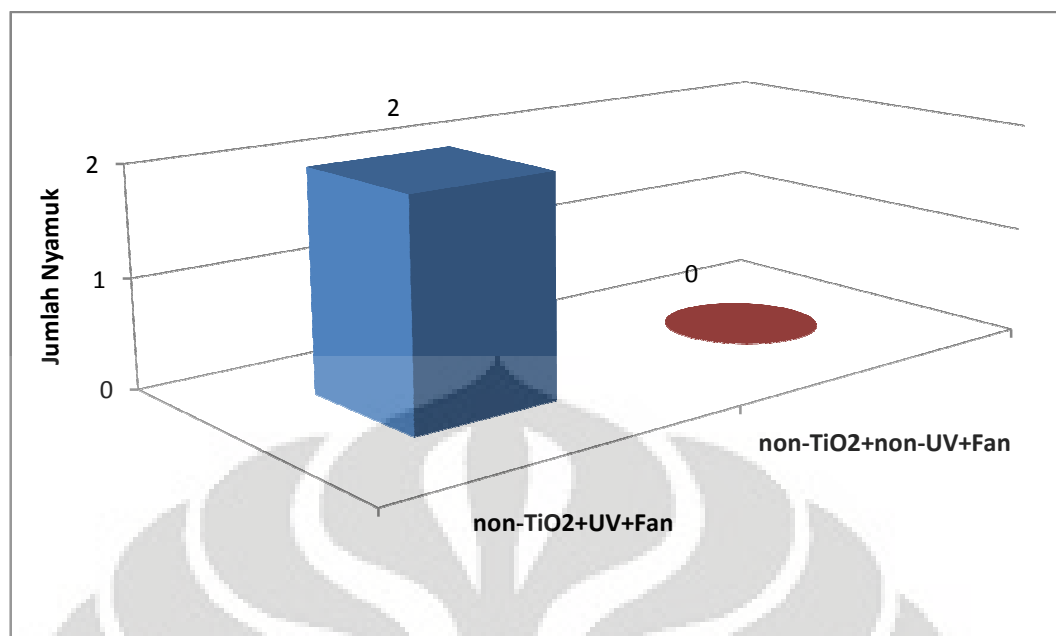


Gambar 4.4 Hasil Pengujian Blangko 2

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 4.4, maka selama pengujian untuk variasi $TiO_2+UV+non-Fan$ ada 3 ekor nyamuk yang terperangkap dan mati. Sedangkan hasil pengujian untuk variasi $TiO_2+UV+Fan$ diperoleh nyamuk 6 ekor yang terperangkap dan mati. Hal ini jelas menunjukkan bahwa fotokatalis yang teraktivasi dengan adanya energy foton dari lampu UV menghasilkan proses fotokatalisis mampu memikat dan mengkonsentrasikan nyamuk untuk datang dan terperangkap dalam alat, namun dengan adanya kipas/*fan* yang menyala mampu menarik udara ke bagian bawah kemudian menyedot nyamuk untuk masuk ke dalam alat, terperangkap dan mati karena dehidrasi. Dengan adanya peranan kipas/*fan* pada alat ini jelas sangat berpengaruh pada jumlah nyamuk yang dapat terperangkap dan mati pada alat ini. Hal ini disebabkan pada saat pengujian nyamuk yang diperoleh ketika menyalakan kipas lebih banyak (2 kali) dari hasil yang tidak menyalakan kipas/*fan*. Pengujian ini dilakukan pada range waktu yang sama sehingga pengujian ini mampu menunjukkan peran kipas/*fan* dalam memikat nyamuk untuk mendekat dan terperangkap pada alat.

4.2.3 Pengaruh Lampu UV

Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat peran lampu UV pada alat ini. Pengujian ini merupakan uji blangko 3 yang dapat memperjelas peran komponen lampu UV dan kipas/*fan* dalam hal menangkap nyamuk. Pengujian dilakukan dengan keadaan panel tidak *dicoating* dan kipas/*fan* dalam keadaan menyala. Sedangkan untuk lampu UV dilakukan variasi dengan menyalakan lampu UV dan mematikan lampu UV. Pengujian dilakukan dalam 2 hari pada tempat yang sama. Pengujian dimulai pada Pkl. 19.00 hingga Pkl. 07.00 keesokan harinya. Berikut ditampilkan gambar yang menunjukkan grafik jumlah nyamuk hasil pengujian blangko 3.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Blangko 3

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 4.5, maka selama pengujian untuk variasi non-TiO₂+UV+*Fan* diperoleh 2 nyamuk yang terperangkap dan mati karena dehidrasi. Sedangkan hasil pengujian untuk variasi non-TiO₂+non-UV+*Fan* tidak diperoleh nyamuk yang terperangkap. Hal ini menunjukkan bahwa lampu UV juga mampu memikat nyamuk untuk datang, namun peran lampu UV ini terlebih mendapat dukungan dari kipas/*fan* yang mampu menarik udara ke bagian bawah kemudian menyedot nyamuk untuk masuk ke dalam alat, terperangkap dan mati karena dehidrasi. Lampu UV yang dinyalakan dengan panel yang tidak dicoating pada dasarnya mampu memikat nyamuk namun tidak terlalu aktif untuk mengkonsentrasikan nyamuk – nyamuk tersebut. Keadaan ini didukung dengan daya sedot kipas/*fan* yang mampu menyedot nyamuk hingga terperangkap dan mati karena dehidrasi. Pengujian ini dilakukan pada range waktu yang sama sehingga pengujian ini mampu menunjukkan peran lampu UV dan kipas/*fan* dalam memikat nyamuk untuk mendekat dan terperangkap pada alat.

4.2.4 Pengujian Kinerja Alat Untuk Menangkap Nyamuk

Berdasarkan ketiga pengujian blangko yang telah dilakukan, baik panel berlapis fotokatalis, lampu UV, dan kipas/*fan* memiliki peran yang saling

mendukung. Jika fotokatalis dan lampu UV berperan untuk mengkonsentrasikan nyamuk agar mendekat, maka kipas berfungsi untuk memerangkap nyamuk tersebut dengan cara menyedot nyamuk yang mendekat ke alat bersama dengan aliran udara. Nyamuk kemudian mati dehidrasi karena tidak bisa keluar dari putaran kipas. Ringkasan peran masing-masing komponen utama di alat dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komponen Utama Alat dan Perannya

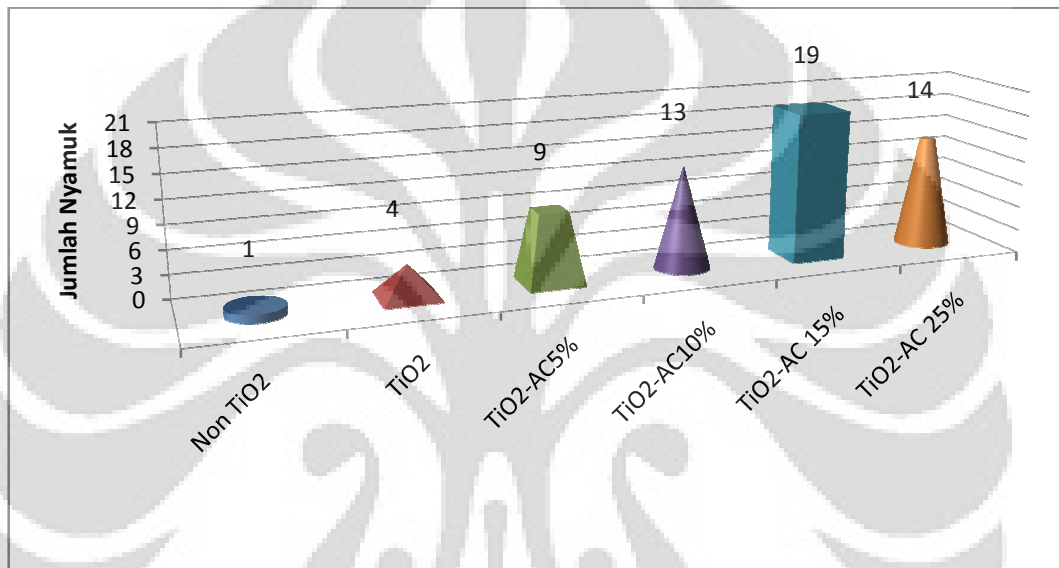
Komponen	Peran
Panel	Untuk menempatkan fotokatalis
Lampu UV	Sebagai sumber foton agar terjadi reaksi fotokatalisis di panel
Panel + Lampu UV	Untuk mengkonsentrasikan nyamuk agar mendekat ke alat
Kipas	Untuk merangkap nyamuk dengan cara menarik nyamuk yang mendekat ke alat serta membuat nyamuk mati karena terdehidrasi

Pengujian selanjutnya yang dilakukan bertujuan untuk membandingkan efektifitas komposisi fotokatalis – adsorben pada panel aluminium yang digunakan dalam menangkap nyamuk. Perbandingan efektifitas alat dalam menangkap nyamuk dilakukan dengan cara melakukan pengujian pada setiap variasi komposisi fotokatalis – adsorben, kemudian dibandingkan seberapa banyak jumlah nyamuk yang tertangkap pada tiap variasi komposisi fotokatalis – adsorben. Pengujian ini dilakukan pada 2 tempat yang berbeda, dimana masing – masing tempat dilakukan pengujian untuk keenam variasi fotokatalis – adsorben tersebut.

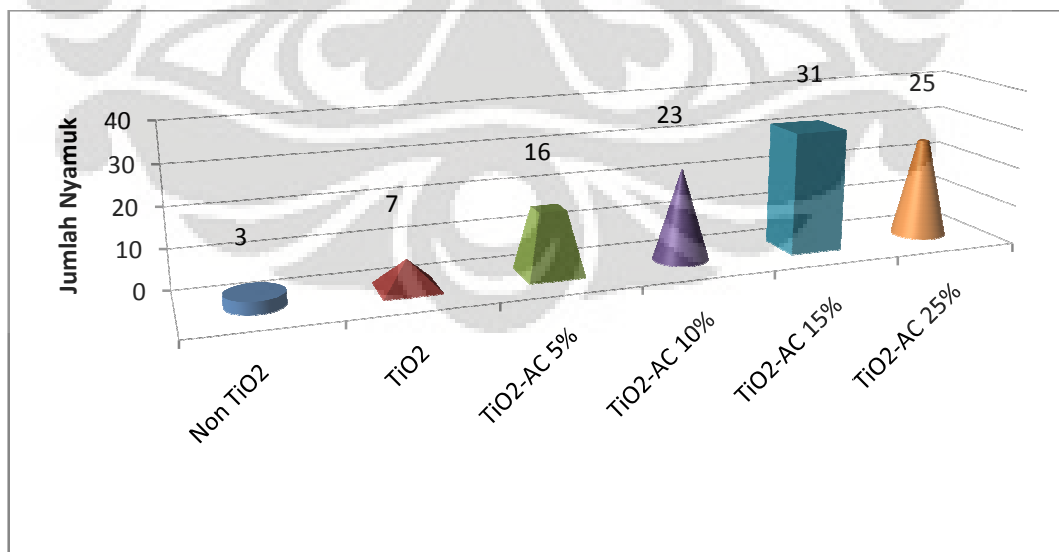
Tempat pengujian yang pertama adalah di dalam rumah dan tempat pengujian yang kedua adalah di Teras Rumah. Pengujian di dalam rumah berlangsung pada saat cuaca cerah sedangkan pada pengujian di teras rumah berlangsung pada saat cuaca hujan. Hal ini berlangsung seragam untuk setiap variasi komposisi fotokatalis – adsorben. Pengujian dilakukan 1 kali untuk setiap jenis variasi, dimana pengujian dilakukan pada setiap hari yang berbeda untuk

setiap variasi dengan kondisi yang sama dimulai pada Pkl.18.00 WIB sampai dengan Pkl.06.00 WIB.

Hasil dari pengujian di dalam rumah dan di teras rumah ditunjukkan dengan plot grafik untuk melihat perbandingan efektifitas komposisi fotokatalis – adsorben yang digunakan untuk menangkap nyamuk pada kedua tempat pengujian. Jumlah nyamuk yang diperoleh ditunjukkan pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Berikut adalah Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 yang menunjukkan grafik hasil pengujian kemampuan alat untuk menangkap nyamuk.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian di Dalam Rumah (Cuaca Cerah)



Gambar 4.7 Hasil Pengujian di Teras Rumah (Cuaca Hujan)

Berdasarkan Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 yang ditunjukkan diatas, dapat terlihat bahwa efektifitas alat untuk mampu menangkap nyamuk dengan jumlah terbanyak adalah panel dengan komposisi fotokatalis – adsorben dimana TiO_2 85% berat dan Karbon Aktif 15% berat. Efektifitas kinerja dari komposisi fotokatalis – adsorben ditunjukkan pada 2 kali pengujian pada tempat yang berbeda yaitu pada pengujian di dalam rumah dan pengujian di teras rumah. Jumlah nyamuk yang diperoleh dengan panel TiO_2 – AC 15% (yang hasilnya paling optimum dan efektif) untuk pengujian di dalam rumah adalah 19 ekor nyamuk, sedangkan untuk pengujian di teras rumah adalah 31 ekor nyamuk. Hal ini terlihat juga pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 bahwa panel TiO_2 – AC 15% (AC = Activated Carbon) memang yang paling optimum dan efektif untuk menangkap nyamuk dibandingkan variasi komposisi fotokatalis – adsorben yang lain (non-coating, TiO_2 , TiO_2 -AC 5% berat, TiO_2 -AC 10% berat, dan TiO_2 -AC 25% berat), sehingga dapat dikatakan bahwa alat perangkap nyamuk yang menggunakan panel dengan komposisi TiO_2 85% berat dan AC 15% berat adalah yang paling efektif untuk menangkap nyamuk.

Dari keseluruhan hasil pengujian dapat ditunjukkan bahwa variasi komposisi fotokatalis – adsorben yang paling efektif adalah TiO_2 – AC 15%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan proses fotokatalisis jelas akan lebih efektif dalam menangkap nyamuk terutama dengan komposisi 15% berat karbon aktif dalam TiO_2 yang dapat dianalisa melalui mekanisme fotokatalisis.

Cahaya UV-A, dengan panjang gelombang 365 nm, akan mengaktifkan TiO_2 dengan cara menyediakan energi yang dibutuhkan elektron untuk tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Elektron (e^-) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif (*hole*⁺, disingkat sebagai h^+) pada pita valensi. Peristiwa ini disebut eksitasi. Namun, sebagian besar pasangan e^- dan h^+ ini akan berekombinasi kembali, baik di permukaan partikel atau didalam *bulk* partikel. Peristiwa rekombinasi ini mendominasi di dalam mekanisme fotokatalisis (Gunlazuardi, 2001). Nyamuk yang mendekat ke alat ini dapat disebabkan oleh energi panas yang dihasilkan oleh adanya proses rekombinasi. Energi panas ataupun cahaya yang ini merupakan penarik nyamuk karena menyerupai energi panas yang dihasilkan oleh tubuh manusia.

Elektron pada pita valensi yang berhasil berpindah ke pita konduksi akan meninggalkan lubang di pita konduksi. Lubang yang terbentuk ini akan bereaksi dengan uap air di udara membentuk radikal hidroksil ($\cdot OH$), sedangkan elektron akan bereaksi dengan molekul oksigen membentuk radikal anion supeoksida ($\cdot O_2^-$) (Vohra et al., 2006). Jika terdapat spesi organik di suatu ruangan tempat alat diletakkan maka radikal-radikal sangat reaktif yang terbentuk akan bekerja sama dalam mengoksidasi secara sempurna spesi organik (Vohra et al., 2006). Fotokatalisis mampu mendegradasi berbagai polutan udara ruang dalam ruangan menjadi karbondioksida dan air (Furman et al., 2007). Produk karbondioksida yang dihasilkan dari fotokatalisis akan menjadi daya tarik bagi nyamuk untuk mendekat ke alat (Reeves, 1953 ; Wu, 2000). Baik panas yang dihasilkan dari peristiwa rekombinasi maupun karbondioksida yang dihasilkan jika ada senyawa organik yang didegradasi akan menjadi penarik nyamuk untuk mendekati alat ini.

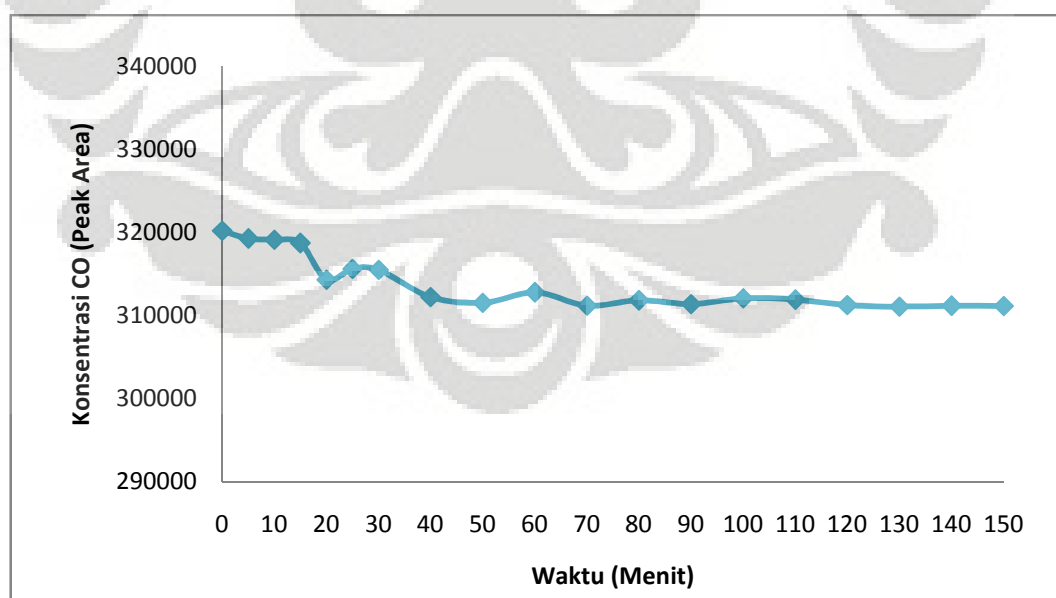
Pada waktu pengujian selama 12 jam nyamuk juga tertarik ke dalam prototipe alat yang tidak dilapisi fotokatalis dan lampu UV-nya tetap menyala. Ketertarikan nyamuk ke prototipe alat disebabkan oleh panas yang dihasilkan oleh lampu UV setelah lama dinyalakan sehingga nyamuk terkelabui dan masuk ke dalam perangkap. Jumlah nyamuk yang terperangkap dengan konfigurasi panel yang dilapisi fotokatalis (baik TiO_2 saja maupun variasi komposisi TiO_2 -AC) dan lampu UV dinyalakan terbukti jauh lebih efektif karena CO_2 yang dihasilkan oleh reaksi fotokatalis di permukaan akan menambahkan daya pikat nyamuk terhadap alat ini. Namun, variasi komposisi fotokatalis – adsorben yang paling efektif adalah dengan 15% berat karbon aktif di dalam fotokatalis TiO_2 . Hasil yang diperoleh pada pengujian untuk menangkap nyamuk ini menunjukkan hal yang sesuai dengan penelitian Arana (2003) bahwa batas komposisi optimum untuk memiliki kinerja yang baik dari TiO_2 dan Karbon Aktif adalah pada rentang karbon aktif 13% berat. Oleh karenanya, perpaduan antara fotokatalis di panel aluminium, lampu UV, dan gaya sedot kipas akan sangat efektif dalam merangkap nyamuk. Namun, satu hal yang perlu diperhatikan disini bahwa kinerja alat ini juga dipengaruhi oleh tempat alat diletakkan dan juga kondisi cuaca pada waktu itu. Jika diletakkan di tempat yang banyak nyamuk maka alat ini akan menangkap banyak nyamuk, dengan catatan kondisi cuaca juga mendukung.

4.3 Pengujian Kemampuan Mendegradasi Polutan Udara Ruang

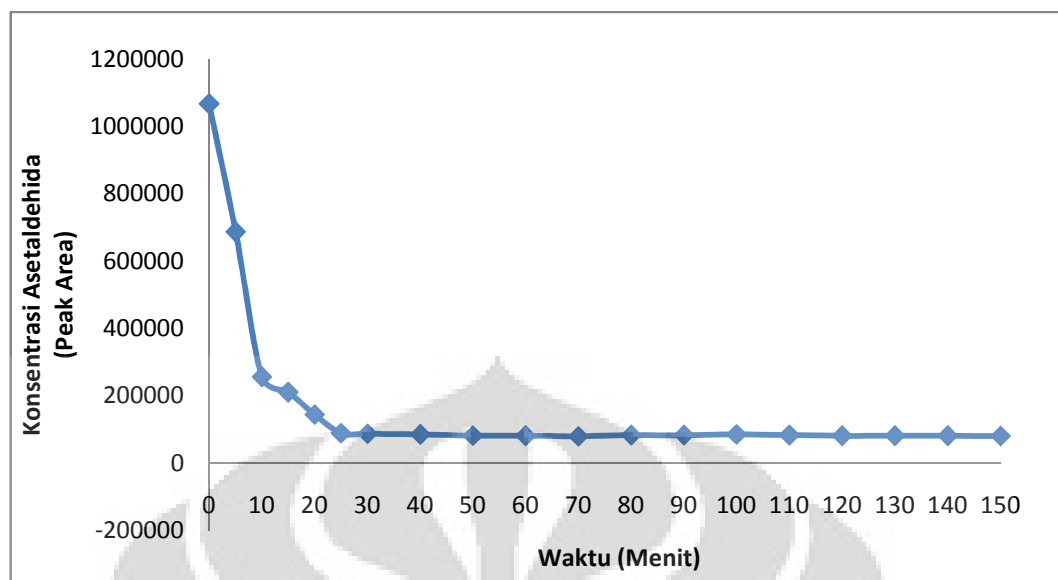
4.3.1 Pengujian Kebocoran dan Distribusi Udara Kotak Uji

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa penurunan peak area pada proses degradasi yang berlangsung saat pengujian benar – benar disebabkan oleh reaksi fotokatalisis. Proses degradasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian untuk mendegradasi CO (karbon monoksida) dan Asetaldehida. Pada kotak uji kemudian dimasukkan alat lengkap dengan panel yang berlapis TiO₂ saja tanpa ada adsorben berupa karbon aktif. Kemudian kotak uji ditutup rapat untuk menghindari adanya kebocoran.

Pada pengujian ini, digunakan polutan udara ruang CO dan Asetaldehida untuk menguji apakah kotak uji yang akan digunakan bocor atau tidak serta mengetahui distribusi udara dalam kotak uji. Untuk pengujian ini alat yang dimasukkan tidak dinyalakan baik lampu UV dan kipas/*fan*. Kemudian pada kotak uji di berikan sampel sebanyak 1 ml polutan CO dan Asetaldehida tidak dalam bersamaan. Pertama dilakukan pengujian terhadap gas CO baru kemudian dilakukan pada gas Asetaldehida. Berikut adalah Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 yang menunjukkan hasil pengujian kebocoran kotak uji menggunakan gas CO dan hasil pengujian distribusi udara kotak uji menggunakan gas Asetaldehida.



Gambar 4.8 Hasil Pengujian Kebocoran Kotak Uji Menggunakan Gas CO (Alat OFF)



Gambar 4.9 Hasil Pengujian Distribusi Udara Kotak Uji Menggunakan Gas Asetaldehida (Alat OFF)

Terlihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 bahwa saat penginjeksian baik CO maupun Asetaldehida dari $t = 0$ menit hingga $t = 30$ menit distribusi gas belum homogen. Hal ini terlihat dari grafik bahwa terjadi penurunan peak area dari $t = 0$ menit dan $t = 30$ menit. Artinya bahwa gas CO dan Asetaldehida membutuhkan waktu untuk berdistribusi di dalam kotak uji untuk mencapai tahap homogen. Baik gas CO maupun gas Asetaldehida, keduanya berdistribusi secara homogen setelah $t = 30$ menit. Hal inilah yang kemudian dapat dijadikan acuan untuk pengujian degradasi gas CO dan asetaldehida yang lain, bahwa alat dapat dinyalakan untuk memulai proses degradasi saat $t = 30$ menit karena dirasa dispersi polutan udara ruang (gas CO dan gas Asetaldehida) dianggap sudah terdistribusi merata / homogen.

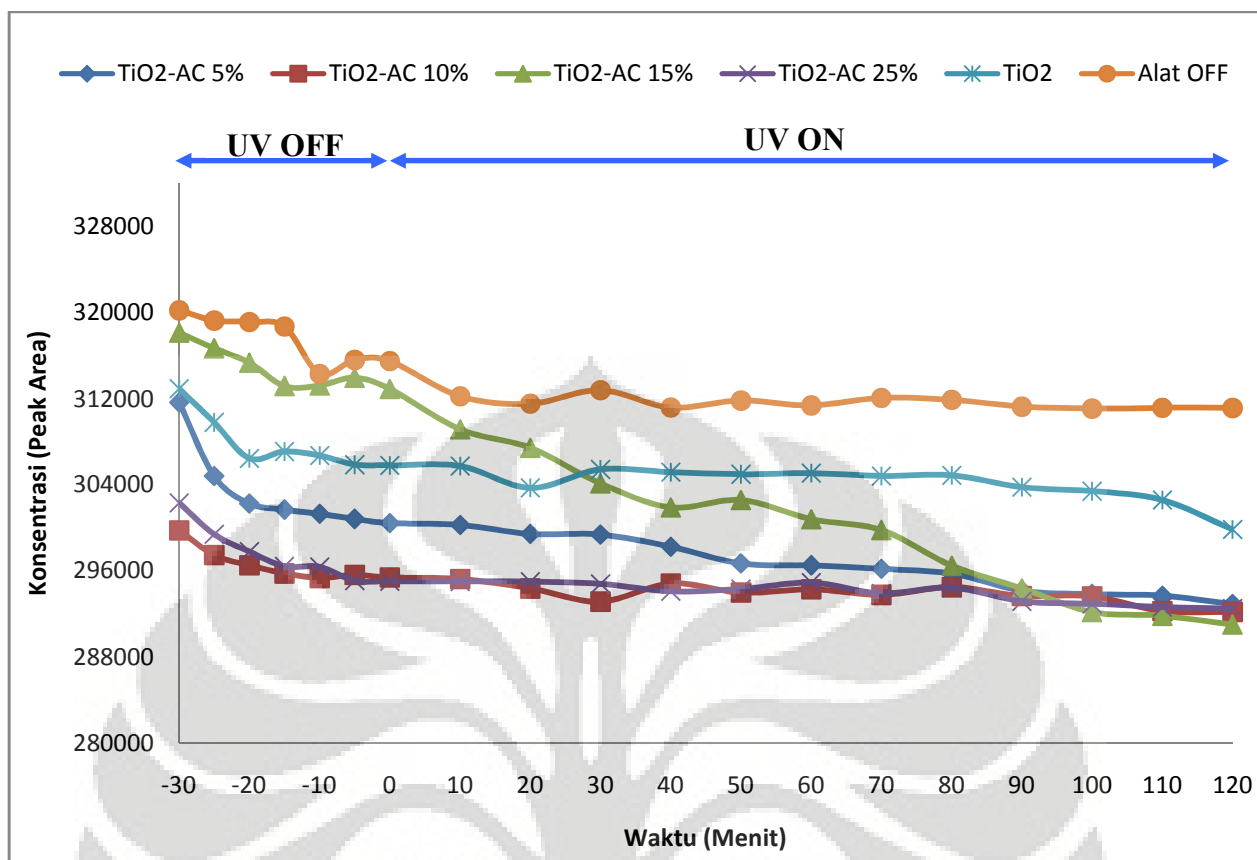
Setelah homogen, maka konsentrasi gas CO dan Asetaldehida di dalam kotak uji selama waktu pengamatan dapat dikatakan konstan. Ini berarti tanpa adanya lampu UV, proses fotokatalitik yang dapat mendegradasi polutan udara ruang tidak terjadi. Lampu UV disini berfungsi untuk mengaktifkan TiO_2 dengan cara menyediakan energi yang dibutuhkan elektron untuk tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi (Vohra et al., 2006). Selain itu, dapat disimpulkan pula bahwa reaktor tidak bocor dan siap digunakan untuk percobaan. Jadi adanya penurunan konsentrasi saat pengujian nanti maka bukan disebabkan oleh adanya kebocoran.

4.3.2 Pengujian Kemampuan Mendegradasi Gas CO (Karbon Monooksida)

Pengujian ini bertujuan untuk melihat seberapa efektif alat dalam mendegradasi gas CO serta menentukan variasi komposisi fotokatalis – adsorben mana yang lebih efektif dalam mendegradasi gas CO. Gas CO yang digunakan dalam pengujian dianggap mampu mewakili asap rokok sebenarnya karena salah satu kandungan terbesar dari rokok adalah CO. Pengujian ini akan dilakukan selama 150 menit dimana pada 30 menit pertama alat berada dalam keadaan mati (kipas/*fan* dan lampu UV tidak menyala) dengan tujuan menunggu agar gas CO yang digunakan telah terdistribusi secara merata di dalam kotak uji dan alat. Jadi waktu pengujian kemampuan mendegradasi gas CO hanya dalam selang waktu 120 menit.

Gas CO yang digunakan sebagai polutan udara ruang untuk pengujian kemampuan degradasi, diambil dari *sampling tube* sebanyak 1 ml menggunakan syringe. Gas CO yang berjumlah 1 ml tersebut kemudian di masukkan ke dalam kotak uji yang di dalamnya sudah tersedia alat dengan variasi panel komposisi fotokatalis – adsorben tertentu. Gambar 4.10 berikut menunjukkan hasil dari pengujian kemampuan mendegradasi gas CO, dimana digunakan 5 variasi panel (komposisi fotokatalis – adsorben yang berbeda - beda) serta 1 kondisi dimana alat dalam keadaan mati (OFF) sebagai pembanding yang mampu menunjukkan efektifitas alat dalam mendegradasi.

Pada Gambar 4.10 terlihat bahwa selama 30 menit pertama ($t = -30$ menit hingga $t = 0$ menit) adalah proses pendistribusian gas CO hingga homogen/merata. Kemudian ditunjukkan bahwa pada $t = 0$ menit menandakan bahwa pada saat itu alat dinyalakan (lampu UV dan kipas/*fan* menyala) dimana proses degradasi menggunakan proses fotokatalisis dimulai. Pada gambar diatas terlihat bahwa 5 variasi panel (komposisi fotokatalis – adsorben yang berbeda – beda, yaitu TiO_2 , $\text{TiO}_2 - \text{AC}$ 5% berat, $\text{TiO}_2 - \text{AC}$ 10% berat, $\text{TiO}_2 - \text{AC}$ 15% berat, dan $\text{TiO}_2 - \text{AC}$ 25% berat) berhasil mendegradasi Gas CO, hal ini ditunjukkan bahwa setiap variasi mengalami penurunan peak area yang berarti menunjukkan bahwa jumlah gas CO yang ada dalam alat sudah berkurang.

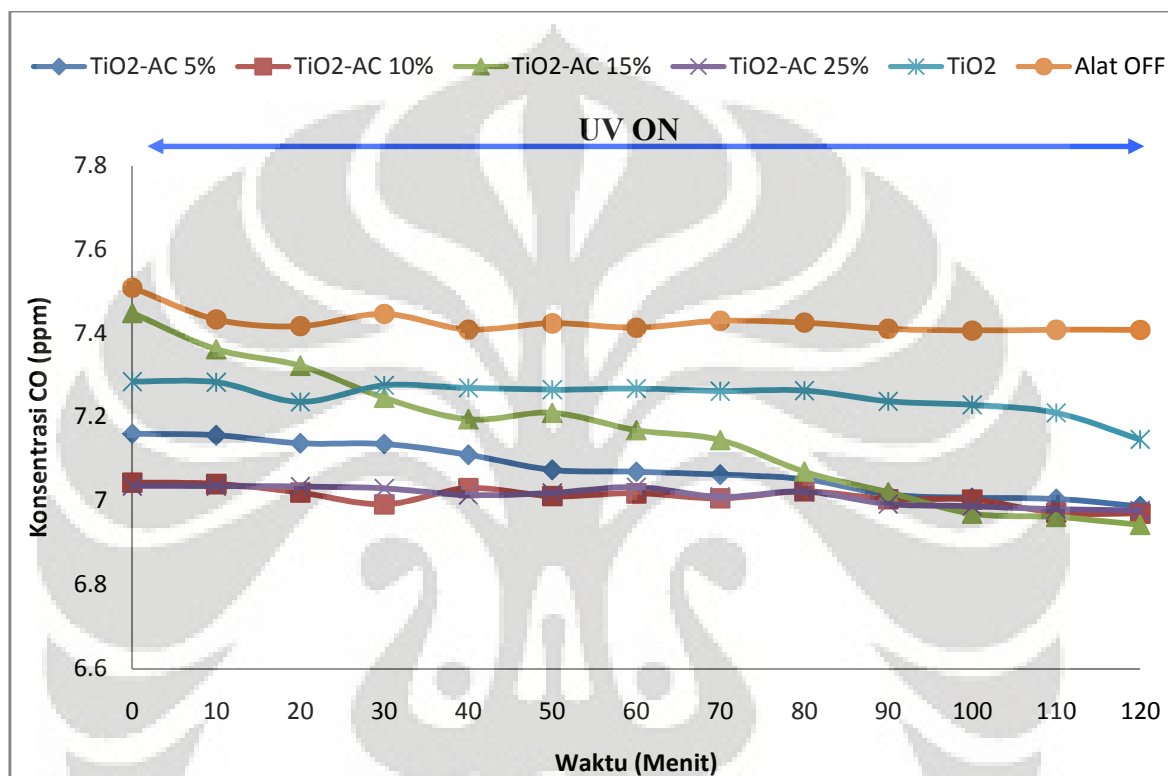


Gambar 4.10 Hasil Pengujian Kemampuan untuk Mendegradasi Gas CO

Pada Gambar 4.10 telah ditunjukkan kemampuan fotokatalisis dalam mendegradasi gas CO. Hal ini didukung dengan adanya penurunan tingkat peak area pada penggunaan 5 variasi komposisi fotokatalis – adsorben yang menandakan berkurangnya jumlah gas CO akibat proses fotokatalisis. Keadaan yang demikian jika dibandingkan dengan grafik yang menunjukkan bahwa alat tidak dinyalakan atau dalam keadaan OFF baik lampu UV maupun kipas/*fan* (tidak terjadi proses fotokatalisis), akan terlihat bahwa grafik berada pada posisi peak area yang hampir konstan kemudian terdegradasi dengan ke-5 variasi panel tersebut menggunakan prinsip dasar fotokatalisis. Namun, untuk lebih memperjelas kemampuan dari proses pendegradasian gas CO pada tiap variasi komposisi fotokatalis – adsorben, maka akan ditunjukkan Gambar 4.11 yang menjabarkan secara terperinci variasi panel mana yang lebih optimum dalam mendegradasi gas CO dengan menggunakan tingkat penurunan konsentrasi (ppm).

Pada Gambar 4.11 terlihat bahwa variasi panel dengan komposisi TiO₂ 85% berat – AC 15% berat menunjukkan penurunan konsentrasi yang lebih tajam

dibandingkan dengan variasi panel dengan komposisi fotokatalis – adsorben lainnya. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa variasi komposisi fotokatalis – adsorben yang paling efektif adalah dengan TiO₂ – AC 15% berat. Pada alat yang menggunakan variasi panel tersebut akan lebih efektif dalam mendegradasi polutan gas CO dibandingkan dengan variasi yang lain.

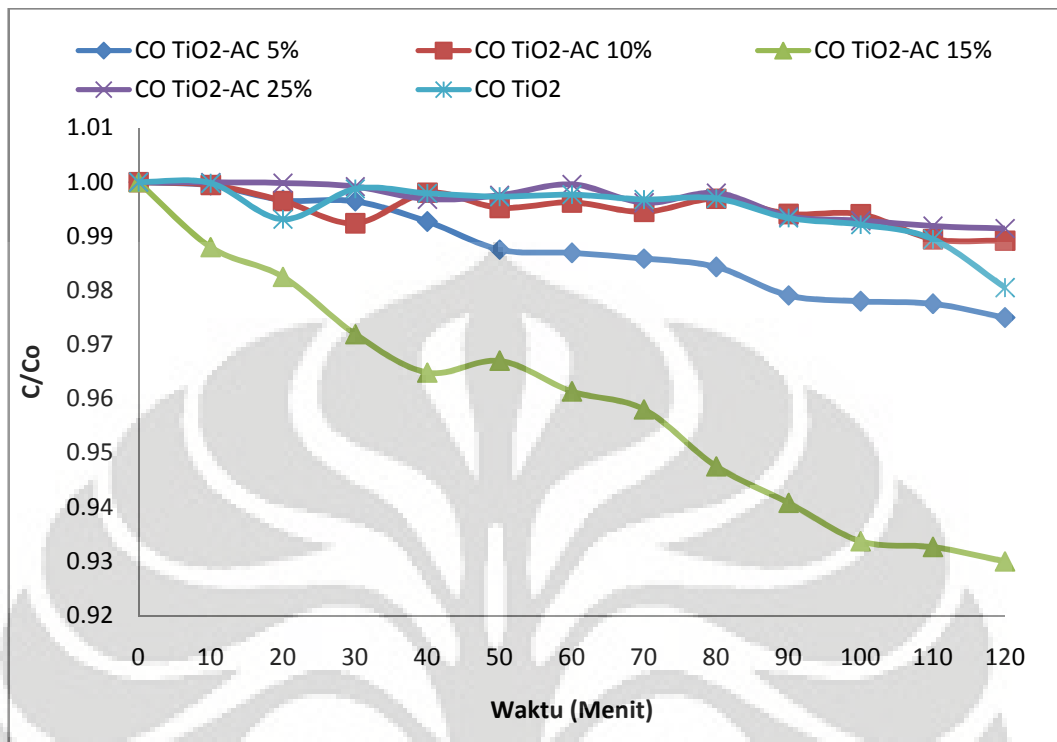


Gambar 4.11 Pengujian Kemampuan untuk Mendegradasi Gas CO dengan Variasi Komposisi Fotokatalis – Adsorben

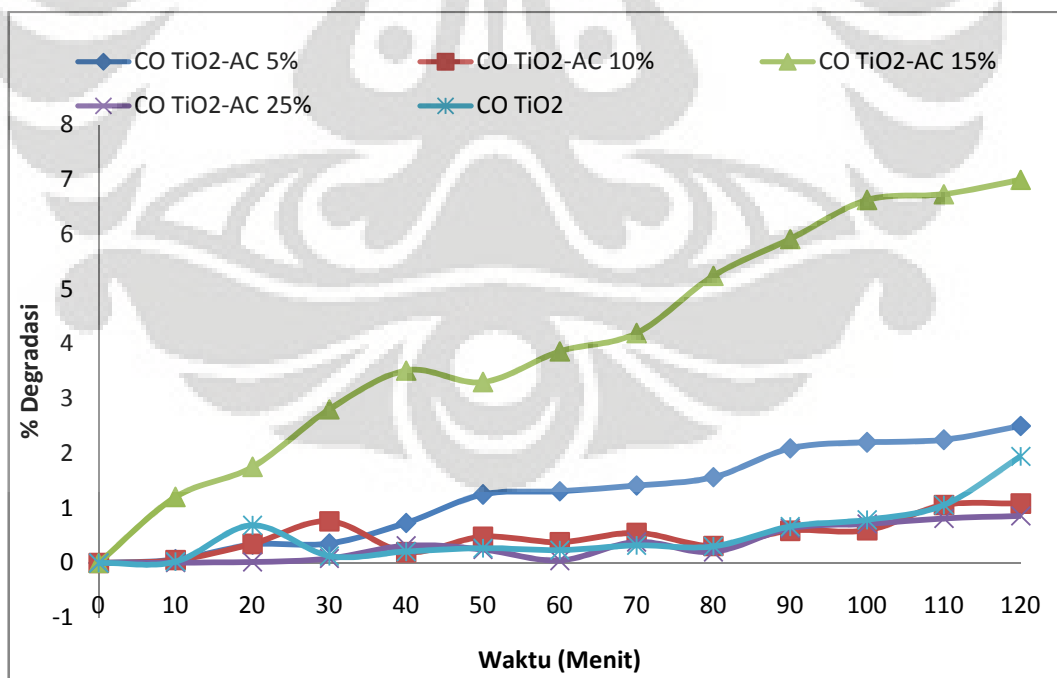
Penggunaan Karbon Aktif mencapai 15% berat dirasa paling optimum untuk variasi fotokatalis – adsorben. Berdasarkan hasil penelitian Arana (2003) persen karbon aktif optimal mencapai 13% berat untuk degradasi polutan organik, persen karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini dianggap cukup mendekati persen optimal tersebut yaitu karbon aktif 15% berat. Jika kandungan karbon aktif terlalu tinggi maka fotokatalis TiO₂ yang berfungsi sebagai tempat terjadinya degradasi polutan organik akan tertutup (Arana, 2003; Gao, 2005).

Untuk lebih memperjelas efektifitas variasi komposisi TiO₂ dan karbon aktif, maka akan ditunjukkan pula Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 yang

menunjukkan grafik perbandingan konsentrasi (C/C_0) dan % degradasi gas CO pada pengujian ini.



Gambar 4.12 Perbandingan Konsentrasi Hasil Pengujian Degradasi Gas CO



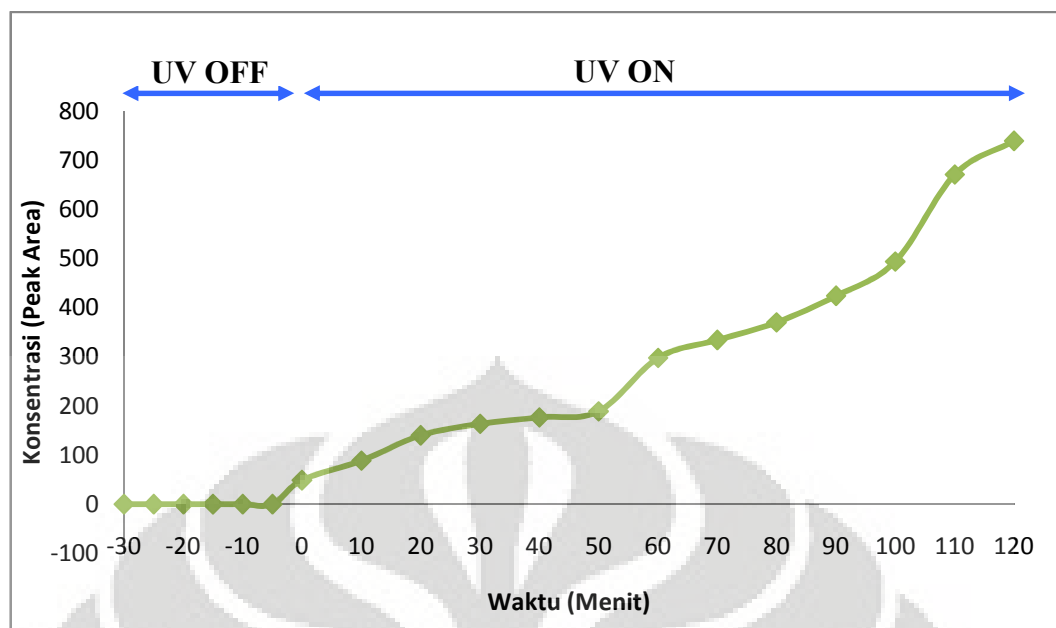
Gambar 4.13 Persentase Hasil Pengujian Degradasi Gas CO

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar diatas bahwa alat dengan variasi panel berkomposisi TiO₂ 85% berat – Karbon Aktif 15% berat merupakan variasi yang paling efektif dan optimum dalam mendegradasi polutan gas CO. Persentase degradasi dari variasi panel TiO₂ 85% berat – Karbon Aktif 15% berat adalah sekitar 7%. Besar persentase degradasi ini jauh lebih besar dibandingkan dengan variasi panel yang lain (hanya berkisar pada % degradasi = 1% s.d. 2%). Pada pengujian degradasi gas CO ini hasil yang diperoleh memang tidak terdegradasi secara signifikan (karena hanya 7 %). Namun, perlu diketahui bahwa proses fotokatalisis telah terbukti pada penelitian ini bahwa gas CO mampu di degradasi menggunakan proses fotokatalisis dan tingkat variasi komposisi fotokatalis – adsorben yang paling optimum adalah dengan menambahkan 15% berat Karbon Aktif ke dalam 85% berat TiO₂. Diduga jika lama waktu pengujian ditambah (lebih dari 120 menit) maka akan mencapai degradasi gas CO yang signifikan pula.

Proses degradasi senyawa organik dengan proses fotokatalisis merupakan proses oksidasi yang menghasilkan CO₂, Air dan senyawa mineral. Namun, pada kebanyakan proses oksidasi senyawa organik, produknya tidak selalu karbon dioksida karena mungkin saja yang terbentuk adalah senyawa intermediet dari proses oksidasi tersebut.

Pada dasarnya, proses oksidasi CO akan menghasilkan produk berupa CO₂. Keberadaan senyawa CO₂ akan membuktikan bahwa berkurangnya kandungan CO bukanlah karena alat yang bocor. Gambar 4.14 akan menunjukkan CO₂ yang terbentuk selama proses degradasi gas CO dengan menggunakan variasi panel berkomposisi TiO₂ 85% berat – Karbon Aktif 15% berat.

Terlihat pada Gambar 4.14 bahwa, pada 30 menit awal saat dimana gas CO sedang terdistribusi menuju keadaan homogen, alat berada dalam keadaan mati (lampu UV dan kipas/*fan* tidak dinyalakan) sehingga tidak terbentuk gas CO₂ yang merupakan hasil dari degradasi gas CO. Hal ini telah jelas ditunjukkan bahwa hasil CO₂ yang terbentuk tersebut adalah benar merupakan hasil degradasi gas CO menggunakan proses fotokatalisis. Pada dasarnya hasil CO₂ yang terbentuk ini relatif sedikit jumlahnya (ditunjukkan oleh peak area), hal ini juga didukung dengan tingkat % degradasi CO sendiri yang rendah.



Gambar 4.14 Produk CO₂ yang Dihasilkan dari Degradasi Gas CO pada Panel 85:15% berat

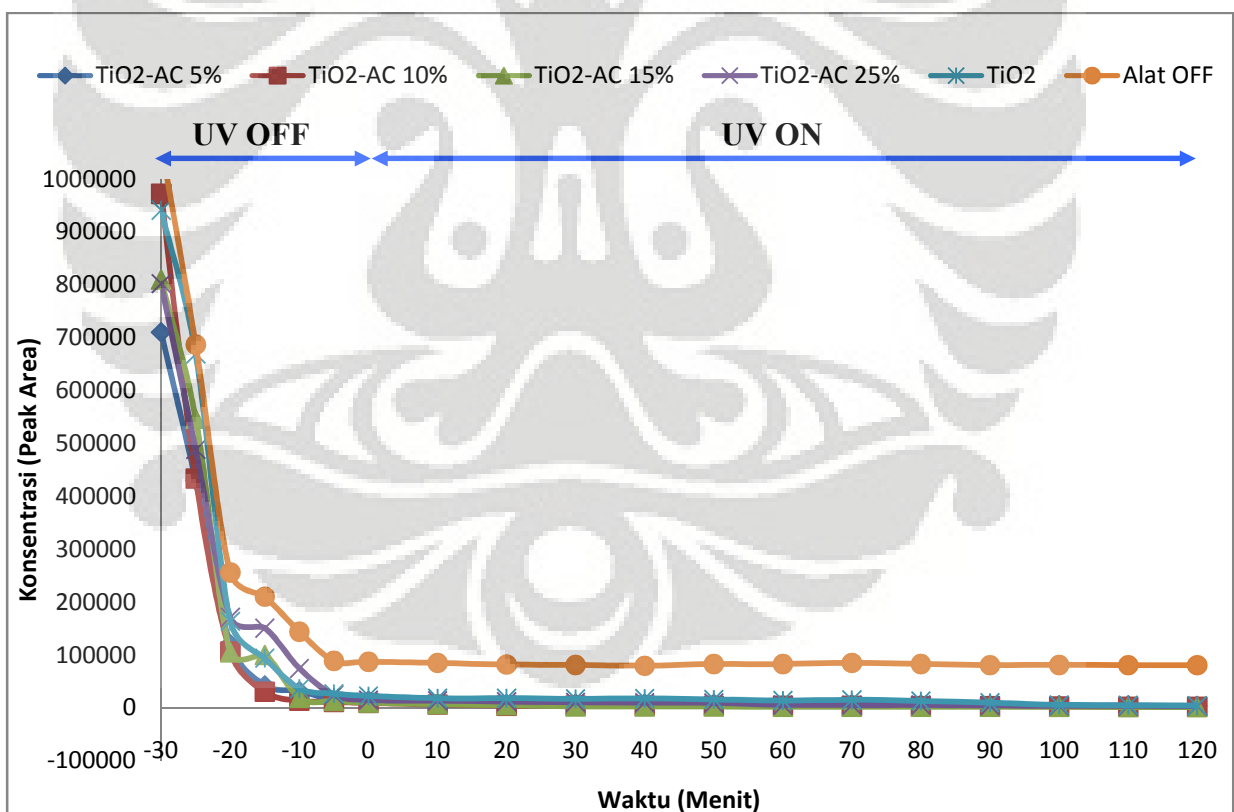
4.3.3 Pengujian Kemampuan Mendegradasi Gas Asetaldehida

Pengujian ini bertujuan untuk melihat seberapa efektif alat dalam mendegradasi gas Asetaldehida serta menentukan variasi komposisi fotokatalis – adsorben mana yang lebih efektif dalam mendegradasi gas Asetaldehida. Gas Asetaldehida yang digunakan dalam pengujian karena dianggap mampu mewakili polutan udara dalam ruang. Pengujian ini akan dilakukan selama 150 menit dimana pada 30 menit pertama alat berada dalam keadaan mati (kipas/*fan* dan lampu UV tidak menyala) dengan tujuan menunggu agar gas Asetaldehida yang digunakan telah terdistribusi secara merata di dalam kotak uji dan alat. Jadi waktu pengujian kemampuan mendegradasi gas Asetaldehida hanya dalam selang waktu 120 menit.

Gas Asetaldehida yang digunakan sebagai polutan udara ruang untuk pengujian kemampuan degradasi, diambil dari *sampling tube* sebanyak 1 ml menggunakan syringe. Gas Asetaldehida yang berjumlah 1 ml tersebut kemudian di masukkan ke dalam kotak uji yang di dalamnya sudah tersedia alat dengan variasi panel komposisi fotokatalis – adsorben tertentu. Gambar 4.15 berikut menunjukkan hasil dari pengujian kemampuan mendegradasi gas Asetaldehida, dimana digunakan 5 variasi panel (komposisi fotokatalis – adsorben yang berbeda

- beda) serta 1 kondisi dimana alat dalam keadaan mati (OFF) sebagai pembandingan yang mampu menunjukkan efektifitas alat dalam mendegradasi.

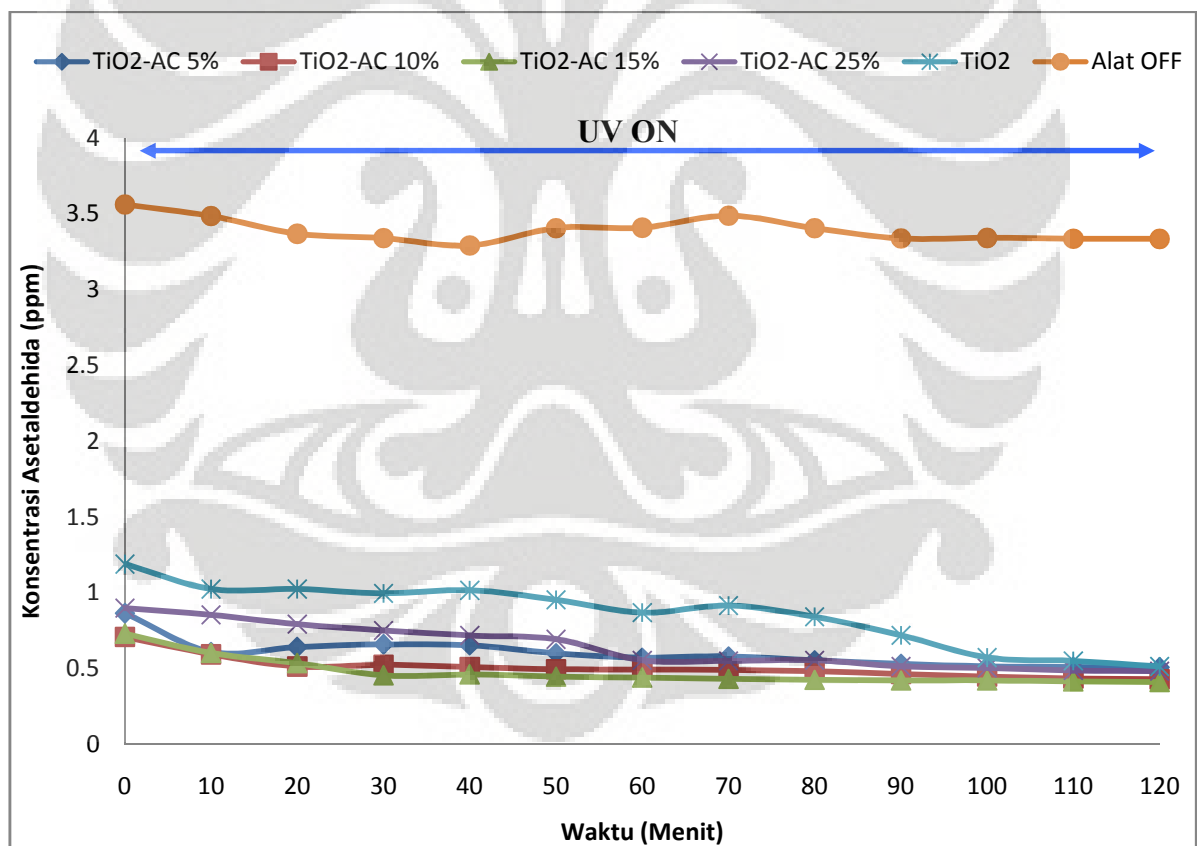
Dari Gambar 4.15 terlihat bahwa selama 30 menit pertama ($t = -30$ menit hingga $t = 0$ menit) adalah proses pendistribusian gas Asetaldehida hingga homogen/merata. Kemudian ditunjukkan bahwa pada $t = 0$ menit menandakan bahwa pada saat itu alat dinyalakan (lampu UV dan kipas/*fan* menyala) dimana proses degradasi menggunakan proses fotokatalisis dimulai. Pada gambar diatas terlihat bahwa 5 variasi panel (komposisi fotokatalis – adsorben yang berbeda – beda, yaitu TiO_2 , $\text{TiO}_2 - \text{AC}$ 5% berat, $\text{TiO}_2 - \text{AC}$ 10% berat, $\text{TiO}_2 - \text{AC}$ 15% berat, dan $\text{TiO}_2 - \text{AC}$ 25% berat) berhasil mendegradasi Gas Asetaldehida, hal ini ditunjukkan bahwa setiap variasi mengalami penurunan peak area yang berarti menunjukkan bahwa jumlah gas Asetaldehida yang ada dalam alat sudah berkurang.



Gambar 4.15 Hasil Pengujian Kemampuan untuk Mendegradasi Gas Asetaldehida

Pada Gambar 4.15 telah ditunjukkan kemampuan fotokatalisis dalam mendegradasi gas Asetaldehida. Hal ini didukung dengan adanya penurunan

tingkat peak area pada penggunaan 5 variasi komposisi fotokatalis – adsorben yang menandakan berkurangnya jumlah gas Asetaldehida akibat proses fotokatalisis. Keadaan yang demikian jika dibandingkan dengan grafik yang menunjukkan bahwa alat tidak dinyalakan atau dalam keadaan OFF baik lampu UV maupun kipas/*fan* (tidak terjadi proses fotokatalisis), akan terlihat bahwa grafik berada pada posisi peak area yang hampir konstan kemudian terdegradasi dengan ke-5 variasi panel tersebut menggunakan prinsip dasar fotokatalisis. Namun, untuk lebih memperjelas kemampuan dari proses pendegradasian gas Asetaldehida pada tiap variasi komposisi fotokatalis – adsorben, maka akan ditunjukkan Gambar 4.16 yang menjabarkan secara terperinci variasi panel mana yang lebih optimum dalam mendegradasi gas Asetaldehida dengan menggunakan tingkat penurunan konsentrasi (ppm).

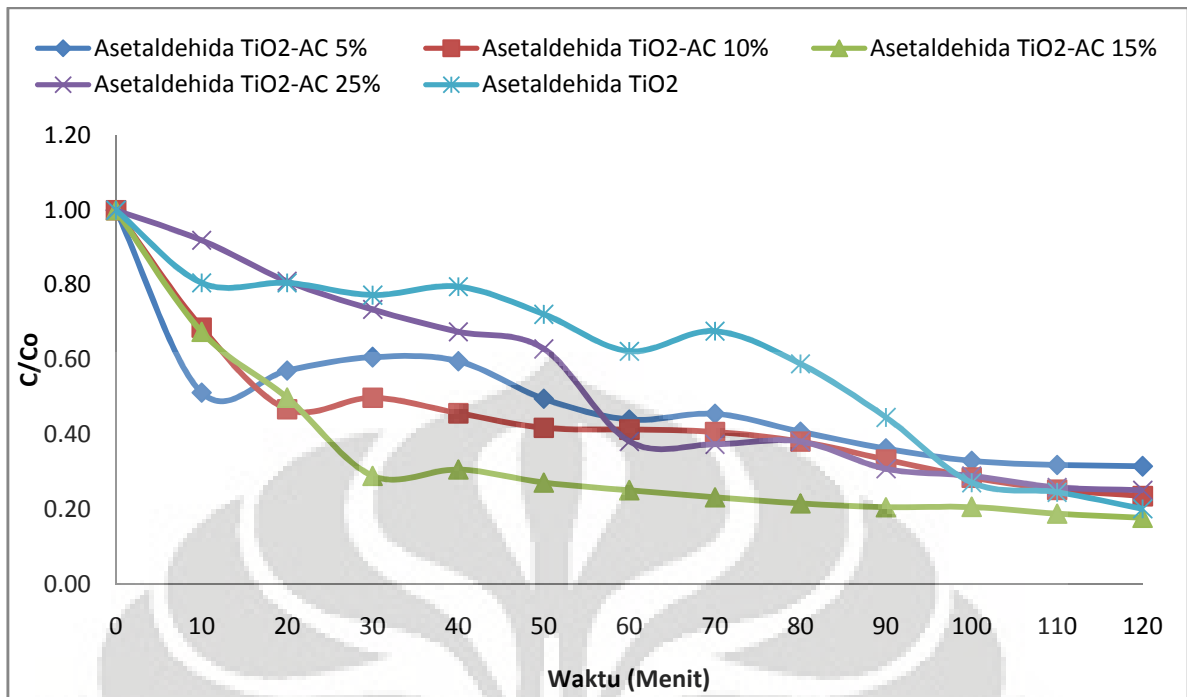


Gambar 4.16 Pengujian Kemampuan untuk Mendegradasi Gas Asetaldehida dengan Variasi Komposisi Fotokatalis – Adsorben

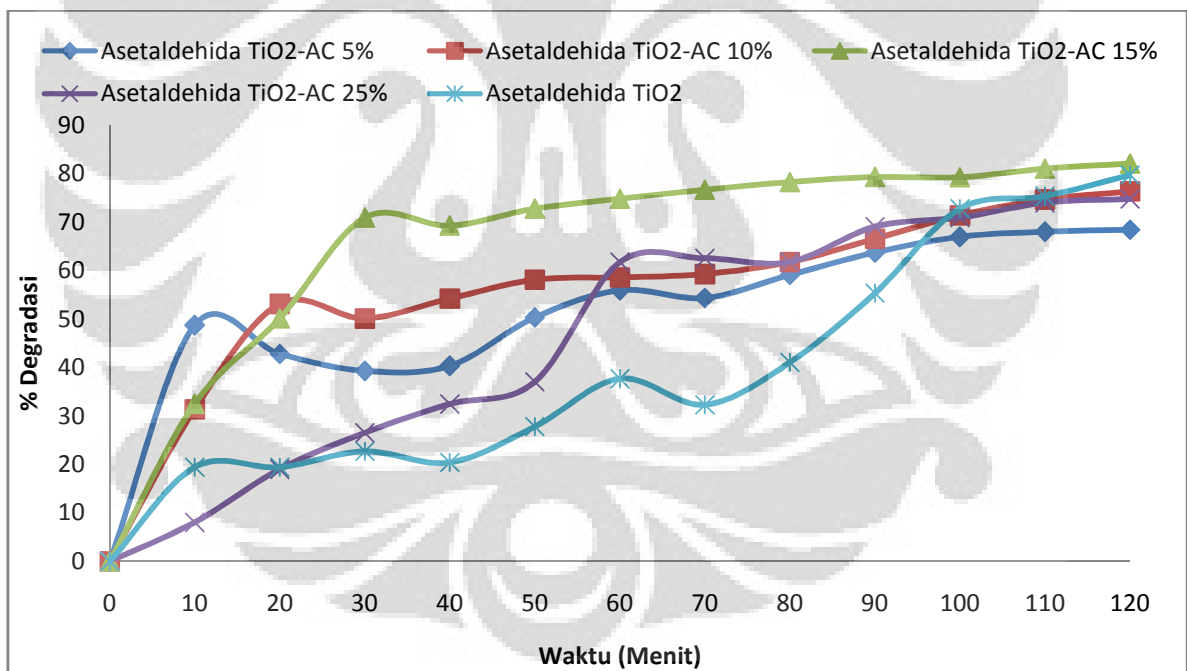
Pada Gambar 4.16 terlihat bahwa variasi panel dengan komposisi TiO_2 85% berat – AC 15% berat menunjukkan penurunan konsentrasi yang paling rendah dibandingkan dengan variasi panel dengan komposisi fotokatalis – adsorben lainnya. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa variasi komposisi fotokatalis – adsorben yang paling efektif adalah dengan TiO_2 – AC 15% berat. Pada alat yang menggunakan variasi panel TiO_2 – AC 15% berat lebih efektif dalam mendegradasi polutan gas Asetaldehida hingga 82% dibandingkan dengan variasi yang lain. Penggunaan Karbon Aktif mencapai 15% merupakan komposisi paling optimum untuk variasi fotokatalis – adsorben. Berdasarkan hasil penelitian Arana (2003) yang memperoleh persen karbon aktif optimal 13% berat untuk degradasi polutan organik, persen karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini dianggap cukup mendekati persen optimal tersebut yaitu karbon aktif 15% berat.

Untuk lebih memperjelas efektifitas variasi komposisi TiO_2 dan karbon aktif, maka akan ditunjukkan pula Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 yang menunjukkan grafik perbandingan konsentrasi (C/C_0) dan % degradasi gas Asetaldehida pada pengujian ini. Pada Gambar 4.17 dan 4.18 bahwa alat dengan variasi panel berkomposisi TiO_2 85% berat – Karbon Aktif 15% berat merupakan variasi yang paling efektif dan optimum dalam mendegradasi polutan gas Asetaldehida. Persentase degradasi dari variasi panel TiO_2 85% berat – Karbon Aktif 15% berat adalah sekitar 82%. Besar persentase degradasi ini lebih besar dibandingkan dengan variasi panel yang lain (hanya berkisar pada % degradasi = 65% s.d. 79%). Pada pengujian degradasi gas Asetaldehida ini hasil yang diperoleh terdegradasi secara signifikan (karena mencapai 82 %).

Perlu diketahui bahwa proses fotokatalisis telah terbukti pada penelitian ini bahwa gas Asetaldehida mampu didegradasi menggunakan proses fotokatalisis dan tingkat variasi komposisi fotokatalis – adsorben yang paling optimum adalah dengan menambahkan 15% berat Karbon Aktif ke dalam 85% berat TiO_2 . Diduga jika lama waktu pengujian ditambah (lebih dari 120 menit) maka akan mencapai degradasi gas Asetaldehida yang signifikan hingga konsentrasi (ppm) sama dengan nol (tidak ada asetaldehida yang tersisa).



Gambar 4.17 Perbandingan Konsentrasi Hasil Pengujian Degradasi Gas Asetaldehida



Gambar 4.18 Persentase Hasil Pengujian Degradasi Gas Asetaldehida

Proses degradasi senyawa organik dengan proses fotokatalisis merupakan proses oksidasi yang menghasilkan CO₂, air dan senyawa mineral. Namun, kebanyakan produk proses oksidasi senyawa organik tidak selalu karbon dioksida

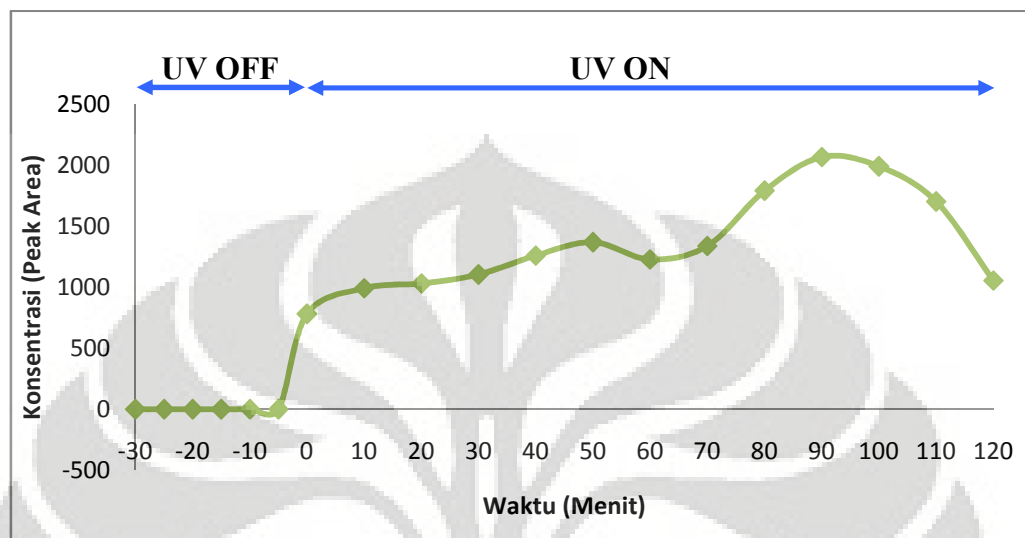
karena mungkin saja yang terbentuk adalah senyawa intermediet dari proses oksidasi tersebut.

Pada dasarnya, penambahan karbon aktif yang bersifat adsorben mampu meningkatkan konsentrasi senyawa yang akan didegradasi pada sekitar ruang TiO₂ dengan cara meningkatkan kemampuan adsorpsi katalis, sehingga dapat meningkatkan laju kinetika reaksi fotokatalitik (Matsuoka dan Anpo, 2003; Takeda et al., 1995; Torimoto et al., 1996; Yoneyama dan Torimoto, 2000).

Dalam proses degradasi asetaldehida tidak langsung membentuk produk akhir, melainkan membentuk senyawa antara atau *intermediates* berupa asam asetat dan asam formiat (Hu et al., 2006; Nishijima et al., 2007). Pada waktu penyalaan lampu UV yang sangat singkat ke permukaan fotokatalis TiO₂, maka kemungkinan senyawa *intermediates* ini akan tetap ada. Dari referensi yang diperoleh, kemampuan degradasi asetaldehida akan semakin berkurang seiring dengan berjalannya waktu adsorpsi *intermediate* (seperti asam asetat) pada sisi aktif katalis (Hai et al., 2007; Hu et al., 2006; Sano et al., 2004; Obuchi et al., 1999). Laju pembentukan CO₂ yang dihasilkan oleh oksidasi asam formiat akan berbeda dengan CO₂ yang dihasilkan oleh oksidasi asam asetat (Nishijima et al., 2007). Selain itu, penurunan degradasi asetaldehida mungkin juga disebabkan oleh adsorpsi kompetitif antara uap air dan asetaldehida sehingga menyebabkan jumlah asetaldehida yang teradsorpsi menjadi menurun. Hal ini mungkin terjadi karena udara terpolusi seringkali mengandung uap air (Sano et al., 2004)

Terlihat pada Gambar 4.19 bahwa, pada 30 menit awal saat dimana gas asetaldehida sedang terdistribusi menuju keadaan homogen, alat berada dalam keadaan mati (lampu UV dan kipas/*fan* tidak dinyalakan) sehingga tidak terbentuk senyawa antara atau *intermediates* dari gas asetaldehida. Hal ini telah jelas ditunjukkan bahwa hasil *intermediates* dari gas asetaldehida yang terbentuk tersebut meningkat setelah adanya penyinaran lampu UV selama 120 menit dan diduga merupakan asam asetat atau asam formiat. Namun, ketika berada pada t = 90 menit (90 menit sejak lampu UV dinyalakan) terlihat bahwa jumlah senyawa antara atau *intermediates* dari degradasi gas asetaldehida mengalami penurunan. Hal ini mungkin terjadi karena sebagian senyawa antara atau *intermediates* yang menempel di permukaan katalis telah juga didegradasi menjadi CO₂ dan H₂O.

Sehingga mekanisme degradasi pada gas asetaldehida berbeda dari gas CO karena membentuk *intermediates* terlebih dahulu baru kemudian terdegradasi menghasilkan CO₂ dan H₂O.



Gambar 4.19 Produk *Intermediates* yang Dihasilkan dari Degradasi Gas Asetaldehida pada Panel 85:15% berat

Pada dasarnya, alat mampu mendegradasi gas CO dan gas asetaldehida. Namun, keadaannya gas Asetaldehida dapat terdegradasi jauh lebih signifikan dibandingkan dengan degradasi pada gas CO. Penambahan karbon aktif menunjukkan kinerja yang lebih baik untuk proses fotokatalisis dan mencapai titik optimum pada komposisi 15% berat karbon aktif ke dalam 85% berat TiO₂, untuk variasi panel yang digunakan dalam penelitian ini. Tanpa adanya karbon aktif, maka pada kondisi kelembaban yang tinggi uap air akan berkompetisi dengan tempat aktif adsorpsi TiO₂ sehingga laju degradasi menurun (Ao dan Lee, 2003). Karbon aktif pada kondisi kelembaban tinggi lebih berfungsi untuk mengurangi efek kompetisi antara polutan dan uap air dibandingkan mengurangi efek kompetisi antar polutan (Ao dan Lee, 2004). Oleh karenanya, penambahan karbon aktif sejumlah 15% berat sangatlah berperan besar pada efektifitas alat ini dalam menangkap nyamuk dan mendegradasi polutan udara ruang. Sehingga alat ini sangat cocok jika digunakan di dalam ruangan di negara berkelembaban tinggi seperti Indonesia.

Alat yang telah dibuat pada penelitian ini terbukti telah efektif sebagai perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang. Alat ini mencapai kondisi yang optimum pada variasi komposisi TiO_2 – karbon aktif dengan 85:15% berat baik untuk menangkap nyamuk dan mendegradasi polutan udara ruang. Hal ini dapat ditunjukkan pada pembahasan sebelumnya bahwa tingkat efektifitas kinerja alat meningkat dengan semakin banyaknya komposisi %berat dari karbon aktif dalam fotokatalis TiO_2 , tetapi efektifitas alat menurun pada komposisi 75:25% berat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah karbon aktif membuat aktivasi fotokatalis TiO_2 menjadi terhambat dalam proses fotokatalisis karena permukaan TiO_2 akan tertutup oleh karbon aktif.

Sinergisme fotokatalis – adsorben dapat meningkatkan efektifitas alat dalam menangkap nyamuk disebabkan CO_2 dan H_2O yang dihasilkan dari proses degradasi polutan udara ruang meningkatkan daya tarik bagi nyamuk. Jika degradasi tidak berjalan, nyamuk tetap akan tertarik untuk mendekat pada alat disebabkan panas yang dihasilkan dalam proses rekombinasi h^+ dan e^- menyerupai panas tubuh manusia khususnya dengan komposisi 85:15% berat. Hal ini juga didukung dengan keadaan degradasi polutan udara ruang yang efektif, juga terjadi pada komposisi yang sama. Adanya proses degradasi jelas mampu menambah kinerja proses fotokatalisis dalam memikat dan memerangkap nyamuk. Panas, CO_2 , dan H_2O yang dihasilkan dari proses rekombinasi ditambah dengan proses degradasi polutan udara ruang akan meningkatkan daya tarik alat bagi nyamuk untuk terperangkap terutama pada komposisi TiO_2 - karbon aktif yang paling efektif yaitu 85:15%berat.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

- Pada 2 tempat pengujian yang berbeda, perpaduan antara fotokatalis - adsorben 85:15% berat lebih efektif hingga 4 s.d. 5 kali dalam menangkap nyamuk jika dibandingkan dengan panel yang tidak ada penambahan adsorben.
- Kinerja alat perangkap nyamuk dipengaruhi oleh tempat alat diletakkan dan juga kondisi cuaca saat alat dinyalakan.
- Selain berfungsi untuk menangkap nyamuk, alat perangkap nyamuk yang dikonstruksi juga dapat berfungsi sebagai alat degradasi polutan udara ruang.
- Komposisi yang paling optimum dalam mendegradasi gas CO hingga 7% dan mendegradasi gas Asetaldehida hingga 82% pada menit ke-120 sejak penyalaan lampu UV adalah TiO₂ – AC 15%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2008). *Activated Carbon*. [Online]. Available from :
http://en.wikipedia.org/wiki/Activated_carbon. [Accessed 2 March 2009]
- Anonim. (2009). *Aedes aegypti* [Online] Available from :
http://id.wikipedia.org/wiki/Aedes_aegypti [Accessed 9 June 2009]
- Anonim. (2009). *Anopheles* [Online] Available from :
<http://id.wikipedia.org/wiki/Anopheles> [Accessed 9 June 2009]
- Anonim. (2008). *Culex quinquefasciatus* penyebar penyakit kaki gajah [Online]
 Available from : <http://kesehatankeluarga.wordpress.com/2008/09/23/culex-quinquefasciatus-penyebar-penyakit-kaki-gajah/> [Accessed 9 June 2009]
- Anonim. (2009). *Nyamuk* [Online] Available from :
<http://id.wikipedia.org/wiki/Nyamuk> [Accessed 9 June 2009]
- Anonim. (2002). *Nyamuk* [Online] Available from :
<http://www.harunyahya.com/indo/buku/menyingkap002.htm>
 [Accessed 9 June 2009]
- Allen, N.S., Edge, M., Verran, J., Stratton, J., Maltby, J., dan Bygott, C. (2008).
 Photocatalytic titania based surfaces : Environmental benefits. *Polym Degrad Stab*, 93.Pp.1632-1646.
- Amemiya, S., (2004). Three Bond Technical News. *Titanium-Oxide Photocatalyst*, pp. 1-8.
- Anpo, M., Takeuchi, M., (2003). The design and development of highly reactive titanium oxide photocatalysts operating under visible light irradiation. *J. of Catal.*, 216, 505–516.
- Ao, C.H dan Lee, S.C.(2003). Enhancement effect of TiO₂ immobilized on activated carbon filter for the photodegradation of pollutants at typical indoor air level. *Appl. Catal. B: Environ.*, 44.Pp.191-205.
- Ao, C.H., Lee, C.S., (2004) Combination effect of activated carbon with TiO₂ for the photodegradation of binary pollutants at typical indoor air level., *J. of Photochem. and Photobio.*, 161, 131-140.
- Ao, C.H. dan Lee, S.C. (2005). Indoor air purification by photocatalyst TiO₂ immobilized on an activated carbon filter installed in an air cleaner. *Chem. Eng. Sci.*, 60. Pp.103-109.

- Araña, J., Rodríguez, J.M.D., Rendón, E.T., Cabo, C.G.i., Díaz, O.G., Melián, J.A.H., Peña, J.P., Cólón, G. dan Navío, J.A.(2003).TiO₂ activation by using activated carbon as a support Part I. Surface characterisation and decantability study. *Appl. Catal. B: Environ.*, 44.Pp.161-172.
- Bazemore, R., Harrison, C., Greenberg, M., (2006). Identification of Components Responsible for the Odor of Cigar Smoker's Breath, *J. Agric. Food Chem.*, 54 497 -501.
- Bhatkhande, D.S., Pangarkar, V.G. dan Beenackers, A.A.C.M. (2001). Photocatalytic degradation for environmental applications – a review. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 77. Pp.102-116.
- Bhayu. (2008). *Nyamuk*. [Online]. Available from : <http://lifeschool.wordpress.com/2008/06/06/nyamuk/>.
[Accessed 3 April 2009]
- Barry, E.F. dan Grob, R.L. (2004). *Modern Practice of Gas Chromatography, Fourth Edition*. Massachusetts: John Wiley & Sons, Inc.
- Catherine, M.B., Falconer, J.L., (2001). Characterization of Adsorbed Species on TiO₂ after Photocatalytic Oxidation of Toluene, *J. of Catal*, 200, 21–33.
- Chang, Raymond. (1994). *Chemistry*. Ed. 5. Singapore: McGraw Hill.
- Charles, K., Magee, R.J., Won, D., Luszyk, E. (2005). Indoor Air Quality Guidelines and Standards. Final Report – CMEIAQ-II: Consortium for Material Emission and IAQ Modelling II, National Research Council, Canada [Online]. Available from: <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/rr/rr204/rr204.pdf>
[Accessed 17:06:09]
- Cho, H. dan Shi, H. (2004). *Titanium Oxide Photocatalyst*. Three Bond Technical News. vol. 62.
- Coulson, J.M. dan Richardson, J.F.(1997).*Chemical Engineering*, Vol.2. New York: Pergamon Press.
- Cristallo, G., Roncari E., Rinaldo A., Trifirò F., (2001). ”Study of anatase–rutile transition phase in monolithic catalyst V₂O₅/TiO₂ and V₂O₅–WO₃/TiO₂”, *Applied Catal. A General*, 209, 249–256.
- Deithorn, R.T. dan Mazzoni, A.F. (2006) *Activated Carbon/ What is It, How does it Work?* [Online]. Available from :

<http://www.tigg.com/ACTIVATED-CARBON/activated-carbon.html>.

[Accessed 14 April 2009]

- Do, D.D. (1996). *Chemical Engineering Science*. vol. 51. no. 17. pp. 4145-4148.
- Figuredo, J.L. dan Moljin, J.A. (1986). *Carbon and Coal Gasification Science and Technology*. Boston: Martinus Nijhoff Publishers.
- Fujishima, A., Rao, T.,N., Tryk, D.,A., Titanium Dioxide Photocatalysis, *J. of Photochm. and Photobio.*, 1-21.
- Furman, M., Corbel, S., Gall, H.L., Zahraa, O. dan Bouchy, M. (2007). Influence of the geometry of a monolithic support on the efficiency of photocatalyst for air cleaning. *Chem. Eng. Sci.*, 62. Pp. 5312-5316.
- Gao, Y. dan Liu, H. (2005). Preparation and catalytic property study of a novel kind of suspended photocatalyst of TiO₂-activated carbon immobilized on silicone rubber film. *Mater. Chem. Phys.*, 92. Pp.604-608.
- Gunlazuardi, J., (2001). Fotokatalisis pada permukaan TiO₂ : Aspek Fundamental dan Aplikasinya, Prosiding Seminar Nasional Kimia Fisika II, Jakarta.
- Hai, H. Wen-jun, X., Jian-wei, S., Ming-xia, C. dan Wen-feng, S.G.(2007). Preparations of TiO₂ film coated on foam nickel substrate by sol-gel processes and its photocatalytic activity for degradation of acetaldehyde. *J.of Environ. Sci.*, 19.Pp.80-85.
- Hu, X., Hu, C. dan Qu, J. (2006). Photocatalytic decomposition of acetaldehyde and *Escherichia coli* using NiO/SrBi₂O₄ under visible light irradiation. *Appl. Catal. B: Environ*, 69.Pp.17-23.
- Jacoby, A.W, Blake, D.M, Fennell, J.A, Boulter, J.E., Vargo, L., George, M.C., Dolberg, S.K, (1996). Heterogeneous Photocatalysis for Control of Volatile Organik Compounds in Indoor Air, *Air and Waste Manage, Assac*, 46, 891-898.
- Jones, A.P.(1999). Indoor air quality and health. *J. Atm. Environ.*, 33. Pp.4535-4564.
- Kahn, A.Y., (2003). Titanium Dioxide Coated Activated Carbon: A Regenerative Technology for Water Recofery, *Thesis*, University of Florida.

- Kopf, P., Gilbert, E., Eberle, S.H., (2000). TiO₂ photocatalytic oxidation of monochloroacetic acid and pyridine: influence of ozone, *J. of Photochem. and Photobiology A: Chemistry*, 136, 163–168.
- Linsebigler, A.L., (1995). Photocatalysis on TiO₂ surfaces : Principles, Mechanism, and Selected Results, *Chem. Rev.*, 95, 735-758.
- Litter, M.I, Navio, J.A., (1996). Photocatalytic properties of iron-doped titania semiconductors”, *J. of Photochem. and Photobiology A: Chemistry*, 98, 171–181.
- Liu, X.S., Chen, X.Y. dan Chen. X. (2007). A TiO₂/AC composite photocatalyst with high activity and easy separation prepared by a hydrothermal method. *J. Hazard. Mater.*, 143.Pp.257-263.
- Liuxie, Z., Xiulian, W., Peng, L. dan Zhixing, S. (2008). Low temperature deposition of TiO₂ thin films on polyvinyl alcohol fibers with photocatalytic and antibacterial activities. *Appl. Surf. Sci.*, 254. Pp.1771-1774.
- Lu, M.C., Chen, J.N. dan Chang, K.T.(1999). Effect of adsorbents coated with titanium dioxide on the photocatalytic degradation of propoxur. *Chemosphere*, 38.Pp.617-627.
- Ludwig, C.Y. (2004). *The Performance of Silica-Titania Composites in a Packed-Bed Reactor for Photocatalytic Degradation of Gray Water*. Thesis. University of Florida.
- Maron, S.H., Lando, J. (1974). *Fundamental of Physical Chemistry* (3rd ed). London: Macmillan Publishing Co. Inc.
- Mason T. (2007). *An Introduction to Sonochemistry*. [Online]. Available from : <http://www.sonochemistry.info/Research.htm> [Accessed 17 June 2009].
- Matsuoka, M., dan Anpo, M., (2003). Local structures, excited states, and photocatalytic reactivities of highly dispersed catalyst constructed within zeolites, *J. Photochem. and Photobiol. C: Photochem. Rev.*, 3, 225-252.
- Namiesnik, J., Gorecki, T., Kozdronzabiegala, B. dan Lukasiak, J. (1992). Indoor air-quality (IAQ), pollutants, their sources and concentration levels. *Build Environ.*, 27. Pp.339-356.
- Nishijima, K., Ohtani, B., Yan, X., Kamai, T., Chiyoya, T., Tsubota, T., Murakami, N. dan Ohno, T.(2007). Incident light dependence for

- photocatalytic degradation of acetaldehyde and acetic acid on S-doped and N-doped TiO₂ photocatalysts. *Chem. Phys.*, 339.Pp.64-72.
- Obuchi, E. Sakamoto, T. dan Nakano. K. (1999). Photocatalytic decomposition of acetaldehyde over TiO₂/SiO₂ catalyst. *Chem. Eng. Sci.*, 54.Pp.1525-1530.
- Othmer, K. (1994). *Encyclopedia of Chemical Technology*. vol. 25. 4th ed. Wiley Interscience.
- Palmisano, G., Yurdakal, S., Loddo, V., Augugliaro, V., Palmisano, L., (2008). Nanostructured Rutile TiO₂ for Selective Photocatalytic Oxidation of Aromatic Alcohols to Aldehydes in Water, *J. AM. CHEM. SOC.*, 130, 1568-1569.
- Puma, G.L., Yue, P L., (2001). The modeling of a fountain photocatalytic reactor with a parabolic profile, *Science Direct*, 721-726.
- Reeves, W.C., (1953). Quantitative Field Studies on a Carbon Dioxide Chemotropism of Mosquitoes. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2(2).Pp. 325-331.
- Ruthven, D.M. *Principles of Adsorption an Adsorption Process*. Willey-Interscience Publication.
- Sampath, S., Uchida, H., dan Yoneyama, H., (1994). Photocatalytic Degradation of Gaseous Pyridine over Zeolite-Supported Titanium Dioxide, *J. of Catal.*, 149, 189-194.
- Sano, T., Negishi, N. Takeuchi, K. dan Matsuzawa, S.(2004). *Solar Energy*, 77.Pp.543-552.
- Sartono, A., (2006). *Scanning Electron Microscopy*, Tugas Akhir Mata Kuliah Proyek Laboratorium Jurusan Fisika FMIPA-UI,
- Schweitzer, Jim. (2006). "Scanning Electron Microscope (SEM)." [Online]. Available from: <http://www.purdue.edu> [Accessed 3 May 2009]
- Slamet, Bismo, S. and Rita, A., (2007). *Modifikasi Zeolit Alam dan Karbon Aktif dengan TiO₂ serta Aplikasinya sebagai Bahan Adsorben dan Fotokatalis untuk Degradasi Polutan Organik*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing Universitas Indonesia.
- Shapiro, J.A., Jacobs, E.J., Thun, M.J., (2000). Cigar : Smoking in Men and Risk of Death From Tobacco-Related Cancers, *J. of the National Cancer Institute* 92(4), 333-337.

- Son, G.S.; Ko, S.H.; dan Lee, K.Y. (2000). *A Study of Photocatalysts*. Seoul 2000 FISITA World Automotive Congress.
- Sopyan, I. (1998). *Memurnikan Air Dengan Teknik Fotokatalisis*. Alami, vol.3. no.2.
- Sun, R.B., Xi, Z.G., Chao, F.H., Zhang, W., Zhang, H.S. dan Yang, D.F. (2007). Decomposition of low-concentration gas-phase toluene using plasma-driven photocatalyst reactor. *J. Atm. Environ.*, 41.Pp.6853-6859.
- Sussana, D. (2003). “Penentuan Kadar Nikotin dalam Asap Rokok” [Online]. Available from:
<http://repository.ui.ac.id/contents/koleksi/2/93bf4f4a70445fccb337564e61d53c88e759446c.pdf> [Accessed 9 June 2009]
- Sutarti, M., (1994), “ Zeolit Tinjauan Litelatur”, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah LIPI Jakarta
- Takeda, N., Torimoto, T., Sampath, S., Kuwabata, S., dan Yoneyama, H. (1995). Effect of inert support for titanium dioxide loading on enhancement of photodecomposition rate of gaseous propionaldehyde. *J. Phys. Chem.*, 99. Pp. 9986-9991.
- Tjahjanto, R.T., dan Gunlazuardi, J., (2001). Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ sebagai Fotokatalisis: Keterkaitan antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalisis, *Jurnal Penelitian Universitas Indonesia*, 5:2, 81-91.
- Tomovska, M., Marinkovski, M. dan Frajgar, R.(2007). *Nanotechnology-Toxicological Issues and Enviromental Safety*. Netherland: Springer.
- Torimoto, T., Ito, S., Kuwabata, S., dan Yoneyama, H .(1996). Effects of adsorbent used as supports for titanium dioxide loading on photocatalytic degradation of propyzamide. *Environ. Sci. Technol.*, 30.Pp.1275-1281.
- Vohra, A., Goswarni, D. Y., Deshpande, D. A. dan Block, S.S. (2006). Enhanced photocatalytic disinfection of indoor air. *Appl. Catal. B: Environ.*, 65. Pp.57-65.
- Waty.(n.d.). *Medical Entomology* [Online]. Available from:
http://www.geocities.com/kuliah_farm/parasitologi/insecta.doc/
[Accessed 19 April 2009].
- World Health Organization (2000). Guidelines For Air Quality. Geneva

- Wu, J.J., Yu, C.C., (2004). Aligned TiO₂ Nanorods and Nanowalls, *The J. of Physic. Chem. B*, VOLUME 108.
- Wu, C. (2000). *Mosquito Magnets - identifying skin chemicals that attract mosquitoes* [online]. Available from:
http://findarticles.com/p/articles/mi_m1200/is_/ai_62111663?tag=artBody;col1 [Accessed 13:12:08]
- Yang, R.T. (1987). *Gas separation by adsorption processes*. Stoneham: Butterworth Publisher.
- Yasumori, A., Shinoda, H., Kameshima, Y., Hayashi S., Okada, K., (2001). Photocatalytic and photoelectrochemical properties of TiO₂-based multiple layer thin film prepared by sol-gel and reactive-sputtering methods, *J. Mater. Chem.*, 11, 1253 – 1257
- Yoneyama, H. dan Torimoto, T. (2000). Titanium dioxide/adsorbent hybrid photocatalysts for photodestruction of organic substances of dilute concentrations. *Catal. Today*, 58.Pp.133-140.
- Yusim, S. (2008). Skripsi : *Rekayasa Alat Perangkap Nyamuk dan Purifikasi dalam Udara Ruang dengan Prinsip Fotokatalisis*. Depok : Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Zhao, J. dan Yang, X. (2003). Photocatalytic oxidation for indoor air purification: a literature review. *Build. Environ.*, 38. Pp.645-654.

LAMPIRAN**Lampiran 1.** Foto Pengujian Kemampuan Menangkap Nyamuk di Dalam Rumah

(a)



(b)

Lanjutan Lampiran 1



(c)



(d)

Lanjutan Lampiran 1



(e)



(f)

Lampiran 2. Foto Pengujian Kemampuan Menangkap Nyamuk di Teras Rumah



(a)



(b)

Lanjutan Lampiran 2



(c)



(d)

Lanjutan Lampiran 2



(e)



(f)

Lampiran 3. Foto *Treatment* Karbon Aktif



(a)



(b)



(c)

Lampiran 4. Data Pengujian Degradasi Gas CO

CO		TiO ₂ -AC 5%	TiO ₂ -AC 10%	TiO ₂ -AC 15%	TiO ₂ -AC 25%	TiO ₂
Waktu (menit)		Konsentrasi (Peak Area)	Konsentrasi (Peak Area)	Konsentrasi (Peak Area)	Konsentrasi (Peak Area)	Konsentrasi (Peak Area)
-30	0	311665	299784	318162	302336	312954
-25	5	304837	297490	316694	299413	309821
-20	10	302281	296528	315373	297809	306474
-15	15	301699	295777	313186	296435	307113
-10	20	301328	295361	313259	296394	306734
-5	25	300839	295633	313975	295114	305894
0	30	300456	295406	312929	295052	305826
10	40	300276	295254	309174	295037	305764
20	50	299453	294381	307452	295004	303731
30	60	299389	293162	304145	294812	305446
40	70	298264	294831	301925	294119	305194
50	80	296708	294001	302600	294328	305003
60	90	296523	294295	300827	294924	305116
70	100	296207	293782	299796	293925	304842
80	110	295744	294497	296511	294462	304899
90	120	294165	293671	294402	293184	303797
100	130	293845	293650	292184	292948	303423
110	140	293700	292287	291843	292656	302597
120	150	292938	292206	291023	292519	299870

Lampiran 5. Data Pengujian Degradasi Gas Asetaldehida

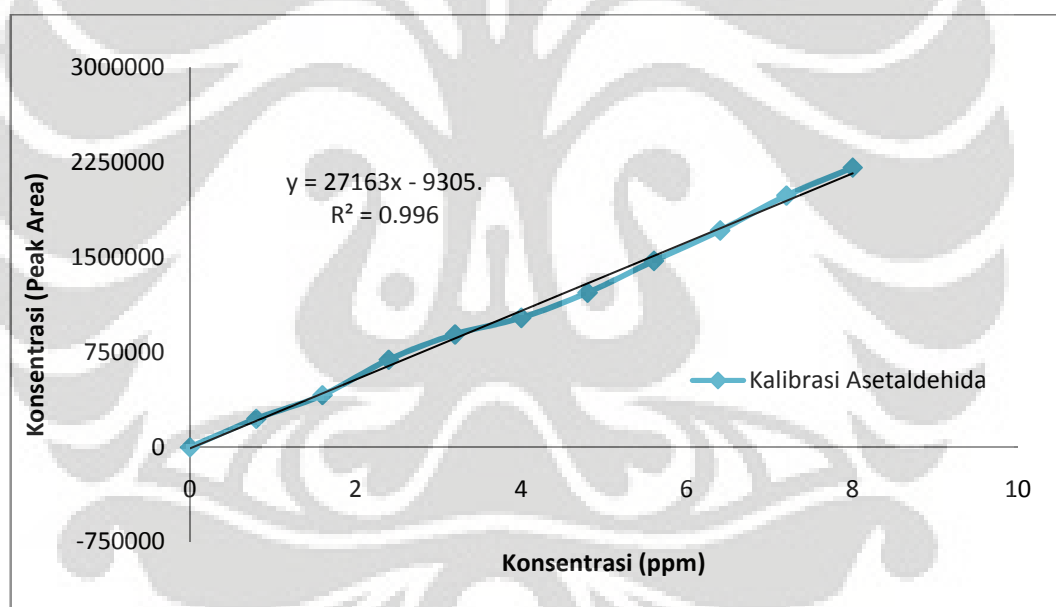
Asetaldehida		TiO ₂ -AC 5%	TiO ₂ -AC 10%	TiO ₂ -AC 15%	TiO ₂ -AC 25%	TiO ₂
Waktu (menit)		Konsentrasi (Peak Area)	Konsentrasi (Peak Area)	Konsentrasi (Peak Area)	Konsentrasi (Peak Area)	Konsentrasi (Peak Area)
-30	0	710751	972471	810676	802742	941613
-25	5	431173	433990	547417	488954	669848
-20	10	121233	106860	105385	171762	163914
-15	15	43039	30746	100600	151000	94423
-10	20	32346	14054	19087	74807	36778
-5	25	15822	11496	13088	24981	27491
0	30	14165	9946	10498	15131	22997
10	40	7260	6821	7088	13916	18525
20	50	8096	4656	5231	12254	18527
30	60	8599	4960	3048	11116	17772
40	70	8448	4549	3222	10215	18300
50	80	7029	4161	2855	9520	16594
60	90	6239	4113	2638	5781	14325
70	100	6457	4046	2441	5663	15564
80	110	5783	3797	2276	5776	13550
90	120	5133	3317	2168	4676	10260
100	130	4675	2838	2171	4388	6251
110	140	4525	2514	1983	3925	5659
120	150	4467	2345	1871	3811	4645

Lampiran 6. Data Pengujian Kebocoran dan Distribusi Udara Kotak Uji

Gas CO		Gas Asetaldehida	
Waktu (menit)	Konsentrasi (Peak Area)	Waktu (menit)	Konsentrasi (Peak Area)
0	320237	0	1067686
5	319286	5	687321
10	319159	10	256433
15	318744	15	210901
20	314339	20	144411
25	315631	25	89325
30	315524	30	87443
40	312256	40	85392
50	311559	50	82202
60	312811	60	81429
70	311211	70	80094
80	311848	80	83220
90	311404	90	83287
100	312105	100	85437
110	311918	110	83215
120	311281	120	81359
130	311099	130	81453
140	311181	140	81332
150	311162	150	81292

Lampiran 7. Data Kalibrasi Gas Asetaldehida

Volume (mL)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi (Peak Area)
0	0	0
0.1	0.8	224257
0.2	1.6	411838
0.3	2.4	691990
0.4	3.2	891819
0.5	4	1023164
0.6	4.8	1221700
0.7	5.6	1472715
0.8	6.4	1713018
0.9	7.2	1989050
1	8	2209924



Lampiran 8. Data Kalibrasi Gas CO

Volume (mL)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi (Peak Area)
0	0	0
0.1	0.8	29271
0.2	1.6	63295
0.3	2.4	92080
0.4	3.2	123624
0.5	4	153622
0.6	4.8	188421
0.7	5.6	226014
0.8	6.4	267491
0.9	7.2	304579
1	8	352277

