

Bidang Unggulan: *Material Science and Engineering*
Kode>Nama Rumpun Ilmu: 112/Kimia

**LAPORAN TAHUN TERAKHIR
PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



Pelapis Keramik dari Bentonit-TiO₂ Berkemampuan Fotokatalis;
Sintesis dan Aplikasinya dalam Pengolah Limbah Organik Cair
dan Pembuatan Ruang Steril

Tahun ke-3 dari 3 tahun

Restu Kartiko Widi, S.Si., M.Si., Ph.D (0701057301)
Arief Budhyantoro, S.Si., M.Si. (0718027302)
Dr. Emma Savitri, S.T., MSc. (0730127601)

UNIVERSITAS SURABAYA
Oktober 2016

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pelapis Keramik dari Bentonit-TiO₂ Berkemampuan Fotokatalis; Sintesis dan Aplikasinya dalam Pengolah Limbah Organik Cair dan Pembuatan Ruang Steril

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : RESTU KARTIKO WIDI S.Si., M.Si., Ph.D.
Perguruan Tinggi : Universitas Surabaya
NIDN : 0701057301
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Kimia
Nomor HP : 081615260956
Alamat surel (e-mail) : us6178@yahoo.com; restu@ubaya.ac.id

Anggota (1)
Nama Lengkap : ARIEF BUDHIYANTORO S.Si., M.Si.
NIDN : 0718027302
Perguruan Tinggi : Universitas Surabaya

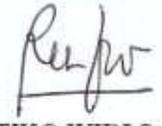
Anggota (2)
Nama Lengkap : EMMA SAVITRI S.T., M.Sc.
NIDN : 0730127601
Perguruan Tinggi : Universitas Surabaya
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 130.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 297.240.000,00

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Dra. Amelia, M.T.)
NIP/NIK 193015

Surabaya, 25 - 10 - 2016
Ketua,



(RESTU KARTIKO WIDI S.Si., M.Si., Ph.D.)
NIP/NIK 199024

Menyetujui,
Ketua LPPM



(Dr. Drs. A.J. Tjahjoanggoro, M.Si.)
NIP/NIK 188008

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pelapis Keramik dari Bentonit-TiO₂ Berkemampuan Fotokatalis; Sintesis dan Aplikasinya dalam Pengolahan Limbah Organik Cair dan Pembuatan Ruangan Steril

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : RESTU KARTIKO WIDI S.Si., M.Si., Ph.D.
Perguruan Tinggi : Universitas Surabaya
NIDN : 0701057301
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Kimia
Nomor HP : 081615260956
Alamat surel (e-mail) : us6178@yahoo.com; restu@ubaya.ac.id

Anggota (1)

Nama Lengkap : ARIEF BUDHIYANTORO S.Si., M.Si.
NIDN : 0718027302
Perguruan Tinggi : Universitas Surabaya

Anggota (2)

Nama Lengkap : EMMA SAVITRI S.T., M.Sc.
NIDN : 0730127601
Perguruan Tinggi : Universitas Surabaya
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 130.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 297.240.000,00

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Dra. Amelia, M.T.)
NIP/NIK 193015

Surabaya, 25 - 10 - 2016
Ketua,



(RESTU KARTIKO WIDI S.Si., M.Si., Ph.D.)
NIP/NIK 199024

Menyetujui,
Ketua LPPM



(Dr. Drs. A.J. Tjahjoanggoro, M.Si.)
NIP/NIK 188008



RINGKASAN

Kebutuhan pengolahan limbah cair terutama terhadap senyawa organik, dengan metode yang lebih sederhana, cepat, efektif dan tidak menimbulkan efek polusi sekunder pada dekade terakhir ini semakin besar. Hal serupa juga terjadi pada kebutuhan ruangan steril terutama pada bidang layanan kesehatan yang semakin meningkat. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk membuat material dan menyusun metode yang dapat menyederhanakan permasalahan tersebut. Penelitian yang diajukan ini direncanakan dibagi menjadi tiga tahap penelitian selama tiga tahun.

Pada tahun ke-I, telah dilakukan sintesis bahan fotokatalis berbasis oksida (TiO_2 dan Fe_3O_4) dengan pengemban bentonit yang diharapkan mampu mendegradasi bahan organik (fenol), zat warna dan bersifat anti bakteri. Material yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, BET dan SEM/TEM dan selanjutnya diuji aktivitas fotokatalisisnya pada reaksi degradasi senyawa organik (*methylen blue* dan *phenol*) dalam sistem *batch*. Pada tahun II, telah dilakukan penyempurnaan metode pelapisan (*coating*) keramik kasar dengan material fotokatalis hasil sintesis pada tahun ke-I. Metode pelapisan pada permukaan keramik kasar menggunakan metode pelapisan komposit dengan perekat (*binder*) cat tembok dan cat kolam. Keramik yang dihasilkan kemudian diaplikasikan dalam *prototype* pengolah limbah cair dengan metode bak pengolah limbah sistem *batch*.

Pada penelitian tahun ke-III, telah dilakukan pengkajian efektifitas beberapa metode pelapisan material fotokatalis pada keramik, dan uji kinetika reaksi fotokatalisis untuk fotodegradasi zat warna basic blue baik secara *batch* maupun kontinyu. Uji aktifitas material fotokatalis terhadap uji anti bakteri (*E. Coli*) juga telah dilakukan.

Metode pelapisan keramik yang telah dilakukan adalah metode ayakan dan metode hembusan material fotokatalis di atas permukaan keramik yang telah dilapisi binder. Binder yang digunakan adalah cat tembok dan cat kolam. Dari hasil percobaan yang lebih efisien untuk menghilangkan zat warna sebagai aplikasi dari degradasi fotokatalisis ialah metode ayakan dengan jenis binder yang lebih efisien ialah cat tembok. Rasio material fotokatalis dan binder yang memberikan hasil lebih optimum ialah 1:2, dengan konsentrasi zat warna maksimal yang dapat didegradasi ialah 300 ppm. Kinetika reaksi diteliti dengan mempelajari pengaruh konsentrasi zat warna awal, intensitas lampu UV serta suhu yang digunakan dalam proses fotodegradasi. Penelitian dilakukan dengan mendegradasi *methylene blue* dalam reaktor keramik yang telah dilapisi dengan katalis di dalam kotak UV selama 90 menit. Hasil menunjukkan bahwa fotodegradasi berjalan lebih optimal pada konsentrasi zat warna rendah pada intensitas sinar UV yang semakin. Suhu optimum fotodegradasi *methylene blue* adalah 60 °C. Kinetika fotodegradasi dari *methylene blue* dengan katalis $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4\text{-bentonit}$ mengikuti model *Langmuir-Hinshelwood* berorde 1.

Luaran penelitian hingga berakhirnya penelitian ini berupa (1) 3 makalah yang dipresentasikan pada kegiatan International Conference (ISFACHE 2014, ICCS 2015, IPST 2016) (2) 1 makalah yang dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional Kimia 2016 oleh Himpunan Kimia Indonesia (3) 3 artikel yang telah dipublikasikan pada jurnal internasional terindeks scopus (4) 2 *draft manuscript* artikel untuk segera disubmit ke penerbit jurnal ilmiah internasional; (5) draft naskah paten berjudul "Metode Pembuatan Keramik Berkemampuan Fotokatalis Berbasis Oksida Ti"; (6) draft buku ajar yang direncanakan berjudul "Konsep Dasar Kimia dan Kimia Material" dan diperuntukkan bagi mahasiswa tingkat awal.

Kata kunci: Fotokatalis, oksida Ti, bentonit, keramik

PRAKATA

Penelitian yang berjudul “Pelapis Keramik dari Bentonit-TiO₂ Berkemampuan Fotokatalis; Sintesis dan Aplikasinya dalam Pengolah Limbah Organik Cair dan Pembuatan Ruang Steril”, hingga penulisan berakhirnya penelitian ini dapat terlaksana sesuai dengan rencana.

Ucapan terimakasih yang setinggi-tingginya sehubungan dengan penulisan proposal, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan laporan penelitian tahun terakhir ini kami sampaikan kepada yang terhormat:

1. Direktur Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi.
2. Rektor Universitas Surabaya
3. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Universitas Surabaya
4. Dekan Fakultas Teknik Universitas Surabaya
5. Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Surabaya
6. Semua pihak yang membantu kelancaran penelitian ini.

Meskipun ada beberapa kendala kecil dalam pelaksanaan penelitian ini, kami bersyukur karena dapat mengatasinya dan melaksanakan penelitian sesuai rencana. Kritik dan saran sehubungan dengan penyempurnaan laporan penelitian ini dengan senang hati akan dipertimbangkan.

Semoga laporan penelitian ini bermanfaat.

Surabaya, Oktober 2016
Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar dan Tabel	vi
BAB I. PENDAHULUAN	1
<i>1.1. Latar Belakang</i>	2
<i>1.2. Tujuan Khusus Penelitian</i>	2
<i>1.3. Keutamaan Penelitian</i>	3
BAB II. STUDI PUSTAKA	4
<i>II.1. Oksida TiO₂</i>	5
<i>II.2. Bentonit alam sebagai padatan pengemban</i>	5
<i>II.3. Reaksi Fotokatalisis</i>	7
<i>II.4. Penelitian yang pernah dilakukan dan keterkaitan dengan Rencana Induk Penelitian</i>	7
BAB III. METODE PENELITIAN	10
Penelitian Tahun III	10
<i>1. Sintesis material fotokatalis dan pelapisannya pada keramik</i>	11
<i>2. Uji anti bakteri (E. Coli)</i>	11
<i>3. Aplikasi dalam pembedaan ruang steril</i>	11
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	12
<i>A. Uji aktifitas material fotokatalis yang dilapiskan menggunakan binder</i>	12
<i>B. Kinetika Reaksi 18</i>	18
<i>C. Uji aktifitas fotodegradasi zat warna menggunakan sistem kontinyu dan kinetiknya</i>	21
LUARAN PENELITIAN	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN :	
Cuplikan makalah ISFACHE 2014	L-1
Cuplikan makalah ICCS 2015	L-2
Cuplikan makalah SNK 2016	L-3
Cuplikan artikel di International Journal of Applied Engineering Research 2014	L-4
Cuplikan artikel I di Journal of Chemical and Pharmaceutical Research 2015	L-5
Cuplikan artikel II di Journal of Chemical and Pharmaceutical Research 2015	L-6
Cuplikan Submitted article to Polymer Plastic Technology and Engineering	L-7
Cuplikan draft Kinetic Study on Photodegradation of Methylene-blue by TiO ₂ -Fe ₃ O ₄ -Bentonite Photocatalyst	L-8
Cuplikan draft naskah paten	L-9
Cuplikan draft buku ajar	L-10
Gambar-gambar kegiatan, alat, produk	L-11

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Mekanisme reaksi fotokatalisis senyawa organik (Beydoun, 2000).
- Gambar 2. Peta jalan penelitian bidang kimia (blok warna kuning merupakan bagian yang terkait langsung dengan usulan penelitian)
- Gambar 3. Peta jalan terkait dengan penelitian yang diusulkan
- Gambar 4. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 50 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*
- Gambar 5. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 100 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*
- Gambar 6. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 150 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*
- Gambar 7. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 200 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*
- Gambar 8. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 250 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*
- Gambar 9. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 300 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*
- Gambar 10. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* dengan Cat Kolam sebagai *Binder* dan Rasio 1:2
- Gambar 11. Grafik $\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$ terhadap t dengan cat tembok sebagai *binder*.
- Gambar 12. Grafik $\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$ terhadap t dengan cat kolam sebagai *binder*.
- Gambar 13. SEM Permukaan Keramik
- Gambar 14. Struktur *Methylene Blue*
- Gambar 15. Kinetika Fotodegradasi *Methylene Blue* pada berbagai konsentrasi dengan Model Orde 1
- Gambar 16. Kinetika Fotodegradasi *Methylene Blue* 100 ppm pada berbagai Intensitas Lampu UV dengan Model Orde Satu
- Gambar 17. Kinetika Fotodegradasi *Methylene Blue* 100 ppm pada berbagai Suhu dan Intensitas UV 555 lux dengan Model Orde Satu
- Gambar 18. Konversi dari Proses Dekolorisasi pada Berbagai Variasi Konsentrasi Zat Warna
- Gambar 19. Grafik Konsentrasi vs Waktu pada Berbagai Variasi Konsentrasi
- Gambar 20. Model kinetika *zero order*
- Gambar 21. Performa reaktor *Plug Flow zero order*
- Gambar 22. Model kinetika *First Order*
- Gambar 23. Performa reaktor *Plug Flow First order*
- Gambar 24. Model kinetika *Second Order*
- Gambar 25. Performa reaktor *Plug Flow Second order*

DAFTAR TABEL

- Tabel 1: Karakteristik pengukuran Cahaya Ultraviolet di Lingkungan (Three Bond Technical News, 2004)
- Tabel 2. Tabel Energi Ikatan untuk *Methylene Blue*
- Tabel 3. Hasil Fotodegradasi *Methylene Blue* dengan katalis $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4\text{-bentonit}$ pada berbagai konsentrasi
- Tabel 4. Hasil Fotodegradasi *Methylene Blue* dengan katalis $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4\text{-bentonit}$ pada berbagai intensitas sinar Uv
- Tabel 5. Hasil Fotodegradasi *Methylene Blue* dengan katalis $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4\text{-bentonit}$ pada berbagai suhu

BAB I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Saat ini metode yang digunakan untuk menghilangkan senyawa organik dalam suatu limbah baik limbah cair maupun limbah padat adalah menggunakan metode adsorpsi. Metode ini hanya efektif pada waktu tertentu berdasarkan kapasitas adsorpsi adsorben, sehingga harus dilakukan penggantian terhadap adsorben tersebut. Hal ini tentu akan meningkatkan biaya operasional perusahaan. Selain itu juga berpotensi menimbulkan suatu masalah baru yaitu bagaimana membuang polutan yang telah terserap dalam adsorben. Apakah akan menimbulkan permasalahan pencemaran lingkungan yang baru/ pencemaran sekunder? Adanya fenomena ini menunjukkan bahwa penggunaan adsorben sebagai metode pengolahan limbah kurang efisien, sebab saat ini masih sangat jarang penggunaan teknologi regenerasi adsorben yang memanfaatkan polutan terserap menjadi sesuatu yang bermanfaat dan tidak berbahaya bagi lingkungan dan manusia.

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mensintesis suatu material yang mampu berperan sebagai adsorben yang memiliki kapasitas adsorpsi tinggi, mudah diregenerasi, dan memberikan nilai tambah berupa kemampuan mendegradasi polutan berbahaya menjadi senyawa yang relatif aman bagi lingkungan. Di antara metode degradasi tersebut adalah menggunakan prinsip fotokatalis yaitu mendegradasi polutan menggunakan material yang memanfaatkan energi radiasi sebagai sumber energi katalisisnya. Penggunaan metode fotokatalis juga berkembang pada pengembangan bahan anti bakteri atau anti virus yang memiliki kemampuan untuk mendeaktivasi pertumbuhan bakteri atau virus.

Saat ini telah dikembangkan bahan-bahan fotokatalis berbasis oksida TiO_2 menggunakan teknik sintesis metode sol-gel dan *coating* pada padatan pengemban. Sebagian besar TiO_2 yang digunakan dalam bentuk oksida tunggal sehingga secara ekonomis material dihasilkan memiliki harga yang mahal. Oleh karena itu perlu dipikirkan sebuah gagasan untuk membuat material fotokatalis yang murah yaitu dengan menggabungkan oksida TiO_2 dan Fe dalam Fe_3O_4 dan diimbangkan pada sebuah padatan pengemban berbasis lempung (*clay*) bentonit alam. Teknik sintesis ini diharapkan dapat mengefisienkan penggunaan logam Ti dan memperluas bidang kontak proses fotokatalisis dengan target, sehingga kemampuan fotokatalisisnya meningkat.

TiO_2 dan Fe_3O_4 merupakan oksida yang memiliki kemampuan sebagai fotokatalis karena kedua oksida tersebut memiliki *band gap* sebesar 3,2 eV yang merupakan daerah *charging* dan *conductive* bagi elektron jika dikenai cahaya UV, sehingga apabila elektron

teraktivasi oleh cahaya dapat bereaksi dengan oksigen membentuk radikal bebas yang sangat reaktif. Radikal bebas yang terbentuk akan dapat bereaksi dengan senyawa organik dan mengakibatkan reaksi degradasi (peruraian) yang berantai. Faktor lain adalah bahwa keberadaan *magnetite* (Fe_3O_4) sebagai doping oksida dalam material ini juga berfungsi sebagai pengontrol ukuran kristal fasa *anatase* dari TiO_2 yang memiliki kemampuan fotokatalisis lebih besar dibandingkan fasa *rutile* dari TiO_2 . Perubahan fasa ini biasanya disebabkan oleh pengaruh temperatur tinggi pada saat proses pembuatan oksida tersebut.

Penggunaan **bentonit** sebagai padatan pengemban didasarkan pada beberapa alasan, antara lain, dengan adanya bentonit maka luas permukaan interaksi pada katalis akan lebih besar, sehingga penggunaan oksida fotokatalis akan semakin efisien. Selain itu karena bentonit merupakan material berpori dengan ukuran nano maka diharapkan partikel oksida yang terbentuk berukuran nano. Material dengan partikel berukuran nano ini akan memiliki kemampuan fotokatalisis yang lebih tinggi karena energi yang dihasilkan lebih efisien dalam proses eksitasi dan relaksasi elektron. Bentonit juga memiliki sifat adsorpsi yang sangat baik sehingga penggunaan bentonit sebagai padatan pengemban akan memudahkan dan mempercepat proses transfer massa adsorbat sehingga kontak antara oksida logam fotokatalis dengan senyawa organik lebih mudah terjadi dan reaksi akan lebih cepat berlangsung. Pemanfaatan bentonit ini juga didasari oleh beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan pengusul sebelumnya seperti tertulis pada bagian II.4.

Untuk memudahkan proses pengolahan limbah, perlu dipikirkan agar material berkemampuan fotokatalis tersebut dapat dilapiskan (*coating*) pada keramik, yang untuk selanjutnya keramik tersebut dijadikan sebagai material (bahan) dasar bangunan pengolah limbah cair maupun ruangan steril bebas bakteri.

1.2. Tujuan Khusus Penelitian

Tujuan khusus penelitian ini adalah (1) dihasilkannya sebuah metode sintesis material berkemampuan fotokatalis berbasis oksida TiO_2 dengan *doping* Fe_3O_4 menggunakan padatan pengemban bentonit alam untuk mengontrol ukuran kristal oksida yang terbentuk dalam ukuran nanopartikel. Keberadaan magnetite (Fe_3O_4) juga akan meningkatkan kemampuan fotokatalis dan efisiensi penggunaan oksida TiO_2 yang mahal harganya. Harapan yang diinginkan adalah material yang dihasilkan lebih ekonomis/ murah daripada hanya menggunakan oksida TiO_2 saja sebagai aktif katalisnya. Selain itu bentonit alam banyak terdapat di Indonesia dan merupakan bahan yang harganya murah jika digunakan sebagai padatan pengemban. Kombinasi bahan additif yang murah tersebut akan mendorong agar material fotokatalis yang dihasilkan memiliki harga yang relatif murah.

Melalui penelitian ini diharapkan nilai ekonomis bentonit alam menjadi semakin tinggi, sehingga akan berpengaruh terhadap taraf hidup para penambang tradisional yang biasanya melakukan penambangan bentonit alam tersebut.

(2) Dihasilkannya sebuah metode pembuatan keramik dengan pelapisan material bahan fotokatalis hasil sintesis. Proses pelapisan dilakukan agar penggunaan material fotokatalis tersebut lebih efisien. Selain itu perlu dilakukan kajian penggunaan jenis-jenis binder untuk fotokatalis dengan keramik. Hal ini perlu dilakukan karena proses perlekatan material fotokatalis berpengaruh terhadap aktivitas katalis. Keberhasilan membuat keramik berkemampuan fotokatalis akan ditindak lanjuti dengan mengembangkan teknologi pengolahan limbah senyawa organik terlarut, khususnya zat warna dan fenol. Metode pengolahan limbah yang akan dikembangkan adalah sistem kontinyu dalam bak-bak pengolahan limbah. Harapannya proses pengolahan limbah yang dilakukan menjadi lebih sederhana dan lebih cepat. Selain itu juga mengembangkan kemampuan material fotokatalis tersebut dalam mendeaktivasi bakteri yang diaplikasikan pada pembuatan ruang steril.

1.3. Keutamaan Penelitian

Pembuatan bahan fotokatalis untuk proses pengolahan limbah senyawa organik terlarut dalam air sangat penting pada tahun-tahun mendatang. Hal ini disebabkan tuntutan untuk penggunaan teknologi yang sederhana dan tidak menimbulkan efek sekunder dari proses pengolahan limbah industri tersebut. Seperti yang terjadi pada instalasi pengolahan limbah yang menggunakan adsorben sebagai komponennya, maka akan muncul masalah sekunder. Masalah sekunder tersebut adalah adanya permasalahan proses regenerasi adsorben yang tentunya tidak sedikit biaya yang dibutuhkan. Selain itu penyediaan ruang steril yang sederhana dan praktis juga sangat penting terhadap pemberian layanan kesehatan atau keperluan lainnya.

Target akhir penelitian ini adalah menciptakan teknologi pembuatan keramik berkemampuan fotokatalis dan mendesain teknologi pengolahan limbah organik cair menggunakan proses fotokatalisis dengan sistem kontinyu/ *flow*. Dalam hal ini senyawa organik polutan akan dipecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih kecil dan tidak berbahaya. Dengan metode ini proses pengolahan limbah akan menjadi lebih sederhana dan tidak menimbulkan efek sekunder terhadap pencemaran lingkungan. Fotokatalis akan dapat digunakan dalam jangka waktu yang sangat lama dan tidak cepat untuk diganti. Rencana pemanfaatan keramik berkemampuan fotokatalis ini dilakukan dalam instalasi pengolahan limbah cair industri adalah dengan memasang batako berbentuk batang dan

balok berlubang/berbentuk flat-flat seri. Sehingga proses pengolahan limbah cair dapat berlangsung dalam sistem kontinyu/ flow. Target lainnya adalah bahwa keramik berkemampuan fotokatalis tersebut digunakan dalam desain teknologi pembuatan ruang steril bebas bakteri.

BAB II. STUDI PUSTAKA

II.1. Oksida TiO₂

Pada penelitian ini akan disintesis material fotokatalis campuran oksida logam TiO₂ dan Fe₃O₄ dengan padatan pengemban bentonit *clay* alam. Ada beberapa syarat fotokatalis ideal yaitu stabil, tidak mahal, tidak beracun dan memiliki fotoaktivitas tinggi. Kriteria utama lainnya adalah degradasi senyawa organik yang memiliki potensial redoks dari gabungan H₂O/•OH terletak dalam band gab konduktor ($\text{OH}^- \rightarrow \bullet\text{OH} + e^-$; $E^0 = -2,8 \text{ eV}$). Beberapa semikonduktor memiliki energi *band gap* tertentu untuk mengkatalisis sebuah reaksi kimia dalam selang yang lebar. Semikonduktor tersebut antara lain TiO₂, WO₃, α -Fe₂O₃, ZnO dan ZnS (Aruna and Patil, 1996; Howe, 1998).

Beberapa penelitian sintesis oksida TiO₂ sebagai fotokatalis dan pemanfaatannya dalam proses degradasi senyawa organik dan bahan anti bakteri telah banyak dilakukan oleh peneliti. Namun demikian TiO₂ yang digunakan kebanyakan masih dalam bentuk oksida tunggal maupun gabungan dengan oksida lainnya. Sedikit sekali penelitian dan pemanfaatan oksida TiO₂ yang diembankan kedalam suatu padatan pendukung dan pemanfaatannya dalam proses fotokatalisis.

Reddy et al (2007), memodifikasi zeolit L dan zeolit A dengan AgCl sebagai fotokatalis. Pada peneltian ini zeolit L atau zeolit A di lekatkan pada permukaan plat emas dengan perekat (*binder*) thiolalkoxysilane, sisi lainnya dilapisi AgCl. Material yang dihasilkan meningkatkan kapabilitas oksidasi air menjadi oksigen.

Menurut Beydoun (2000), pengontrolan fasa kristal TiO₂ sebagai fotokatalis ditekankan pada pembentukan fasa *anatase* daripada fasa *rutile*. Hal ini disebabkan struktur permukaan *anatase* banyak mengandung gugus hidroksil (OH) yang dapat memiliki kemampuan untuk mengikat polutan lebih tinggi daripada *rutile*. Selain itu juga memiliki kemampuan mengadsorpsi oksigen sebagai O²⁻ dan ion O⁻ dan memiliki kemampuan dalam mengontrol laju rekombinasi *electron-hole* lebih rendah. Namun demikian jika dalam bentuk fasa *anatase* murni TiO₂ memiliki kemampuan fotokatalis yang tidak terlalu baik dibandingkan jika bercampur dengan fasa *rutile*.

Ismat Shah, et al (2003), mensintesis TiO₂ nanopartikel menggunakan metode pengendapan uap kimia metal-organic. Selain itu Shah juga melakukan doping ion logam terhadap oksida TiO₂ nanopartikel menggunakan ion logam Pd²⁺, Pt⁴⁺, Nd³⁺ dengan jumlah ion doping ~1 % dan efek fotokatalis diamati terhadap reaksi degradasi senyawa klorophenol dengan sinar UV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa oksida TiO₂ terdoping logam transisi tersebut memiliki aktivitas fotokatalis lebih tinggi daripada TiO₂ murni.

Li et al, 2006, mensintesis TiO₂ dengan doping oksida SnO₂ menggunakan metode sol-gel dan suhu kalsinasi divariasikan pada 200-700 °C. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan fasa kristal sebagai fungsi suhu kalsinasi dimana pada suhu hingga 300°C fasa kristal dominan adalah anatase. Jika suhu kalsinasi ditingkatkan diatas 300 hingga 700°C terjadi proses perubahan fasa kristal dari anatase menjadi rutile hingga pada suhu 700°C didominasi oleh fasa rutile. Sedangkan hasil uji aktivitas fotokatalisis dalam reaksi degradasi senyawa *methyl orange* diperoleh hasil bahwa fotokatalis hasil kalsinasi pada suhu 400°C konversi *methyl orange* yang diberikan dalam reaksi tersebut sebesar ~95 %. Komposisi material ini memberikan dampak fotokatalis yang sangat tinggi dibandingkan dengan fotokatalis TiO₂ murni dan fotokatalis komersial P-25 TiO₂.

Nagaveni et al (2004), mensintesis nanopartikel TiO₂ dengan metode pembakaran sebagai katalis degradasi senyawa organik phenol, *p*-nitrophenol, dan asam salicylat dibawah sinar UV dan cahaya matahari. Laju degradasi phenol dengan fotokatalis hasil sintesis 2 kali lebih tinggi dibandingkan dengan fotokatalis komersial dan juga tidak dihasilkannya hidroquinon dan katekol sebagai produk reaksinya.

Benedix et al (2000), mensintesis fotokatalis TiO₂ sebagai bahan *self-cleaning* material. Bahan ini dilapiskan (*coating*) pada keramik dengan metode *spray* dan metode sedimentasi. Kemampuan material untuk membersihkan permukaan keramik dari pengotor terutama yang terlarut oleh air disebabkan oleh adanya sifat fotokatalisis yang memunculkan sifat superhidrofobik material tersebut. Pada aplikasinya butiran air/pelarut yang terjatuh dari permukaan material akan mengikat kotoran yang menempel pada permukaan material. Hal ini dikenal sebagai efek Lotus (Barthlott dan Neihuis, 1997).

Jiunn Shieh et al (2006) mensintesis film tipis fotokatalis TiO_x melalui teknik *radio frequency sputter* yang memiliki kemampuan mendeaktivasi bakteri E. Coli sangat tinggi di bawah sinar UV. Namun demikian lapisan film tersebut tidak cukup efektif dalam membunuh bakteri.

II.2. Bentonit alam sebagai padatan pengembangan

Lempung merupakan polimer silika-alumina yang tersusun atas struktur lapisan-lapisan. Lapisan-lapisan tersebut tersusun atas tetrahedral silikat (SiO_4) pada bagian luar dan octahedral AlO_6 pada bagian dalamnya. Adanya struktur polimer silika-alumina menyebabkan lempung (*clay*) memiliki muatan permukaan negatif sehingga memiliki kemampuan untuk mengikat kation dan molekul air. Selain itu lempung juga mampu mengikat molekul organik melalui proses entrapment dan interaksi van der Waals biasa. Namun demikian adanya struktur lapisan pada lempung mengakibatkan lempung memiliki sifat swelling yaitu kemampuan untuk mengembang dan mengempis berdasarkan ukuran molekul yang masuk kedalam struktur antar lapisannya.

Long dan Yang, 1999; Palinko dkk, 1997, memanfaatkan logam Ti dan Fe sebagai pemilar struktur lapisan dari lempung. Dari hasil penelitian yang dilakukan pilar-pilar tersebut dapat memberikan efek peningkatan jarak antar lapisan lempung. Hal ini menguntungkan karena dengan jarak lapisan yang besar maka molekul organik akan semakin mudah masuk dan berinteraksi dengan oksida TiO_2 sehingga mudah dikatalisis.

II.3. Reaksi Fotokatalisis

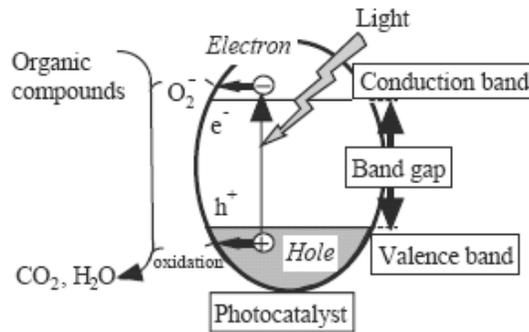
Band gap TiO_2 tipe anatase adalah 3,2 eV, yang ekuivalen pada panjang gelombang 388 nm. Absorpsi cahaya ultraviolet lebih pendek dari panjang gelombang diatas mengakibatkan terjadinya proses reaksi. Fotokatalis TiO_2 tidak membutuhkan cahaya ultraviolet pada level energi sebesar 254 nm dan membahayakan manusia. Energi yang dibutuhkan adalah cahaya ultraviolet dekat dengan panjang gelombang relatif besar yang terdapat dalam sinar matahari dan diemisikan oleh lampu fluorescen.

Tabel 1 : Karakteristik pengukuran Cahaya Ultraviolet di Lingkungan (Three Bond Technical News, 2004)

Lokasi Pengukuran		Intensitas cahaya ultraviolet	Keterangan
Outdoor	Sinar matahari langsung	4 s/d 5 mw/cm^2	Cuaca cerah
		2 s/d 2.5 mw/cm^2	Sedikit mendung
		0.7 s/d 0.8 mw/cm^2	Berawan
Dalam kendaraan	Melalui kaca jendela belakang	150 s/d 350 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	Cuaca cerah s/d sedikit mendung
	Melalui kaca jendela samping	90 s/d 300 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	
	Melalui kaca jendela depan	0.5 s/d 2.0 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	
	Dibelakang kursi (terlindungi)	10 s/d 30 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	
	Permukaan lantai	2 s/d 4 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	
Dalam rumah	Dibawah lampu fluoresens	2 s/d 3 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	

Jika fotokatalis TiO_2 menyerap radiasi sinar ultraviolet (UV)* dari cahaya matahari atau disinari dengan sumber lampu fluoresens, maka akan dihasilkan pasangan elektron dan ruang kosong. Elektron pada pita valensi TiO_2 tereksitasi ketika disinari cahaya UV. Kelebihan energi dari eksitasi elektron mempromosikan elektron ke pita konduksi TiO_2

karena menghasilkan pasangan elektron negatif dan lubang positif (h^+). Keadaan ini disebut sebagai keadaan semikonduktor foto-eksitasi. Perbedaan energi antara pita valensi dan pita konduksi diketahui sebagai *band gap*. Panjang gelombang cahaya yang berguna untuk foto-eksitasi adalah 388 nm sebanding dengan energi sebesar 3,2 eV. Pada gambar 1 diberikan diagram proses reaksi fotokatalisis (Beydoun, 2000).



Gambar 1. Mekanisme reaksi fotokatalisis senyawa organik (Beydoun, 2000).

Lubang positif dari TiO_2 memecah molekul air untuk membentuk gas hidrogen dan radikal hidroksi ($\bullet OH$). Elektron-negatif bereaksi dengan oksigen untuk membentuk super anion oksida. Radikal yang terbentuk akan bereaksi dengan molekul organik sehingga akan terjadi reaksi redoks. Selama proses penyinaran siklus reaksi tersebut akan berlangsung terus-menerus.

Ohwaki et al, 2005, mensintesis TiO_2 terdoping nitrogen yang dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi antara lain *self cleaning material*, deodoran, antibakteri dan dekomposisi VOC. Salah satu aplikasi ini mereka memanfaatkan material fotokatalis hasil sintesis untuk mendegradasi *methylene blue*, yang hasilnya dilaporkan cukup efektif.

II.4. Penelitian yang pernah dilakukan dan keterkaitan dengan Rencana Induk Penelitian

Beberapa penelitian pendahuluan yang telah dikerjakan oleh tim peneliti untuk menunjang penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung dijelaskan berikut ini. Penelitian yang menunjang secara tidak langsung adalah, Fosfatasi abu layang batubara sebagai material penukar anion (Arief, 1998), Uji Kapasitas Adsorpsi Zeolite Sintetik dari Abu Layang Batubara dibandingkan terhadap Zeolit-Y Sintetik (Arief dan Yateman, 2000), Sintesis faujasit dari abu layang batubara dan Uji Adsorpsi Terhadap Logam Nikel dalam Sistem Larutan, (Sutarno dan Arief, 2001), selain sebagai adsorben material-material hasil sintesis diatas juga digunakan sebagai katalis dalam proses hidrengkah

fraksi berat minyak bumi.

Penelitian pendahuluan dengan obyek bentonit alam yang menunjang secara tidak langsung antara lain: Pemanfaatan Bentonit Alam dari Brataco Ltd. Sebagai bahan penjernih nira kelapa sebagai bahan pembuat gula rakyat (**Arief** dkk., 2003). Pillarisasi bentonit alam menggunakan logam Al dan Fe dan aplikasinya sebagai katalis (**Arief** dkk, 2004). Modifikasi zeolit Alam menggunakan surfaktan HDTMA dan aplikasinya dalam proses adsorpsi fenol dalam sistem larutan (**Arief** dkk. 2004). Pemanfaatan bentonit terpillar Al dan Fe sebagai adsorben zat warna basic blue dalam sistem batch dan pada proses penjernihan minyak cengkeh curah (2004), Karakterisasi bentonit alam terpillar logam campuran Al-Fe menggunakan metode Diffraksi sinar-X dan metode adsorpsi gas N₂ (BET) (2005). Pillarisasi dan karakterisasi struktur bentonit alam-surfaktan terpillar logam Al, Fe dan campuran logam Al-Fe (2005), dan aplikasinya pada adsorpsi ion kromium dan tembaga (**Arief** dkk, 2007; **Restu** dkk, 2007; Savitri dkk, 2007). Pillarisasi dan Interkalasi Bentonit untuk Reaksi Hidroksilasi Fenol (**Restu** dkk, 2007; **Restu** dkk, 2009) dan untuk Esterifikasi Asam Karboksilat (**Restu** dkk, 2009).

Sedangkan penelitian dengan obyek bentonit alam yang menunjang secara langsung terhadap usulan penelitian ini adalah sintesis nanopartikel TiO₂ – F₃O₄ pada lempung bentonit. Pada penelitian ini TiO₂ – F₃O₄ diimbangkan pada bentonit, lalu dikalsinasi hingga suhu 500°C. Aktivitas fotokatalis dilakukan untuk degradasi zat warna hingga konsentrasi 200 ppm. Hasilnya menunjukkan bahwa material tersebut memiliki kemampuan mendegradasi zat warna, namun masih belum optimal, sehingga perlu peningkatan aktivitas (**Arief dan Restu**, 2010). Untuk usulan penelitian ini, peningkatan aktivitas direncanakan dengan membuat variasi konsentrasi TiO₂ – F₃O₄ dan peningkatan suhu kalsinasi hingga 1200°C.

Universitas Surabaya telah memiliki Rencana Induk Penelitian (RIP) 2012-2016. RIP yang dibuat didasarkan pada peta jalan, payung penelitian, ketersediaan sumber daya manusia dan sarana-prasarana penelitian yang mengarah pada terbentuknya keunggulan penelitian di perguruan tinggi. Peta jalan penelitian Universitas Surabaya dikelompokkan menjadi 3 klaster utama, yaitu *Green Technology*, *Healthy Living (Urban Society)* dan *Business Governance*. Klaster penelitian *green technology* berisikan kumpulan riset terkait upaya untuk menghasilkan produk dan teknologi yang ramah lingkungan dan efisien dengan menggunakan sumber daya yang terbarukan. Pada klaster ini riset diarahkan untuk mendapatkan aplikasi sistematis yang memenuhi kriteria *eco-sustainability* seperti pencegahan polusi, *product stewardship*, dan penggunaan *clean technology* pada desain,

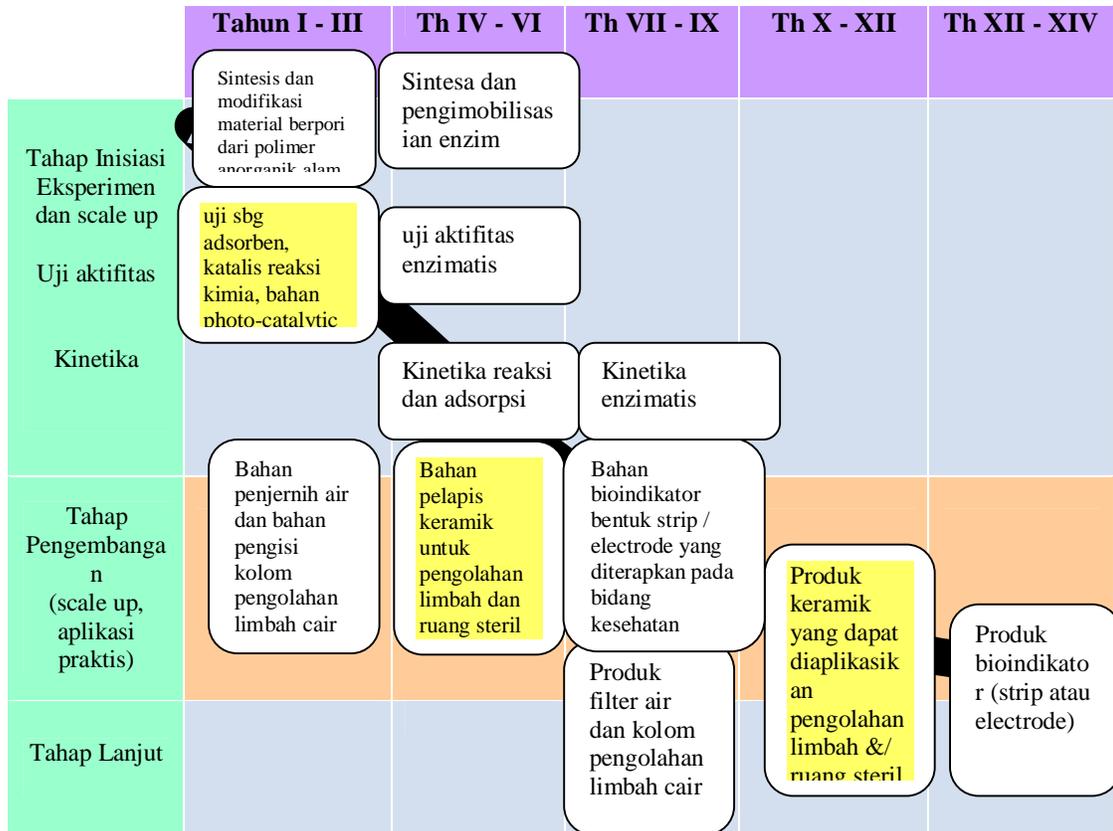
produksi, sumber daya, penggunaan dan pembuangan untuk mengurangi emisi, sampah dan memperbaiki efisiensi energi serta menghasilkan suatu *value* dalam *green economy*. Untuk kluster *Green Technology*, terdapat 5 tahapan untuk mencapainya yaitu *green capability survey*, *green operation design (part I)*, *green operation design (part II)*, *green implementation case*, dan *green policy*.

Rancangan penelitian ini sangat sesuai dengan bidang unggulan Universitas Surabaya pada kluster *Green Technology* khususnya pada bidang rekayasa material (perancangan proses produk dari material logam/non logam atau material alternatif dan modifikasi material berbahan polimer alam baik organik maupun anorganik) dan bidang *waste and water treatment* (proses eliminasi polutan dalam limbah dan konservasi air dengan optimalisasi bahan alam). Rancangan penelitian ini mendukung tahap kedua dan ketiga yaitu *green operation design and green technology design*.

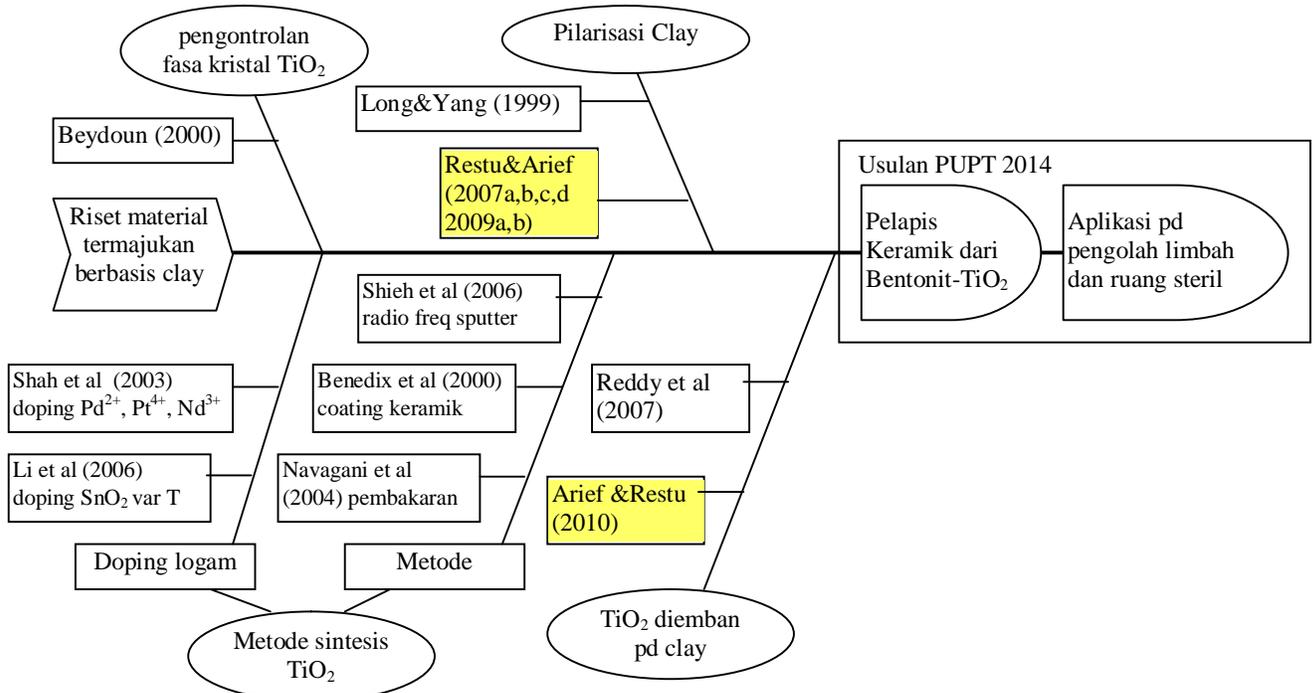
Pada peta jalan penelitian unggulan Universitas Surabaya kluster *green technology*, tahap I dan tahap II dirancang berjalan pada tahun 2012-2013, sedangkan tahap II mulai dijalankan pada tahun 2014-2015. Dengan demikian, rancangan penelitian yang diusulkan ini sangat sejalan dengan peta jalan tersebut.

Pada tabel kompetensi yang merupakan jabaran RIP, rancangan usulan penelitian ini juga telah memenuhi jabaran kompetensi tersebut yaitu pada isu strategis "peningkatan nilai tambah dan pemanfaatan bahan alam polimer anorganik" pada topik riset "uji aktifitas material berpori sebagai katalis". Pihak institusi melalui kebijakannya berkomitmen memberikan dukungan baik *in kind* ataupun *in cash*. Dalam bentuk *in cash*, pihak institusi memberikan komitmen lebih kurang sebesar 15% dari total anggaran yang diusulkan.

Terkait dengan hal tersebut di atas penelitian yang diusulkan ini juga telah mengikuti peta jalan penelitian bidang kimia dan sesuai dengan RIP Ubaya seperti pada gambar 2. Secara garis besar peta jalan yang terkait langsung dengan usulan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3. Pada gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa tujuan khusus usulan penelitian ini adalah mensintesis material fotokatalis berbasis Ti yang diimbangkan pada bentonit dan pelapisannya pada keramik (tahun I) serta aplikasinya dalam pendegradasi limbah cair organik (tahun II) dan pembuatan ruang steril (tahun III). Gambar tersebut juga menjelaskan secara garis besar beberapa penelitian yang mendasari usulan penelitian baik yang dilakukan oleh pengusul maupun oleh peneliti lain.



Gambar 2. Peta jalan penelitian bidang kimia (blok warna kuning merupakan bagian yang terkait langsung dengan usulan penelitian)



Gambar 3. Peta jalan terkait dengan penelitian yang disulkan (blok warna kuning merupakan penelitian yang telah dilakukan pengusul dan terkait langsung dengan usulan)

BAB III. METODE PENELITIAN

Penelitian Tahun III

Pada penelitian tahun ketiga ini adalah tahap uji efektifitas beberapa metode pelapisan material fotokatalis pada keramik, uji efektifitas bak pengolah limbah keramik terlapisi material fotokatalis menggunakan sistem kontinyu, uji kinetika reaksi fotokatalisis, dan kemampuan material fotokatalis terhadap uji anti bakteri (E. Coli). Adapun tahapan penelitian yang dilakukan antara lain :

- Tahap pencetakan dan pelapisan bahan fotokatalis pada batako/ keramik melalui beberapa metode pelapisan.
- Tahap uji aktivitas katalis batako berlapis bahan fotokatalis sebagai bagian bangunan bak pengolah limbah cair organik secara kontinyu
- Tahap uji kinetika reaksi fotokatalisis
- Tahap uji kemampuan material fotokatalis terhadap uji anti bakteri (E.Coli)
- Tahap pembuatan prototype ruang steril

1. Optimalisasi dan Memperbanyak Sintesis Nanopartikel Fotokatalis $TiO_2 - F_3O_4$ Pada Lempung Bentonit

Hasil sintesis yang menunjukkan karakterisasi dan hasil uji aktivitas terbaik pada tahun II, dilakukan *scale up* pada tahun III. Hasil *scale up* dikarakterisasi untuk meyakinkan bahwa secara molekuler tidak menunjukkan adanya perubahan seperti material tahun I dan II.

2. Pelapisan Fotokatalis pada Keramik

Pembuatan batako dilakukan menggunakan sistem press dengan ukuran prototype keramik adalah : 15 cm x 7 cm x 1 cm. Keramik yang digunakan adalah keramik kasar tanpa *glassy* pada permukaannya. Metode pelapisan permukaan keramik memodifikasi metode yang dikembangkan oleh Ozcan dan Valittu, 2007, kemudian divariasikan cara distribusi material katalis pada permukaan keramik.

Metode yang digunakan merupakan optimalisasi dan penyempurnaan yang diperoleh dari hasil kajian awal pelapisan keramik pada penelitian tahun II.

3. Uji aktivitas fotokatalisis keramik pada prototype pengolah limbah sistem kontinyu

Uji aktivitas fotokatalis keramik yang dihasilkan dilakukan dalam prototype bak pengolah limbah cair. Keramik yang telah dilapisi bahan fotokatalis ditempelkan pada dinding bak dan pada bagian tengah bak, keramik ditata membujur searah aliran cairan. Sedangkan pada bagian atas bak dipasang lampu UV berjajar. Adapun ukuran bak

pengolah limbah yang digunakan dalam penelitian ini berukuran memanjang yaitu 20 cm x 20 cm x 150 cm. Pada uji aktivitas fotokatalisis ini variabel yang dikaji adalah :

Laju alir limbah cair dalam bak pengolah limbah; Konsentrasi senyawa organik terlarut (methylen blue atau phenol); Intensitas sinar UV

Larutan hasil fotokatalisis dianalisa menggunakan metode spektroskopi UV vis dan kromatografi gas (GC). Kemudian dihitung % konversi dan selektivitas produk yang dihasilkan.

4. Uji kinetika reaksi fotokatalisis

Uji kinetika dilakukan dengan memilih material dan metode pelapisan terbaik, kemudian di uji reaksi fotokatalisis melalui variasi waktu, konsentrasi substrat, dan temperatur reaksi.

5. Uji anti bakteri (E. Coli)

Dipersiapkan medium pertumbuhan LB atau EMB dalam agar, kemudian diinokulasikan koloni tunggal E. Coli selama 12 jam pada suhu 37°C. Hal yang sama dilakukan untuk sampel E.Coli yang telah mendapat perlakuan dalam sistem batch dengan material fotokatalis melalui penyinaran sinar UV. Selanjutnya dilakukan penghitungan jumlah koloni E. Coli dan diperbandingkan. Uji anti bakteri pada permukaan keramik, dilakukan dengan menginokulasi koloni tunggal E. Coli di permukaan keramik dan disinari UV pada intensitas tertentu untuk selanjutnya dilakukan penghitungan jumlah koloni.

6. Aplikasi dalam pembuatan ruang steril

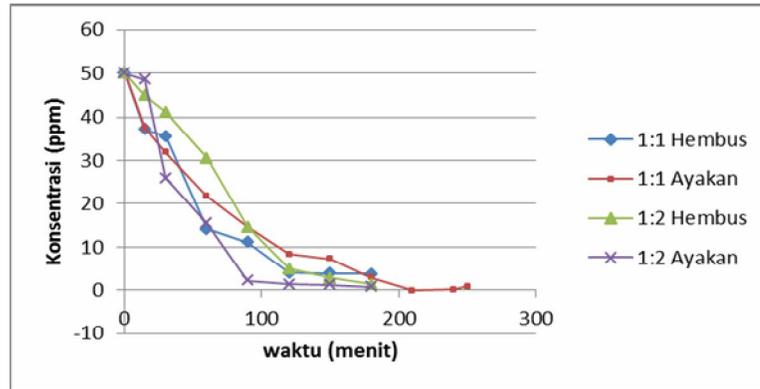
Pembuatan ruang steril dilakukan menggunakan prototype ruang steril dengan luasan volume sekitar 50cm x 50 cm x 70 cm (p x l x t) yang dilengkapi dengan lampu UV. Bagian dalam prototype ruang tersebut dilapisi dengan keramik berkemampuan fotokatalis. Dalam ruangan dimasukkan koloni tunggal E. Coli dalam media pertumbuhannya. Kemudian dilakukan penyinaran UV selama jangka waktu tertentu, selanjutnya dilakukan penghitungan jumlah koloni dan diperbandingkan dengan pertumbuhan E. Coli yang tidak mendapatkan perlakuan dalam ruang steril. Variabel yang dikaji adalah intensitas dan waktu penyinaran.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

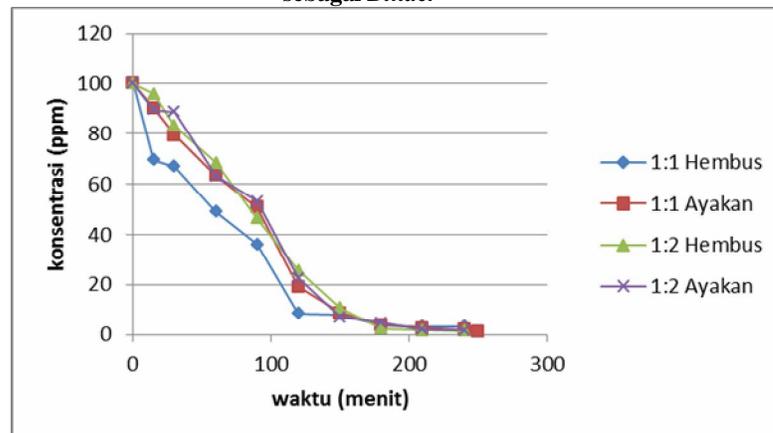
A. Uji aktifitas material fotokatalis yang dilapiskan menggunakan binder

Metode pelapisan material fotokatalis pada suatu bahan bangunan yang telah dilapisi binder berupa cat yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode hembusan dan ayakan. Metode hembusan dilakukan dengan cara menghembuskan serbuk material

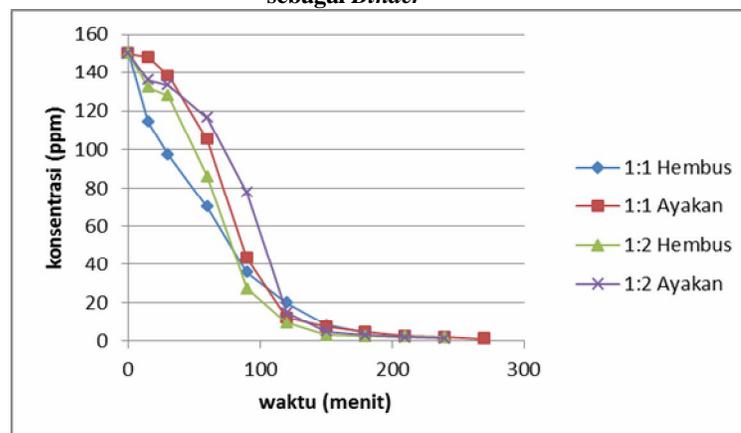
fotokatalis di permukaan binder yang setengah kering, sedangkan metode ayakan dilakukan dengan cara mengayak serbuk material fotokatalis di atas permukaan binder yang setengah kering. Bahan yang terlapis material fotokatalis tersebut selanjutnya diuji aktifitasnya untuk degradasi zat warna basic blue dalam berbagai konsentrasi, dan diperoleh hasil berikut.



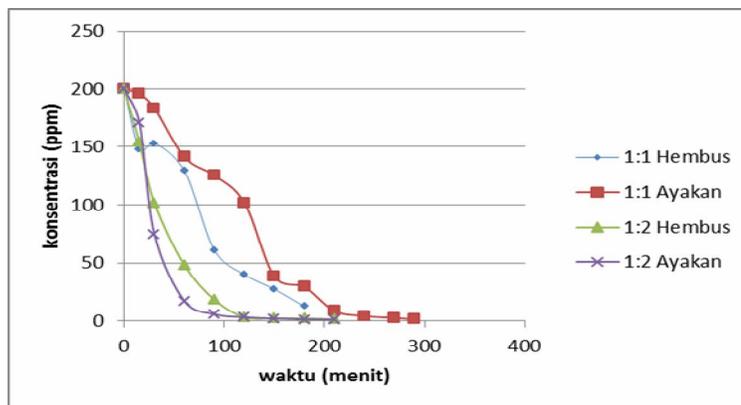
Gambar 4. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 50 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*



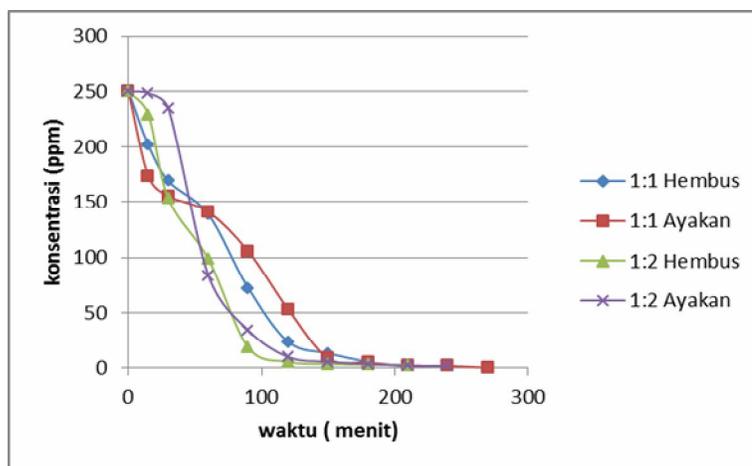
Gambar 5. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 100 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*



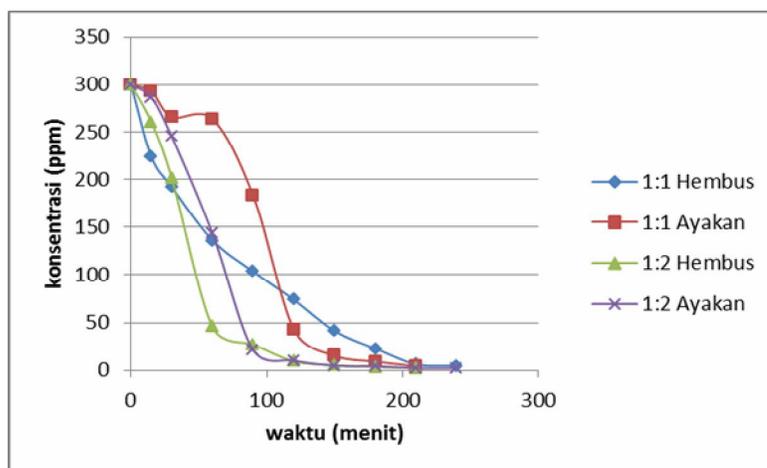
Gambar 6. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 150 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*



Gambar 7. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 200 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*



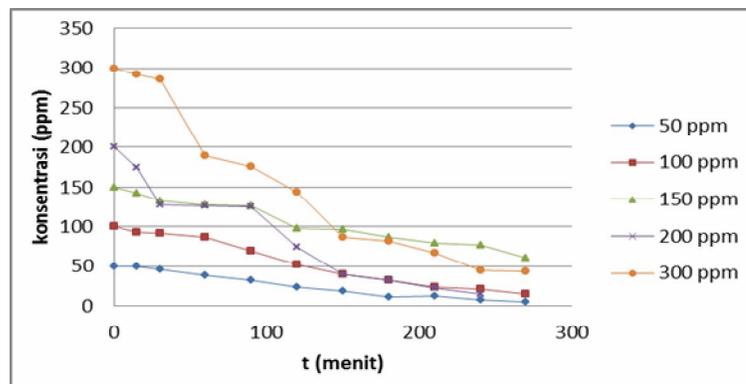
Gambar 8. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 250 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*



Gambar 9. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* konsentrasi 300 ppm dengan Cat Tembok sebagai *Binder*

Dari gambar 4., 7, dan 9, metode ayakan membutuhkan waktu yang lebih singkat dalam mendegradasi *Basic Blue*. Sedangkan pada gambar 5 menunjukkan bahwa metode hembus membutuhkan waktu yang lebih singkat. Namun, pada gambar 6 dan 8 ditunjukkan bahwa kedua metode tersebut mempunyai hasil yang relatif sama. Oleh karena itu secara keseluruhan, metode ayakan merupakan metode yang lebih efisien untuk digunakan dalam *coating* katalis pada keramik. Hal ini diduga disebabkan melalui metode ayakan pelapisan material fotokatalis pada binder dapat berlangsung secara merata dan tetap mempertahankan struktur fasa kristal anatase Ti yang bertanggung jawab terhadap proses fotokatalis.

Jenis Cat sebagai Binder



Gambar 10. Uji Degradasi Fotokatalisis *Basic Blue* dengan Cat Kolam sebagai *Binder* dan Rasio 1:2

Pada gambar diatas dapat dilihat adanya titik kesetimbangan degradasi di bawah konsentrasi 100 ppm. Hal tersebut menyebabkan proses degradasi *basic blue* dengan konsentrasi awal rendah (50 – 150 ppm) sangat lambat. Namun, dalam proses degradasi *basic blue* dengan konsentrasi awal tinggi (>150 ppm) terjadi kecenderungan penurunan konsentrasi yang cukup tajam.

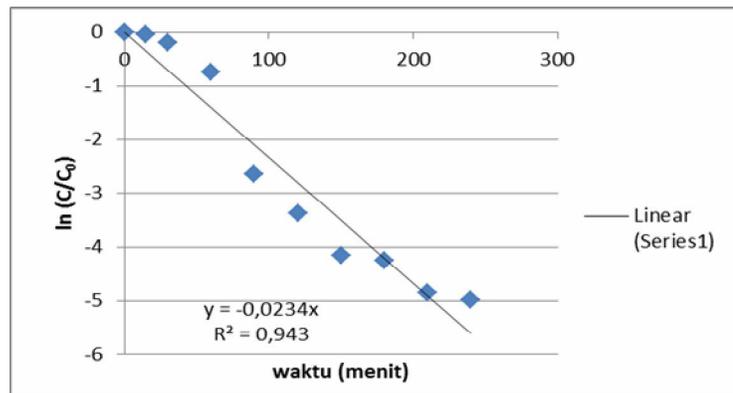
Pada keseluruhan gambar 4 sampai 9, dimana cat tembok sebagai *binder*, degradasi untuk mendapat konsentrasi *Basic Blue* yang mulai stabil dicapai dalam waktu \pm 100 menit. Sedangkan pada gambar 10 ditunjukkan bahwa waktu yang diperlukan dalam degradasi zat warna lebih dari 100 menit. Selain itu, terlihat dalam jangka waktu 270 menit, *Basic Blue* dengan konsentrasi awal tinggi belum sepenuhnya terdegradasi. Selain itu, hasil yang lebih optimum dapat ditinjau dari kinetika reaksinya. Data yang ditentukan kinetiknya menggunakan konsentrasi awal 300 ppm yang dilapiskan melalui metode ayakan dengan rasio fotokatalis dan *binder* 1:2. Kinetika ditentukan pada 2 variasi cat sebagai *binder*, yaitu cat tembok dan cat kolam. Mula – mula kedua data diolah dengan

menggunakan model reaksi *irreversible* orde satu. Persamaan reaksinya dituliskan sebagai berikut.

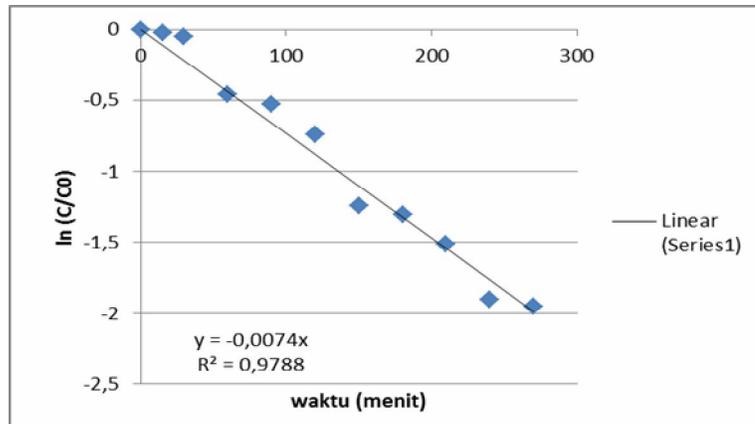
$$\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = -kt$$

(Levenspiel, 2003)

Maka, nilai konstanta laju reaksinya (k) dapat diperoleh melalui *slope* persamaan regresi yang didapatkan dari plot antara waktu (t) dan $\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$ yang ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 11. Grafik $\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$ terhadap t dengan cat tembok sebagai *binder*.

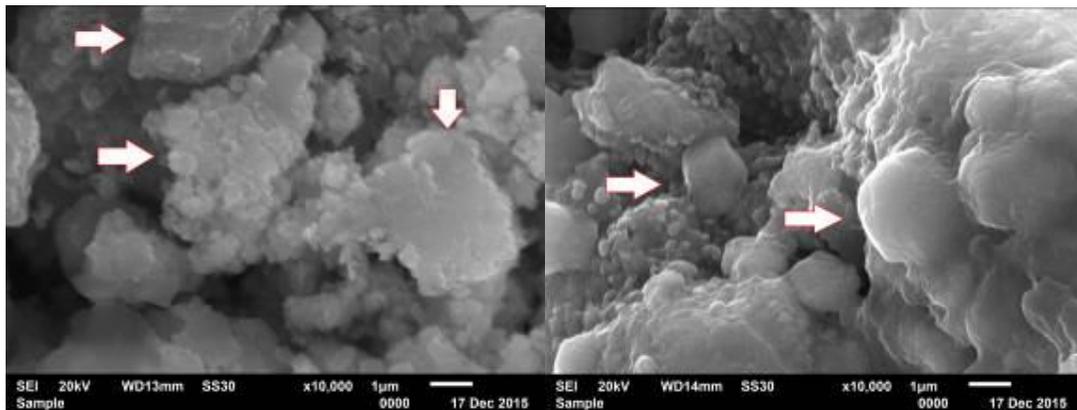


Gambar 12. Grafik $\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$ terhadap t dengan cat kolam sebagai *binder*.

Pada penggunaan cat tembok sebagai *binder*, diperoleh nilai regresi sebesar 0,943. Nilai tersebut mendekati nilai regresi 1, dimana membuktikan bahwa reaksi yang terjadi mengikuti model reaksi *irreversible* orde satu. Sehingga, nilai k untuk reaksi degradasi fotokatalis dengan cat tembok sebagai *binder* sebesar $0,0234 \text{ s}^{-1}$. Sedangkan pada penggunaan cat kolam sebagai *binder*, nilai regresi yang diperoleh yaitu 0,9788. Nilai ini juga mendekati nilai regresi 1. Sehingga, degradasi fotokatalisis dengan cat kolam sebagai

binder juga mengikuti model reaksi *irreversible* orde satu. Nilai k untuk degradasi fotokatalisis dengan cat kolam sebagai *binder* sebesar $0,0074 \text{ s}^{-1}$. Apabila dibandingkan dari kedua nilai k yang diperoleh, nilai k pada cat tembok lebih besar daripada nilai k pada cat kolam. Sehingga, penggunaan cat tembok sebagai *binder* lebih baik untuk digunakan.

Permukaan keramik yang telah *dicoating* ditunjukkan oleh hasil SEM dibawah ini.



(a) Cat Tembok sebagai *Binder*

(b) Cat Kolam sebagai *Binder*

Catatan:  katalis yang menempel pada cat

Gambar 13. SEM Permukaan Keramik

Panah pada gambar diatas menunjukkan letak partikel fotokatalis yang terbentuk. Pada gambar 13(a) partikel terlihat dengan sangat jelas, tidak tertutupi emulsi dari cat tembok. Sedangkan pada gambar 13 (b) terlihat emulsi cat kolam yang menutupi partikel.

Sifat cat tembok ialah hidrofilik, sedangkan sifat dari cat kolam ialah hidrofobik. Limbah *basic blue* menggunakan pelarut air. Sehingga, tegangan permukaan yang terbentuk antara cat tembok dan limbah lebih kecil dibandingkan dengan surface tension cat kolam dan limbah. Tegangan permukaan yang lebih kecil akan mempermudah kontak antara katalis dan limbah.

Rasio Material Fotokatalis dan Binder

Pada penelitian kali ini digunakan dua variasi rasio fotokatalis dan *binder* yaitu 1:1 dan 1:2. Dari gambar 4 sampai 8 dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan rasio 1:2 dalam mencapai konsentrasi tertentu lebih sedikit dibanding dengan rasio 1:1. Hal ini dikarenakan pada penggunaan rasio 1:1 distribusi *binder* tidak merata sehingga pada saat proses *coating*, katalis juga terdistribusi tidak merata. Sehingga, rasio material fotokatalis dan *binder* yang memberikan hasil yang lebih optimum ialah rasio 1:2.

Konsentrasi Zat Warna Maksimal

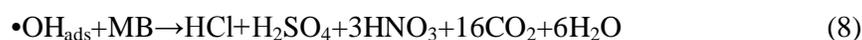
Berdasarkan gambar 4 – 8 dapat dilihat bahwa zat warna pada seluruh variasi konsentrasi yang digunakan, yaitu 50, 100, 150, 200, 250 dan 300 ppm dapat di degradasi. Namun, pendegradasian zat warna yang dilakukan tidak dapat terjadi secara sempurna yang ditandai dengan nilai absorbansi 0.

Pada gambar 10 merupakan hasil yang di peroleh dengan menggunakan *binder* berupa cat kolam dengan beberapa variasi konsentrasi. Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat pada penggunaan *binder* dengan cat kolam dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat mendegradasi zat warna. Tetapi, zat warna dengan konsentrasi 300 ppm tetap bisa di degradasi. Seperti halnya pada *binder* cat tembok, pada *binder* cat kolam pun zat warna yang terdegradasi pun tidak sempurna yaitu absorbansinya tidak 0.

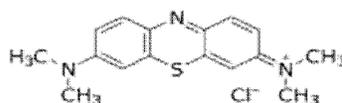
Oleh karena itu dapat dilihat bahwa dari kedua jenis *binder* yang digunakan, konsentrasi maksimal zat warna yang dapat di degradasi adalah 300 ppm.

B. Kinetika Reaksi

Mekanisme reaksi yang diusulkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Behnajady et al., 2005) :



Pada fotodegradasi akan dihasilkan radikal $\bullet\text{OH}$ yang akan menguraikan *methylene blue* yang memiliki rumus struktur seperti berikut :



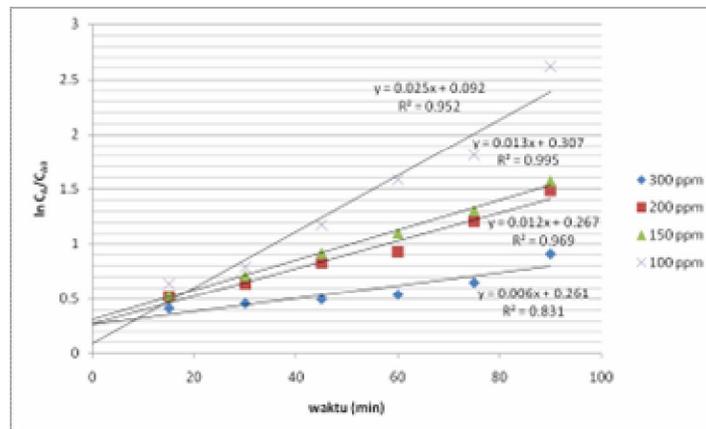
Gambar 14. Struktur Methylene Blue

Radikal $\bullet\text{OH}$ akan memutus ikatan C-S terlebih dahulu karena ikatan tersebut memiliki energi ikatan yang paling rendah sebesar 259 kJ/mol. Kemudian akan memutus ikatan C-N dan seterusnya hingga ikatan yang memiliki energi ikatan terbesar. Hal ini karena semakin besar energi yang dimiliki suatu ikatan, maka energi yang dibutuhkan untuk memutuskan ikatan juga semakin besar sehingga semakin sulit untuk dipisahkan. Nilai dari energi ikatan dapat dilihat pada tabel berikut

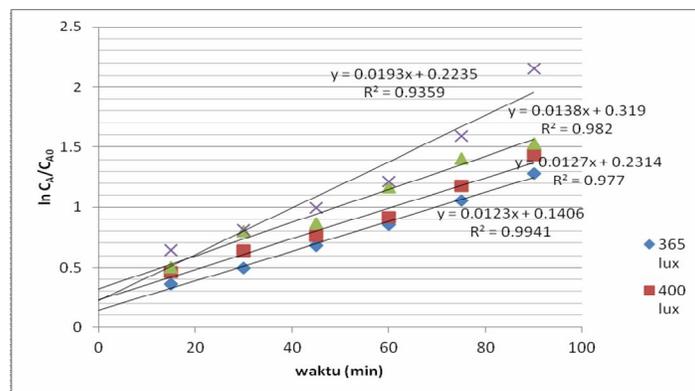
Tabel 2. Tabel Energi Ikatan untuk *Methylene Blue*

Ikatan	Energi Ikatan (kJ/mol)
C - H	413
N = C	615
C = C	614
C - S	259
C - N	293
C - Cl	328
C - C	348

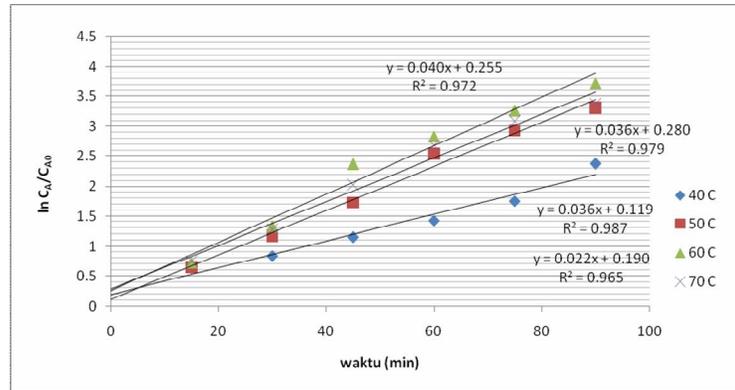
Dari berbagai variabel penelitian kemudian dilakukan pemodelan kinetika reaksinya dengan mengikuti model *Langmuir-Hinshelwood* (Behnajadi et al, 2005; Chen et al, 2015).



Gambar 15. Kinetika Fotodegradasi *Methylene Blue* pada berbagai konsentrasi dengan Model Orde 1



Gambar 16. Kinetika Fotodegradasi *Methylene Blue* 100 ppm pada berbagai Intensitas Lampu UV dengan Model Orde Satu



Gambar 17. Kinetika Fotodegradasi *Methylene Blue* 100 ppm pada berbagai Suhu dan Intensitas UV 555 lux dengan Model Orde Satu

Tabel 3. Hasil Fotodegradasi *Methylene Blue* dengan katalis $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4\text{-bentonit}$ pada berbagai konsentrasi

Konsentrasi			
C_A (ppm)	K	r	R^2
100	0.026	0.189	0.97
150	0.015	0.467	0.967
200	0.014	0.635	0.958
300	0.007	0.845	0.856

Tabel 4. Hasil Fotodegradasi *Methylene Blue* dengan katalis $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4\text{-bentonit}$ pada berbagai intensitas sinar Uv

Intensitas			
I (lux)	K	r	R^2
365	0.013	1.3	0.987
400	0.014	1.4	0.967
461	0.016	1.6	0.959
555	0.02	2	0.955

Tabel 5. Hasil Fotodegradasi *Methylene Blue* dengan katalis $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4\text{-bentonit}$ pada berbagai suhu

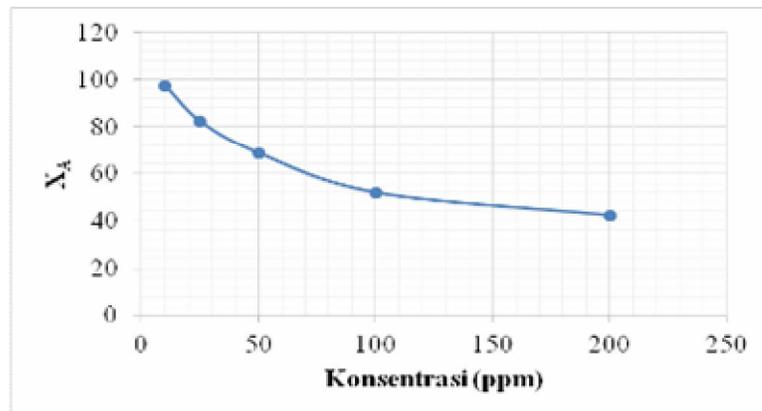
Suhu			
T ($^{\circ}\text{C}$)	k	r	R^2
40	0.023	2.3	0.975
50	0.037	3.7	0.991
60	0.042	4.2	0.981
70	0.038	3.8	0.983

Penelitian ini menggunakan tiga variabel untuk menentukan model kinetika reaksi yang sesuai, yaitu variasi konsentrasi awal zat warna, intensitas lampu UV dan suhu. Dari penelitian, terlihat bahwa reaksi fotodegradasi dipengaruhi oleh konsentrasinya, maka pemodelan kinetika fotodegradasi *methylene blue* dapat menggunakan model *Langmuir-*

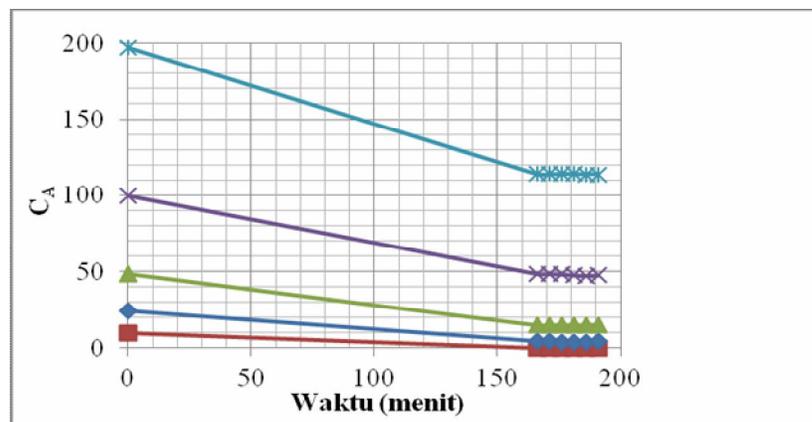
Hinshelwood. Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa plot antara waktu (t) terhadap $\ln C_0/C$ menghasilkan garis lurus dengan nilai konstanta korelasi (R^2) yang mencapai sekitar 0,98 ketika diplot dengan menggunakan model orde 1, sehingga dapat dibuktikan bahwa peristiwa fotodegradasi *methylene blue* dengan $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4\text{-bentonit}$ menggunakan sinar UV mengikuti model *Langmuir-Hinshelwood* berorde 1.

D. Uji aktifitas fotodegradasi zat warna menggunakan sistem kontinyu dan kinetiknya

Untuk menentukan bagaimana pengaruh konsentrasi zat warna terhadap efisiensi proses dekolorisasi, dilakukan variasi konsentrasi zat warna dari 10, 25, 50, 100, dan 200 ppm. Laju alir dan pH yang digunakan adalah tetap, yakni sebesar 10 ml/menit dan pH 5,5. Laju alir yang digunakan adalah laju alir optimum yang didapat dari percobaan pertama. Dari percobaan ini, akan ditentukan konsentrasi zat warna optimum yang akan digunakan untuk percobaan berikutnya.



Gambar 18. Konversi dari Proses Dekolorisasi pada Berbagai Variasi Konsentrasi Zat Warna



Gambar 19. Grafik Konsentrasi vs Waktu pada Berbagai Variasi Konsentrasi

Tabel 6. Efisiensi Proses Dekolorisasi pada Berbagai Variasi Konsentrasi Zat Warna

Konsentrasi (ppm)	Efisiensi (%)
10	97.3461
25	82.1309
50	68.5972
100	51.8750
200	42.2617

Gambar 18 menunjukkan bagaimana hubungan antara konversi zat warna terhadap konsentrasi awal zat warna yang digunakan. Seperti yang diprediksi sebelumnya, dari Gambar 18 terlihat bahwa dengan waktu tinggal yang sama, semakin besar konsentrasi zat warna yang digunakan, maka konversi proses dekolorisasi akan menurun. Konversi terbesar didapatkan pada konsentrasi awal zat warna sebesar 10 ppm dan konversi terkecil pada konsentrasi sebesar 200 ppm. Penurunan efisiensi proses dekolorisasi dapat dilihat pada Tabel 6, di mana efisiensi proses dekolorisasi dinyatakan dalam konversi zat warna.

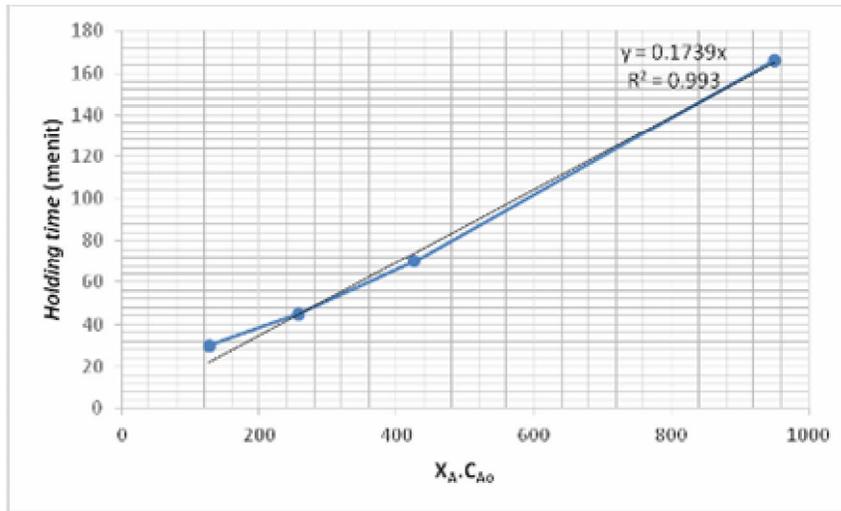
Konsentrasi merupakan banyaknya molekul zat warna (substrat) yang terdapat dalam larutan. Katalis dalam hal ini menyediakan sisi aktif pada permukaannya sebagai tempat untuk mengadsorpsi dan bereaksi zat warna. Banyaknya molekul zat warna yang hendak didegradasi harus diiringi dengan ketersediaan sisi aktif yang cukup banyak pula. Konsentrasi awal zat warna yang terlalu tinggi (molekul zat warna makin banyak) akan menyebabkan sisi aktif pada permukaan fotokatalis akan tertutup oleh ion/partikel zat warna. Produksi radikal OH^* pun akan berkurang, sehingga kontak antara partikel zat warna dengan fotokatalis akan terganggu. Hal ini membuktikan bahwa proses dekolorisasi zat warna dipengaruhi oleh konsentrasi awal zat warna yang digunakan.

Gambar 19 menunjukkan nilai konsentrasi zat warna pada selang waktu tertentu. Pada awal percobaan, zat warna di dalam bak keramik akan mengalami penurunan konsentrasi hingga mencapai suatu nilai yang konstan. Konsentrasi yang konstan ini didapatkan ketika zat warna telah mencapai waktu tinggalnya di dalam bak. Untuk waktu tinggal yang sama, pada Gambar 19 terlihat bagaimana penurunan konsentrasi zat warna untuk masing-masing variasi konsentrasi awal zat warna.

Model dan Performa Plug Flow Reactor

Untuk menentukan model kinetika reaksi dan performa dari bak yang digunakan, maka dilakukan suatu pemodelan dengan metode persamaan garis lurus untuk mendapatkan nilai k pada masing-masing persamaan pada masing-masing orde.

- **Zero Order**

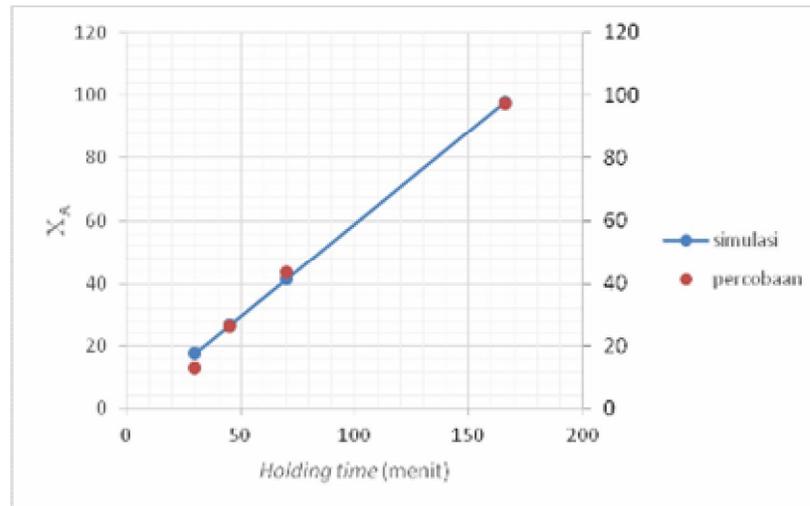


Gambar 20. Model kinetika zero order

Grafik di atas didapatkan dengan menggunakan persamaan zero order :

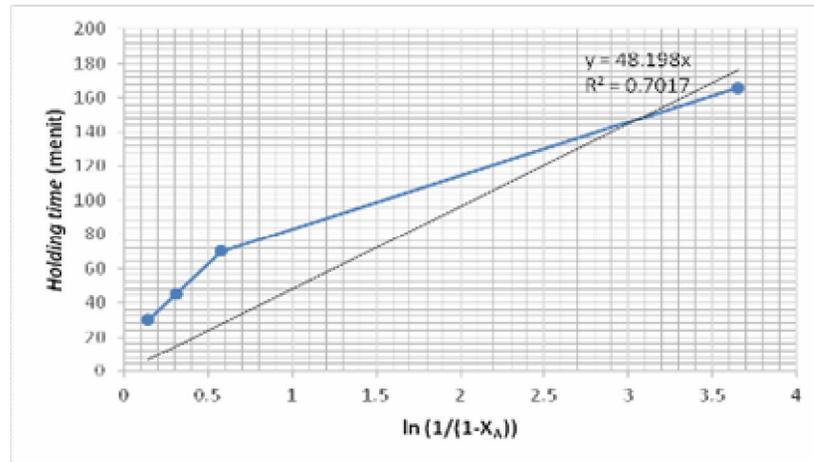
$$\tau = \frac{1}{k} X_A, C_{A0}$$

Di mana didapatkan slope ($\frac{1}{k}$) = 17,39, sehingga nilai k yang diperoleh sebesar 0,057504 ppm/menit. Dengan nilai k tersebut, maka dapat dibuat hasil simulasi performa reaktor *plug flow* pada orde nol ini dan dibandingkan dengan percobaan yang dilakukan.



Gambar 21. Performa reaktor Plug Flow zero order

- **First Order**

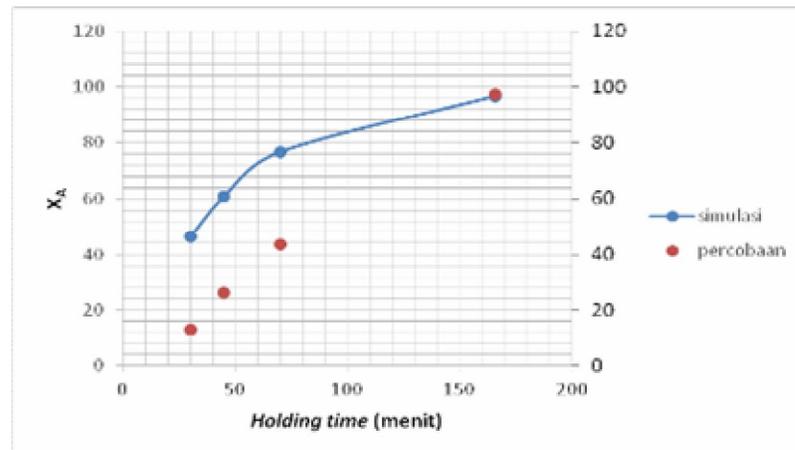


Gambar 22. Model kinetika *First Order*

Grafik di atas didapatkan dengan menggunakan persamaan *firstorder* :

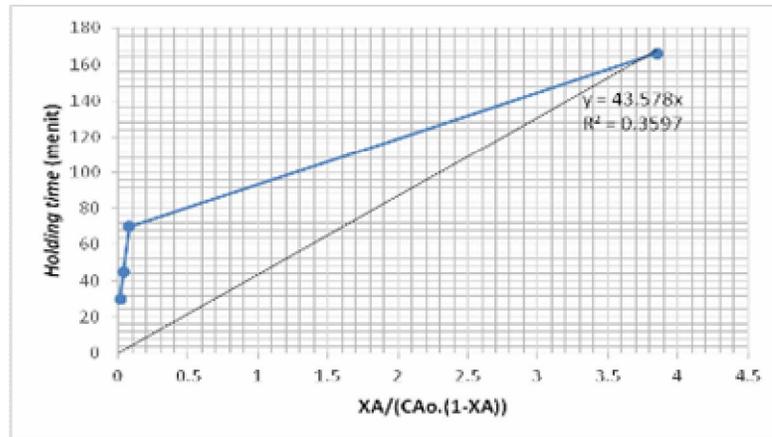
$$\tau = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{1}{1 - X_A} \right)$$

Di mana didapatkan slope ($\frac{1}{k}$) = 48,198. Sehingga nilai k yang diperoleh sebesar 0,0207 menit⁻¹. Dengan nilai k tersebut, maka dapat dibuat hasil simulasi hasil simulasi performa reaktor *plug flow* pada orde satu ini dan dibandingkan dengan percobaan yang dilakukan.



Gambar 23. Performa reaktor *Plug Flow First order*

- *Second Order*

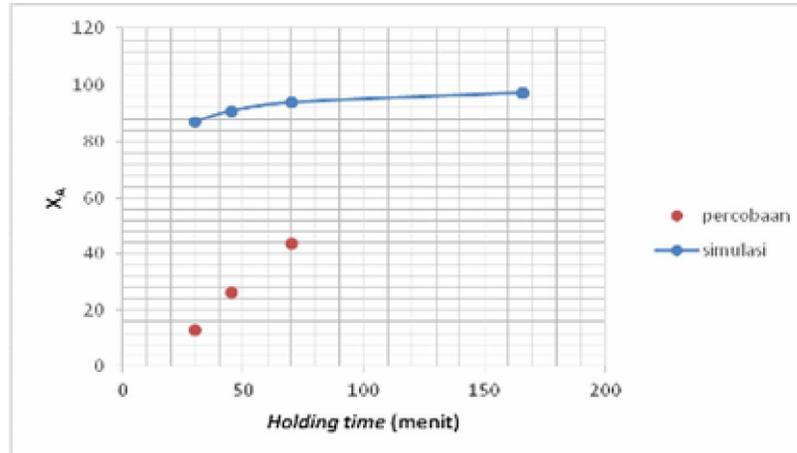


Gambar 24. Model kinetika *Second Order*

Grafik di atas didapatkan dengan menggunakan persamaan *second order* :

$$\tau = \frac{1}{k} \frac{X_A}{C_{A0} (1 - X_A)}$$

Di mana didapatkan slope ($\frac{1}{k}$) = 43,578. Sehingga nilai k yang diperoleh sebesar 0,0229 (menit.ppm)⁻¹. Dengan nilai k tersebut, maka dapat dibuat hasil simulasi performa reaktor *plug flow* pada orde dua ini dan dibandingkan dengan percobaan yang dilakukan.



Gambar 25. Performa reaktor *Plug Flow Second order*

Dari Gambar di atas, terlihat bahwa pada permodelan untuk *zero order*, kurva memiliki nilai r^2 sebesar 0,993 yang hampir mendekati 1. Sedangkan untuk *first order* dan *second order* nilai r^2 jauh dari 1. Selain itu, ketika membandingkan simulasi model dengan hasil percobaan untuk orde nol, maka terlihat performa reaktor antara hasil simulasi model dan hasil percobaan tidak berbeda jauh. Ini menandakan bahwa model kinetika reaksi untuk proses dekolorisasi menggunakan *plug flow reactor* mengikuti *zero order reaction*. Melalui kurva di atas, terlihat bahwa dengan volume reaktor yang tetap dan laju alir zat

warna tertentu, maka akan mempengaruhi *holding time* (waktu tinggal) di reaktor, di mana konversi larutan zat warna yang keluar reaktor akan dipengaruhi oleh *holding time*. Semakin lama *holding time* maka konversi yang didapatkan akan semakin tinggi.

Konstanta laju reaksi yang didapatkan berdasarkan *zero order reaction* tersebut adalah 0,057504 ppm/menit. Angka ini menyatakan bahwa dalam waktu 1 menit, konsentrasi zat warna menurun sebesar 0,057504 ppm. Secara umum, laju reaksi untuk *zero order reaction* ditentukan oleh beberapa faktor lain selain konsentrasi dari reaktan atau larutan yang digunakan. Contohnya adalah adanya radiasi dengan intensitas cukup besar pada reaksi fotokimia ataupun peristiwa katalisis pada reaksi fasa gas oleh *solid* tertentu (Levenspiel, 2003). Oleh karena itu, perlu dicari faktor-faktor lain yang mempengaruhi kinetika reaksi dari *zero order reaction* ini, di mana dalam percobaan ini adalah adanya proses adsorpsi dan reaksi antara material fotokatalis dengan partikel zat warna. Hal ini dapat dijelaskan melalui teori *Langmuir-Hinshelwood*.

Model kinetika reaksi untuk proses degradasi zat warna dengan variasi konsentrasi mengikuti model yang sama yakni *zero order reaction*. Konsentrasi zat warna yang bervariasi tidak mempengaruhi laju reaksi mengingat reaksi yang terjadi mengikuti orde nol, sehingga nilai *k* untuk masing-masing percobaan sama besarnya. Hal ini membuktikan bahwa seiring dengan meningkatnya konsentrasi, laju penurunan konsentrasi zat warna adalah tetap, yakni 0,057504 ppm/menit, sehingga waktu yang diperlukan agar zat warna dapat terdegradasi secara sempurna akan semakin besar. Sesuai dengan percobaan yang dilakukan, dengan waktu tinggal yang sama untuk setiap variasi konsentrasi zat warna dan laju reaksi yang sama pula, semakin meningkatnya konsentrasi zat warna maka zat warna yang terdegradasi akan semakin kecil sehingga menurunkan nilai konversi.

Kinetika proses dekolorisasi zat warna dapat dijelaskan menggunakan teori *Langmuir-Hinshelwood*. Dengan teori ini, dapat dijelaskan bahwa reaksi kimia yang terjadi antara material fotokatalis dengan partikel zat warna terjadi di permukaan partikel katalis. Pada percobaan dilakukan analisa kinetika proses dekolorisasi berdasarkan kondisi terbaik yang telah didapatkan dari variabel yang diuji. Persamaan yang digunakan :

$$r = \frac{-dC}{dt} = \frac{kr \cdot K \cdot C}{1 + K \cdot C}$$

$$t = \frac{1}{K \cdot kr} \ln \left(\frac{C_0}{C} \right) + \frac{1}{kr} (C_0 - C)$$

Karena konsentrasi substrat (zat warna) yang digunakan rendah (10 ppm), maka dapat diasumsikan bahwa laju reaksi mengikuti *pseudo first order*, di mana persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi :

$$r = -\frac{dC}{dt} = k_r KC = k' C$$

$$\ln\left(\frac{C_0}{C}\right) \cong kr.K.t = kr'.t$$

Untuk model *plug flow reactor*, dengan asumsi densitas sistem yang konstan (karena sistem berupa cairan), maka persamaan laju reaksi dapat dihitung dengan persamaan (Levenspiel 3rd edition, halaman 102) :

$$\tau = - \int_{C_{A0}}^{C_{Af}} \frac{dC_A}{-r_A}$$

di mana τ merupakan waktu tinggal larutan dalam bak, C_{A0} merupakan konsentrasi awal zat warna, C_{Af} merupakan konsentrasi zat warna keluar, dan k' merupakan konstanta laju dekolonisasi.

Dengan menyelesaikan persamaan integrasi di atas, didapatkan nilai k' sebesar 0,0218/menit.

LUARAN PENELITIAN

Luaran penelitian hingga tahun terakhir penelitian ini berupa:

Makalah yang dipresentasikan pada kegiatan seminar ilmiah:

1. Arief Budhyantoro, **Restu Kartiko Widi**, Preparation of TiO₂-Fe₃O₄ Supported Bentonite and Its Activity Test for Photocatalytic Degradation of Phenol., 2nd International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering, Oktober 2014 (ISFACHE 2014)
2. **Restu Kartiko Widi**, Arief Budhyantoro, Emma Savitri, Study Of Photocatalytic Degradation Of Basic Blue On TiO₂-Fe₃O₄ Pillared Bentonite, 4th International Conferences on Chemical Science (ICCS), Padang, September 2015
3. **Restu Kartiko Widi**, Arief Budhyantoro, Elvin Dave Hartanto, Raymond Reynaldo, Sintesis TiO₂/Fe₃O₄-Bentonit dan Aplikasinya Dalam Fotodegradasi Fenol, Seminar Nasional Kimia (SNK 2016), Lombok, Agustus 2016

Artikel yang diterbitkan pada jurnal internasional:

4. **Restu Kartiko Widi**, Arief Budhyantoro, Catalytic Performance of TiO₂-Fe₃O₄ Supported Bentonite for Photocatalytic Degradation of Phenol, 2014, International Journal of Applied Engineering Research, vol. 9 no. 23, Research India Publications, *Scopus cited*

5. **Restu Kartiko Widi**, Arief Budhyantoro, Emma Savitri, Use of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ Pillared Bentonite as Photocatalyst in Photodegradation of Basic Blue, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2015, 7(9S):183-188 *Scopus cited*
6. Emma Savitri, **Restu Kartiko Widi**, Arief Budhyantoro, The Effect of the Calcinations Temperature during Synthesis of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ -Bentonite as Photocatalyst Material, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2015, 7(9S): 70-75 *Scopus cited*

Draft artikel yang akan/telah disubmit pada jurnal internasional:

7. Submitted article to *Polymer Plastic Technology and Engineering (ISI Thompson cited)*, **Restu Kartiko Widi**, Dewi C. Susilo, Arief Budhyantoro, Ruth C., Preparation of Immobilized Glucose Oxidase Wafer Enzim on Bentonite Modified by Surfactant
8. draft artikel **Restu Kartiko Widi**, Arief Budhyantoro, Emma Savitri, Ardy, Indra Prasetyo, Kinetic Study on Photodegradation of Methylene-blue by $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ -Bentonite Photocatalyst

Draft paten dan draft buku ajar (segera didaftarkan):

9. draft naskah paten berjudul "Metode Pembuatan Keramik Berkemampuan Fotokatalis Berbasis Oksida Ti" yang merupakan revisi draft paten tahun sebelumnya setelah melalui diskusi dengan pakar;
10. draft buku ajar yang direncanakan berjudul "Konsep Dasar Kimia dan Kimia Material" dan diperuntukkan bagi mahasiswa tingkat awal

DAFTAR PUSTAKA

1. Arief B., 2002, Metode Pillarisasi dan Interkalasi Lempung, *Jurnal Teknologi Industri dan Informasi*, vol. 3, No. 1, UBAYA, Surabaya, 35-42.
2. Arief B., 2004, Pillarization of Natural Bentonite Clay Using Al and Fe Through CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) Intercalation, *Prosiding Seminar Nasional Kimia, Universitas Gadjah Mada*, ISSN : 1410-8313, Oktober 2004.
3. Arief B., Hadiatni Rita, P., Yanti dan Dina Kartika, 2003, Pillarisasi bentonite Clay dan Aplikasinya dalam Penghilangan Warna pada Limbah Industri Tekstil, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2003 di Yogyakarta*, ISBN : 979-97893-0-3, KR-17.
4. Arief Budhyantoro, Restu Kartiko Widi, Emma Savitri, Pillarisation of Natural Bentonite with Mixed Metal Fe-Al And Its Application in Chromium Ion Adsorption, 12th Asian Chemical Congress, Federation of Asian Chemical Societies, Kuala Lumpur, Malaysia (accepted, February 2007)
5. Aruna, S.T., and Patil, K.C., 1996, *Journal of Material Synthesis and Processing*,4[3]: 175 – 179.
6. Barthlott, W and C.Neihuis, 1997, Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces, *Planta* 202 : 1
7. Cool, P. and Vansant, E.F., 1998, *Pillare Clays : Preparation, Characterization and Applications*, *Accademic Press*, Antwerp, Belgia.
8. Dao Rong LI, Ling Na SUN , Chang Wen HU, 2006, Simple Preparation of the Photocatalyst of Sn²⁺-doped Titania, *Chinese Chemical Letters* Vol. 17, No. 8, pp 1089-1092, 2006, <http://www.imm.ac.cn/journal/ccl.html>
9. Donia Beydon, 2000, Preparation, Characterisation and Implication for Organic Degradation in Aqueous System, Doctor of Phylosophy Thesis Report, The University of New South Wales.

10. Howe, R.F., 1998, Development in Chemical Engineering and Mineral Processing, 6[1]: 55 – 84.
11. Huston, N.D., Donald, J., Gualdoni and Yang, R.T., 1998, Synthesis and Characterization of The Microporosity of Ion-Exchanged Al₂O₃-Pillared Clays, *Chem. Mater*, Vol.10, American Chemical Society Publisher, USA, 3707-3715.
12. Ismat Shah, C.P. Huang, J. G. Chen, D. Doren and M. Barteau, 2003, Semiconductor Metal Oxide Nanoparticles for Visible Light Photocatalysis, NSF Nanoscale Science and Engineering Grantees Conference, Dec 16-18, 2003, Grant No. 0210284, University of Delaware, Newark, DE 19716
13. Jiunn Shieh, K, Min Li, Yu-Hwe Lee, Shinn-Der Sheu, Yu-Tsung Liu, Yau-Chyr Wang, 2006, Antibacterial performance of photocatalyst thin film fabricated by defection effect in visible light, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine 2* , Elsevier, 121–126
14. Keiichi Maki, Yatsutaka Kuwahara, Shinichi Kawasaki, Sayoko Shironita, Masanori Tomonari, Tetsutaro Ohmichi, Kosuke Mori, Iwao Katayama, Hiromi Yamashita, 2007, xafs Study on Photocatalyst Prepared on Zeolite Synthesized from Steel Slag, Photon Factory Activity Report # 24 Part B (2007) : Material Science, Division of Materials and Manufacturing Science, Osaka University.
15. Mutlu Özcan, Pekka K. Vallittu, 2007, Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics, *Dental Materials 19* (2003) 725–731, Elsevier
16. Mineral Structure and Property Data Base : TiO₂ Group, University of Colorado, download pada, 27 Maret 2009; <http://ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html>
17. Nagaveni, K, G. Sivalingam, M. S. Hegde, and Giridhar Madras, 2004, Photocatalytic Degradation of Organic Compounds over Combustion-Synthesized Nano-TiO₂, *Environ. Sci. Technol.*, 2004, 38 (5), pp 1600–1604
18. Ohwaki, T, T. Morikawa, K. Aoki, H. Masaki, K. Suzuki, R. Asahi, and Y. Taga, 2005, Fundamentals and Applications of Visible-Light Induced Photocatalyst, Conference Prosiding of Clean Surfaces Technology Program Seminar at Tekes, May 26.
19. Restu Kartiko Widi, Arief Budhyantoro, Effect of HDTMA on Pillarisation of Bentonite with Metal Fe And Its Application in Copper Ion Adsorption, 12th Asian Chemical Congress, Federation of Asian Chemical Societies Kuala Lumpur, Malaysia
20. Restu Kartiko Widi, Arief Budhyantoro, Indrayana Firmansyah, 2007, *Modification of Bentonite by Pillarisation and Intercalation and Its Application in Phenol Hydroxylation*, 14th regional Symposium on Chemical Engineering, Yogyakarta, Indonesia
21. Restu Kartiko Widi, Arief Budhyantoro, Emma Savitri, 2009, *Hydroxylation of Phenol with Hydrogen Peroxide Catalyzed by Modified Bentonite*, Journal of Chemistry and Chemical Engineering, vol.3 no.4, David Publishing
22. Restu Kartiko Widi, Arief Budhyantoro, Lieke Riadi, Esterification of Palmitic Acid over Acid Catalyst from Modified Bentonite, 2009, International Journal of Applied Chemistry, vol. 6 no 1, 11-18, Research India Publications
23. Roland Benedix, Frank Dehn, Jana Quaas, Marko Orgass, 2000, Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self-Cleaning Building Materials, LACER No.5, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität Leipzig
24. Sarikaya, Y., Önal M., Baran, B. and Alemdaroğlu, T., 2000, The Effect of Treatment on Some The Physicochemical Properties of a Bentonite, *Clays and Clay Minerals*, Vol. 48, No. 5, 557-562.
25. Savitri, E, R.K. Widi, A. Budhyantoro, 2007, *The effect of Catalyst ratio on Phenol Hydroxylation by Using Fe-Pillared Bentonite Catalyst*, 14th regional Symposium on Chemical Engineering, Yogyakarta, Indonesia
26. Three Bond Technical News Issued January 1, 62, 2004, Titanium-Oxide Photocatalyst, Three Bond Co. Ltd., Tokyo Japan.

LAMPIRAN 1: Cuplikan makalah ISFACHE 2014

The 2nd International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering 2014 (ISFACHe 2014) in
Conjunction with 2nd Joint Symposium ITS-NTUST
Inna Kuta Hotel, Bali, Indonesia, November 12-13, 2014

F07- Preparation Of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ Supported Bentonite And Its Activity Test For Photocatalytic Degradation Of Phenol

Arief Budhyantoro and Restu Kartiko Widi*

Department of Chemical Engineering, University of Surabaya (UBAYA), Raya Kalirungkut
Tenggilis TG building 5th floor, 60292, Surabaya, Indonesia

*Corresponding Author's E-mail: restu@ubaya.ac.id

Abstract

The bentonite suspension was prepared and used as porous support for synthesis of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ based photocatalyst with varying TiO_2 loading. The variations $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ of in this experiment were 1:1 and 2:1. the synthesis of the photocatalytic materials have been carried out by sol-gel method and followed by calcination. The temperatures of calciantion were varried at 500, 600 and 700°C. The physicochemical properties of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ bentonite samples were characterised by X-ray diffraction. Photocatalytic activity of the materials was evaluated by phenol photodegradation using 20W UV light for 60 minutes. The titania content in the materials significantly influenced the physicochemical properties and catalytic activity.

Keywords: TiO_2 , anatase, bentonite, photocatalytic, phenol degradation

LAMPIRAN 2: Cuplikan makalah ICCS 2015



ICCS IV
4th International Conference on Chemical Sciences

Presents this certificate to

Restu Kartiko Widi, S.Si, M.Si, PhD

FOR ATTENDING THE CONFERENCE
AS ORAL LECTURER
PADANG, 16-17 SEPTEMBER 2015

PROF. RAHMIANA ZEIN, PH.D
CHAIRPERSON



ROOM 3 OP-52 (13.00 PM)

Study of Photocatalytic Degradation of Basic Blue on $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ Pillared Bentonite

Restu Kartiko Widi¹, Arief Budhyantoro¹, Emma Saetris¹

¹Department of Chemical Engineering, University of Surabaya (UBAYA), Raya Kalungkuat Tenggilis TG building 5th floor, 60292, Surabaya, Indonesia

^{*}Email: restu@ubaya.ac.id

ABSTRACT

Surfactant molecule pillared bentonite was prepared and used as porous support for synthesis of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ based photocatalyst with varying TiO_2 and Fe_3O_4 loading. The raw bentonite was obtained from Pacitan, Indonesia. The surfactant molecule was Tetra Methyl Ammonium salt. The variations $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ of in this experiment were 1:3 and 3:1. The synthesis of the photocatalytic materials have been carried out by sol-gel method and followed by calcination. The temperature of calcination was at 500°C. The physicochemical properties of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ bentonite samples were characterised by X-ray diffraction. Photocatalytic activity of the materials was evaluated by basic blue photo degradation using UV light. The titania and magnetite content in the materials significantly influenced the physicochemical properties and catalytic activity. High TiO_2 and Fe_3O_4 loading in the material produced crystalline of anatase and magnetite furthermore enhanced basic blue degradation.

Keywords: TiO_2 , Fe_3O_4 , bentonite, photocatalytic, basic blue degradation

LAMPIRAN 3: Cuplikan makalah SNK 2016

Prosiding Seminar Nasional Kimia Lombok 2016
Lombok, 10-11 Agustus 2016
Artikel No.0311

SINTESIS $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ -BENTONIT DAN APLIKASINYA DALAM FOTODEGRADASI FENOL

SINTHESES $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ -BENTONIT ITS APPLICATION IN PHOTODEGRADATION OF PHENOL

Rostu Kartiko Widi¹, Anief Budhyantoro, Elvin Davo Hartanto, Raymond Reynolds

¹Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya, Gedung T3 lantai 5, Raya Kalitrumelut, Surabaya 60293

email: rostu@staff.usu.ac.id

ABSTRAK

Saat ini reaksi fotokatalisis mulai dipertimbangkan sebagai salah satu metode pengolahan limbah berbahaya. Prinsip metode ini adalah dengan mendegradasi senyawa-senyawa berbahaya dalam limbah menjadi komponen yang lebih ramah lingkungan menggunakan cahaya sebagai agen katalis berenergi. Namun, metode tersebut masih memiliki kekurangan karena fotokatalis yang digunakan masih dapat terakumulasi sehingga tidak dapat bertahan lama. Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakan kombinasi TiO_2 dan Fe_2O_3 yang diimbangkan dalam bentonit. Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis material fotokatalis dan dilakukan pengujian untuk mendapatkan komposisi perbandingan yang tepat antara $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ -bentonit. Variabel yang digunakan adalah suhu proses sintesis dan perbandingan konsentrasi masing-masing material. Selanjutnya, akan dilakukan uji pendegradasian fenol oleh fotokatalis yang dibuat. Variabel yang digunakan adalah sumber sinar UV, waktu reaksi fotokatalisis. Dari hasil percobaan diperoleh persentase konversi fenol terbesar didapat dari uji aktivitas material fotokatalis dengan perbandingan Ti dan Fe = 2 : 1, pada suhu kalsinasi 620°C dengan waktu penyinaran selama 60 menit menggunakan lampu UV. Persentase konversi fenol yang diperoleh dari proses tersebut sebesar 16,085%.

Kata kunci: TiO_2 , polutan, fotokatalisis, fenol, bentonit

ABSTRACT

Nowadays, photocatalytic reaction began to be considered as one of the hazardous waste treatment methods. The principle of this method is to degrade harmful compounds in the waste into more environmentally friendly components using light assisted by a particular catalyst. However, these methods still have disadvantage because photo catalyst may be poisoned so it can not survive for a long time. To resolve this problem, use a combination of TiO_2 and Fe_2O_3 that entrusted in the bentonite. This paper described the synthesis and characterization of $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ -bentonite in different composition. The variables used were temperature of synthesis process and the comparison of the concentrations for each material. Furthermore, its activity has been tested for phenol photodegradation. The variables used for performance test were phenol concentration, catalyst mass and photocatalytic reaction time. The experimental results showed that the highest percentage of phenol conversion was obtained from the photocatalyst of Ti:Fe = 2 : 1 (the calcination temperature was 620°C) with exposure time for 60 minutes using a UV lamp. From the process, the percentage of phenol conversion was 16.085%.

Key words : TiO_2 , pollutant, photocatalyst, phenol, bentonite

ISSN: 0-780705-011072

245

ISBN 978-979-89111-97-3

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL KIMIA (SNK) 2016
"Pengembangan Kimia Berbasis Kearifan dan
Sumber Daya Alam Lokal:
Integrasi Riset, Pendidikan dan Industri"

Mataram, 10 - 11 Agustus 2016
Pari Indah Hotel & Conventions, Mataram - Lombok

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS MATARAM
UNIVERSITAS MATARAM
Jl. Majajaj 1811-1812 Mataram - NTB
www.unsmataram.ac.id
Telp. (0371) 8339 11-14000

Catalytic Performance of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ Supported Bentonite for Photocatalytic Degradation of Phenol

Restu Kartiko Widi^{*1} and Arief Budhyantoro¹

¹*Department of Chemical Engineering,
University of Surabaya (UBAYA),
Raya Kalirungkut Tenggilis TG building 5th floor, 60292, Surabaya, Indonesia
^{*}restu@ubaya.ac.id*

Abstract

The capability of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ supported bentonite for phenol photocatalytic degradation was investigated. The raw bentonite obtained from Pacitan, Indonesia was used as porous support for synthesis of the $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ based photocatalyst with varying ratio of TiO_2 and Fe_3O_4 . The variations $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ of in this experiment were 2:1 and 3:1. The synthesis of the photocatalytic materials have been carried out by sol-gel method and followed by calcination. The temperatures of calcination was at 700°C . The physicochemical properties of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ bentonite samples were characterised by X-ray diffraction. Photocatalytic activity of the materials was evaluated by phenol photodegradation using UV light.

The titania content in the materials significantly influenced the physicochemical properties and catalytic activity.

Keywords: TiO_2 , anatase, bentonite, photocatalytic, phenol degradation

1. Introduction

The TiO_2 photocatalysts have been extensively studied [1]. As a semiconductor with wide band gap energy and nontoxicity, it is widely used as gas sensors [2], pigment [3], solar-energy conversion [4] and a promising photocatalyst for water and air purification [5–9], dyes adsorption [10] and degradation [11] because of its high oxidative power, chemical stability, low cost, and nontoxicity [12]. Unfortunately, one severe disadvantage of the TiO_2 semiconductor material is the large band gap of 3.0 or 3.2 eV in the rutile or anatase crystalline phase, respectively and only absorbs the UV light which accounts for merely 5% of the solar spectrum. Therefore, there have been many efforts to extend activity of TiO_2 into the visible region to improve



Use of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ pillared bentonite as photocatalyst in photodegradation of basic blue

Restu Kartiko Widi*, Arief Budhyantoro and Emma Savitri

Department of Chemical Engineering, University of Surabaya (UBAYA), Raya Kalirungut Tenggilis TG building 5th floor, Surabaya, Indonesia

ABSTRACT

Surfactant molecule pillared bentonite was prepared and used as porous support for synthesis of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ based photocatalyst with varying TiO_2 and Fe_3O_4 loading. The raw bentonite was obtained from Pacitan, Indonesia. The kind of surfactants which used on this research was Tetra Methyl Ammonium salt. The loading variations of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ in this experiment were 1:3 and 3:1. The synthesis of the photocatalytic materials have been carried out by sol-gel method and followed by calcination. The temperature of calcination was at 500, 600, 700 and 800°C. The physicochemical properties of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ bentonite samples were characterized by X-ray diffraction. Photocatalytic activity of the materials was evaluated by basic blue photo degradation using UV light. The titania and magnetite content in the materials significantly influenced the physicochemical properties and catalytic activity. Optimum TiO_2 and Fe_3O_4 loading in the material produced crystalline of anatase and magnetite furthermore enhanced basic blue degradation.

Keywords: TiO_2 , Fe_3O_4 , bentonite, photocatalytic, basic blue degradation

INTRODUCTION

It is well known that the dye effluents, which may be from dyestuff manufacturing and textile industries, may exhibit toxic effects on microbial populations and can be toxic and/or carcinogenic to mammalian animal [1]. Because of their resistance to degradation, they might be present on wastewater at substantial quantity. Though not particularly toxic, dyes might be harmful to human beings and hazardous to aquatic organisms; not to mention their adverse aesthetic effects as they are quite visible. The presence of color also reduces aquatic diversity by blocking the passage of light through water [2].

Various measures have been developed against sources of air, water and soil pollution and have proven effective to a certain degree. However, there are still some unsolved problems with regards to air pollution and yet other new problems such as hazardous chemical substances have arisen. In addition to developing economically feasible measures for energy and resource conservation that are applicable to small to medium size sources of pollution, it is necessary to develop technology to directly clean polluted environments (environmental purification technology). A photocatalyst can break down and remove a variety of environmental (load) pollutants at room temperature by oxidation, using sunlight or artificial light as an energy source.

Nowadays, photocatalytic degradation of organic contaminants is attracting extensive interest for their potential applications in remedying environmental pollution [3-7]. Titania (TiO_2) is a well known material in photocatalysis.



The effect of the calcinations temperature during synthesis of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ -bentonite as photocatalyst material

Emma Savitri¹, Restu Kartiko Widi and Arief Budhyantoro

Department of Chemical Engineering, University of Surabaya, TG building 5th floor, Raya Kalirunglat, Surabaya, Indonesia

ABSTRACT

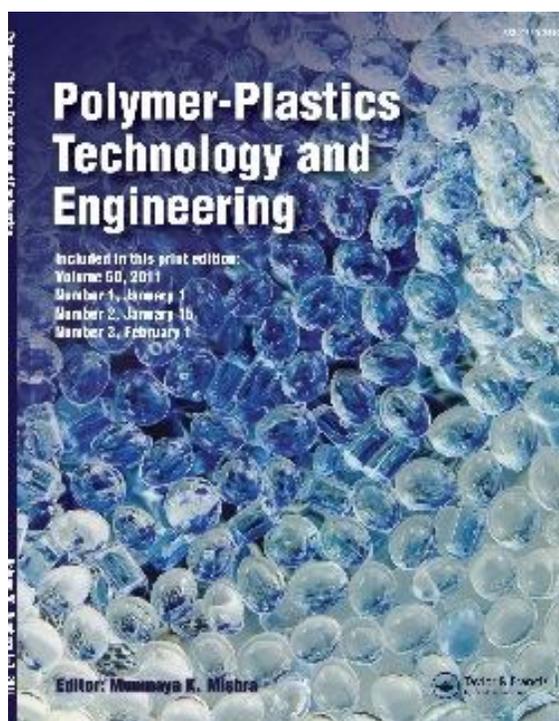
The $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ supported bentonite has been synthesized. The synthesis of the $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ based photocatalyst have been carried out by sol-gel method. The bentonite used for porous support was obtained from Pacitan, Indonesia. The mol ratio of Ti and Fe in this experiment was 1:1. The synthesis of the photocatalyst material were followed by calcinations. This experiment was focused on the effect of temperature calcinations toward Ti and Fe crystal phase, which was affected to the capability of the materials in photocatalysis of phenol degradation. The variation of the calcinations temperature was 500, 600 and 700°C. The physicochemical properties of $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$ bentonite samples were characterized by X-ray diffraction. Photocatalytic activity of the materials was evaluated by phenol photodegradation using UV light. The calcinations temperature was significantly influenced in the forming of anatase phase of TiO_2 which was affected in the catalytic activity.

Keywords: bentonite; calcination; $\text{TiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4$; phenol degradation; photocatalyst

INTRODUCTION

Photocatalytic technology has various applications in degradation of organic and inorganic pollutants. Some of photocatalysts that have been used were TiO_2 , Fe_2O_3 and other substances. TiO_2 has been widely used as photocatalysts because of its relatively high photocatalytic activity, biological and chemical stability, low cost, non-toxicity, and long term stability against photocorrosion and chemical corrosion [1,2]. However, TiO_2 has limitation on the aspect of the photocatalytic activity in the UV region and also the difficulty to be separated from the system. Some methods has been developed by the researchers to solve this limitations, such as doping transition metals [3,4,5,6], doping non-metallic elements [7,8,9,10,11], etc. Its purposes to enhance the photocatalytic activity of TiO_2 and also to improve the utilization of visible light. The researches resulted that the composite photocatalysts had higher photocatalytic activity than single ones. Therefore, iron oxide / iron ore (Fe_2O_3) can be added to TiO_2 as a stabilizer in the application of TiO_2 . The existence of magnetite (Fe_3O_4) as a doping oxide in this composite also serves as a crystal formation controller of anatase phase. Anatase phase of TiO_2 photocatalyst give greater photocatalytic ability than the rutile phase of it [12]. In this study, it also used bentonite as a support catalyst. Bentonite generally is used as adsorbents and catalysts because of the pore number. The utilization of bentonite as solid support will facilitate and accelerate the mass transfer of adsorbate into the bentonite so that the contact between metal oxide of photocatalyst with organic compounds will more easily occur and react.

LAMPIRAN 7: Cuplikan Submitted article to Polymer Plastic Technology and Engineering



PREPARATION OF IMMOBILIZED GLUCOSE OXIDASE WAFER ENZYME ON Ca-BENTONITE MODIFIED BY SURFACTANT

Restu Kartika Wibisono¹, Devi Consiach Triandono², Anief Budiyantoro³, Ruli Christyaning³

¹Department of Chemical Engineering, University of Surabaya, PO Building 2nd Floor, Jln. Raya Kalirunggal, Surabaya 60283, Indonesia

²Department of Ecology, University of Surabaya, PG Building 2nd Floor, Jln. Raya Kalirunggal, Surabaya 60283, Indonesia

ABSTRACT

Nowadays, the use of glucose oxidase (GOx) enzymes as a biosensor to detect the presence of free glucose in human blood has been developed intensively. The costly use of GOx enzyme in biosensor applications can be overcome by GOx enzyme immobilisation techniques on Ca-bentonite inorganic matrix modified by Tetramethylammonium Hydroxide (TMAH) 5%. A wafer enzyme model can be developed by utilizing a conductive polymer that acts as transducer, which will strengthen the electrochemical signal from the wafer enzyme. Wafer enzyme electrochemical signal generated by electrons which is produced from enzymatic reaction will be measured as capacitance value. In this study, wafer enzymes were made in various concentration ratio (Ca-bentonite : PAA) which are 1:0, 1:1, 1:2 and 1:3. The effect of PAA (Poly-Acrylamine Hydrochloride) polymer added with various ratios of concentrations can be shown from the capacitance value on LCR meter and enzyme activity using DNS method. In other hand, cellulose acetate membranes with various concentrations (0.5%, 1%, 1.5% and 2%) were made. The result was not showed the difference of the capacitance value and enzyme activity value. The test results which use several kinds of samples showed that the designed tool could not detect the capacitance values accurately. The high concentration of cellulose acetate membrane produce small homogenous pore, with smooth, flat, thick and rigid macroscopic appearance.

Keywords: Glucose oxidase, Tetramethylammonium Hydroxide, Poly-Acrylamine Hydrochloride, Capacitance, Cellulose acetate membrane

Taylor & Francis; Q1
IF 2015 = 2.53; H index = 36

LAMPIRAN 8: Cuplikan draft Kinetic Study on Photodegradation of Methylene-blue by TiO₂-Fe₃O₄-Bentonite Photocatalyst

Kinetic study on photodegradation of Methylene blue by TiO₂-Fe₃O₄-bentonite photocatalyst

Betha Kartika Widi¹, Arief Budiantoro, Emma Savitri, Ardy, Inda Eriesto

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Surabaya, TG Building 5th Floor, Jl. Raya Kalimasri, Surabaya 60275, Indonesia

*betka@staff.uosy.ac.id

Abstract

The potential of a common semiconductor, TiO₂, has been explored as an effective catalyst for the photodegradation of Methylene blue. The effects of process parameters such as, catalyst loading, initial dye concentration, light intensity, and temperature on the extent of photodegradation have been investigated. A rate equation for the degradation based on Langmuir-Hinshelwood (L-H) model has been proposed. The results show that the adsorption constant (K_{ads}) and rate constant (k_{L-H}) in L-H model are dependent to the light intensity, and increase with increasing the light intensity. With inserting the light intensity parameter to L-H equation, this model can be used for predicting the removal rate at different light intensities and initial concentrations of methylene blue. A comparison between experimental and calculated apparent reaction rate constants shows that the results obtained from the L-H modified model are in good agreement with experimental data.

Keywords: Photocatalysis; Decolorization; Methylene blue; TiO₂; Kinetic

1. Introduction

Wastewater from textile, paper, and some other industries contain residual dyes, which are not readily biodegradable. One of them is methylene blue is dye present in textile and has been reported as a possible cause of asthma, urticaria, and angioedema [1]. It also has phototoxic potentials. Adsorption and chemical coagulation are two common techniques of treatment of such wastewater. However, these methods merely transfer dyes from the liquid to the solid phase causing secondary pollution and requiring further treatment [2]. Semiconductor photocatalysis is a newly developed ACP, which can be conveniently applied for the degradation of dye pollutants. Semiconductors (such as TiO₂, ZnO, Fe₃O₄, CdS, and ZnS) are important due to the electronic structure of the metal

Jurnal yang dituju The Journal of Ceramic Processing Research

Q2 IF 2014 = 0.34; H index = 22

LAMPIRAN 9: Cuplikan draft naskah paten

<u>Deskripsi</u>	
<p>METODE PELAPISAN KERAMIK BERKEMAMPUAN FOTOKATALIS BERBASIS OKSIDA TI</p> <p>5</p> <p>Bidang Teknik Invensi</p> <p>Invensi ini berhubungan dengan metode pelapisan permukaan keramik non glasier menggunakan material fotokatalis TiO_2 dan Fe_3O_4 dengan rasio mol $\text{Ti} : \text{Fe} = 1 : 3$, yang diembankan pada bentuk slati. Teknik pelapisan dan jenis perekat/binder pada permukaan keramik merupakan hal utama yang diajukan dalam invensi ini.</p> <p>10</p> <p>Latar Belakang Invensi</p> <p>15</p> <p>Baat ini metode yang banyak digunakan untuk menghilangkan senyawa organik dalam suatu limbah baik limbah cair maupun limbah gas adalah menggunakan metode adsorpsi. Metode ini hanya efektif pada waktu tertentu berdasarkan kapasitas adsorpsi adsorben, sehingga harus dilakukan penggantian terhadap adsorben tersebut. Hal ini tentu akan meningkatkan biaya operasional perusahaan. Selain itu juga berpotensi menimbulkan suatu masalah baru yaitu bagaimana membuang polutan yang telah terserap dalam adsorben.</p> <p>20</p> <p>Metode lain yang digunakan secara terbatas saat ini adalah penggunaan material fotokatalis, karena teknologi ini masih termasuk teknologi mahal. Beberapa penggunaan fotokatalis sebagai pengolah limbah adalah pada</p> <p>25</p>	<p>limbah cair. Jika limbah berbentuk gas maka saat ini dimanfaatkan material fotokatalis tersebut secara komersial.</p> <p>Invensi ini menawarkan sebuah metode baru untuk beraplis material fotokatalis sehingga penggunaan fotokatalis dalam pengolahan limbah cair dan gas akan menjadi lebih pengelasaannya relatif murah dibandingkan metode yang saat ini.</p> <p>5</p> <p>Saat ini beberapa penelitian pelapisan sebuah fotokatalis TiO_2 telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Metode yang digunakan adalah menggunakan metode jenis binder dan juga ada metode pemanasan permukaan keramik dengan suhu tinggi mencapai 700°C.</p> <p>10</p> <p>Verhulst dkk (2002), telah menemukan metode oksida logam lainnya menggunakan metode spray hidro akan di spray diatas permukaan keramik sehingga terpelaut diupapkan sehingga terbentuk amorph diperm selanjutnya dilakukan proses kalsinasi sehingga terdang dengan sebaran yang merata di permukaan keramik.</p> <p>15</p> <p>King Lun YEUNG dan Nan Yao (2004) melapik permukaan bahan, yang dibuat dengan mencampurkan polyethylene glycol dan 10% air kemudian ditreatment dan terbentuk sol TiO_2. Sol kemudian diaplikasikan pada sebuah menggunakan metode sprya, kemudian dikalsinasi se TiO_2 dengan ukuran kristal 3-25 nm dan permukaan hidroksida. Keberadaan TiO_2 dan gugus hidroksida memiliki kemampuan mendegradasi senyawa organik</p> <p>20</p> <p>25</p>

LAMPIRAN 10: Cuplikan draft buku ajar

KONSEP DASAR KIMIA DAN KIMIA MATERIAL	KATA PENGANTAR
<p>DISUSUN OLEH:</p> <p><u>Restu Kartiko Widi</u> <u>Arief Budhyantoro</u></p>	<p><i>Salah satu ciri mendasar dari manusia adalah memiliki rasa keingintahuan yang besar. Rasa keingintahuan ini mendorong manusia untuk melakukan penelitian yang tak terbatas yang akhirnya melahirkan berbagai macam pengetahuan (knowledge). Pengetahuan yang diperoleh dengan metode laris dan sistematis serta menggunakan teknik-teknik penelitian-penelitian dan metode-metode universal disebut sebagai ilmu (science) (science). Sains, sains, sains yang berdasarkan dasar-dasar penelitian, penelitian dan teknologi dan ilmu pengetahuan (applied science) dikenal sebagai sains.</i></p> <p><i>Ilmu adalah salah satu cabang ilmu (science) alam (natural science) yang mendalami struktur, komposisi, sifat dan transformasi materi. Molekul, atom, partikel dari materi stabil, dijadikan sebagai objek utama, sehingga kimia diartikan dengan ilmu tentang molekul (science of molecules).</i></p> <p><i>Ilmu sains bisa disebut sebagai ilmu (science) sentral (the central science) karena dipertakan untuk mendalami berbagai sains dan ilmu lain. Contohnya, kimia fisika mempelajari pemrosesan dalam bidang farmasi, teknologi kimia, bioteknologi, teknologi elektronik, teknologi mesin, pertanian, kelautan, geologi, astronomi, fisika, dll. Bahkan secara filosofis, kimia dapat digunakan untuk memahami berbagai ilmu (science) sosial (social sciences). Oleh sebab itu, ditubagai perguruan tinggi, kimia diajarkan sebagai mata kuliah wajib untuk semua program studi. Kimia ini disebut kimia umum, kimia dasar dan kimia untuk universitas.</i></p> <p><i>Dalam Konsep Dasar Kimia dan Kimia Material ini disusun untuk membantu mahasiswa dalam memahami ilmu (science) dan teknologi sains, serta teknologi yang berkaitan dengan ilmu kimia dan material. Kimia dipertimbangkan sebagai ilmu tentang molekul baik dalam bentuk deskripsi (pengantar) maupun secara. Untuk itu, pertama kali, akan dibicarakan hal tentang</i></p>

LAMPIRAN 11: Gambar-gambar kegiatan, alat, produk



Prototype bak pengolah limbah (kontinyu)



Kalsinator



Material fotokatalis



Sintesis Material fotokatalis



Prototype bak pengolah limbah (batch)



Menjelang proses fotodegradasi dalam box UV



Proses fotodegradasi dalam box UV



UNIVERSITAS SURABAYA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

GEDUNG PERPUSTAKAAN Lt. 4
JALAN RAYA KALIRUNGKUT (TENGGILIS), SURABAYA, 60293
TELP. (031) 2981360, 2981365 FAX. (031) 2981373

SURAT TUGAS

Nomor : 039/ST-Lit/LPPM-01/Dikti/FTV/2016

Atas dasar Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Hibah Program Penelitian Tahun Anggaran 2016 Nomor: 015/SP-Lit/LPPM-01/Dikti/FTV/2016 tanggal 9 Mei 2016, dengan ini Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Surabaya memberi tugas kepada :

1. Restu Kartiko Widi, S.Si., M.Si., Ph.D. (Ketua Tim Pelaksana)
2. Arief Budhyantoro, S.Si., M.Si. (Anggota Tim Pelaksana)
3. Dr. Emma Savitri, S.T., M.Sc. (Anggota Tim Pelaksana)

untuk melaksanakan Program Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi dengan judul:

Pelapis Keramik dari Bentonit-TiO₂ Berkemampuan Fotokatalis; Sintesis dan Aplikasinya dalam Pengolah Limbah Organik Cair dan Pembuatan Ruang Steril.

Dengan waktu pelaksanaan penelitian mulai tanggal 9 Mei 2016 sampai dengan 31 Oktober 2016 (sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Hibah Program Penelitian), dengan anggaran sebesar: Rp. 130.000.000,- (Seratus Tiga Puluh Juta Rupiah) dan hasil akhir diwujudkan:

1. *Hard copy* laporan hasil pelaksanaan Hibah Program Penelitian (5 eksemplar) dan *soft copy* diunggah di Simlitabmas Dikti.
2. Laporan keuangan dengan bukti-bukti pengeluaran yang asli dan mengisi laporan keuangan di Simlitabmas Dikti.
3. Luaran pelaksanaan program berupa: artikel ilmiah, poster, profil, borang capaian hasil dan luaran lainnya sesuai yang dijanjikan di proposal diunggah di Simlitabmas Dikti.

Penerima tugas **WAJIB** mengikuti segala aturan yang dikeluarkan oleh DIKTI/ Kopertis VII dan/atau Universitas Surabaya.

Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk dilaksanakan sebaik-baiknya.

Mengetahui,



Nemeel Daniel Pah, S.T., M.Eng, Ph.D.
Wakil Rektor I

Surabaya, 24 Mei 2016



Dr. Drs. A.J. Tjahjoanggoro, M.Si.
Ketua

Tembusan :

1. Dekan Fakultas Teknik Ubaya,
2. Direktur SDM Ubaya,
3. Yang bersangkutan.