
Pengaruh Pelapisan Titanium Dioksida (TiO₂) Pada Plat Kaca Terhadap Efektivitas Fotodegradasi *Methyl Orange* Menggunakan Metode Sodis (*Solar Disinfection Water*)

Qurotul A'yun, Ibbatul Fajril Baiti, Rosyid Ridho^{*)}
Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas PGRI Banyuwangi
*email korespondensi : rosyidridho@gmail.com

ABSTRAK

Proses pembuatan TiO₂-Plat Kaca untuk fotokatalis dan pengujian aktivitas katalitiknya dalam proses fotodegradasi zat warna *Methyl Orange* telah dilakukan. Pembuatan TiO₂-Plat Kaca dilakukan dengan melapiskan larutan TiO₂ yang mengandung etanol pada substrat kaca. Struktur kristalnya dianalisis menggunakan difraktometer sinar-X (XRD). Pada penelitian ini analisis difraktometer sinar-X (XRD) dilakukan untuk mengetahui telah terbentuk atau tidaknya fotokatalis. Hasil dari XRD menunjukkan bahwa fotokatalis TiO₂-Plat Kaca telah terbentuk dan kristal yang terbentuk ialah anatase. Pengujian aktivitas fotokatalis dilakukan dengan mereaksikan 0,01 gram TiO₂ Serbuk serta mereaksikan 2 buah TiO₂-Plat Kaca untuk mendegradasi 50 mL larutan *Methyl Orange* 5 ppm yang disinari oleh sinar matahari sebagai sumber cahaya dengan variasi waktu penyinaran (1/2, 1, 2, 4 dan 6 jam). Dari hasil penyinaran menunjukkan bahwa semakin tinggi waktu penyinaran semakin tinggi % *Methyl Orange* terdegradasi, dalam penelitian ini efektivitas fotokatalis terbaik adalah pada waktu 4 dan 6 jam.

Kata Kunci : *Fotokatalis, TiO₂-Plat Kaca, Sodis, Methyl Orange*

PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu bidang yang berkembang pesat di Indonesia. Umumnya proses industri tekstil akan menghasilkan limbah zat warna non-biodegradable (Wijaya dkk., 2006). Zat warna yang terkandung dalam limbah industri tekstil tersebut diantaranya methyl orange. Zat warna methyl orange ini sangat berbahaya karena dapat menyebabkan alergi, iritasi kulit, serta kanker (Cahyadi, 2006). Peneliti terdahulu pernah melakukan penelitian tentang menanggulangi limbah zat warna dengan metode koagulasi, penukar ion, dan ozonasi.

Akan tetapi dengan metode tersebut membutuhkan biaya yang relatif tinggi dalam pengoperasiannya (Widhianti, 2010).

Dalam industri tekstil, Methyl Orange termasuk salah satu zat warna yang sering digunakan. Methyl Orange merupakan salah satu zat warna azo yang digunakan dalam pewarnaan kain. Methyl orange termasuk jenis zat warna azo. Zat warna azo mempunyai sistem kromofor dari gugus azo ($-N=N$) yang berikatan dengan gugus aromatik. Disamping itu, perombakan zat warna azo secara anaerobik pada dasar perairan menghasilkan senyawa amina aromatik yang lebih toksik dibandingkan dengan zat warna azo itu sendiri (Van der Zee, 2002).

Fotokatalis TiO_2 menerima banyak perhatian besar karena secara kimia stabil (Chryscopoulou, 1998), dan aman bagi manusia (Masahiro, 2001) Fotokatalis dibagi menjadi dua jenis yaitu yang mobil dan imobil (tetap) (Li Zhang, 2000). Fotokatalis yang mobil umumnya berbentuk serbuk. Fotokatalis bentuk serbuk sangat efektif untuk menghancurkan zat organik sebagai polutan seperti zat warna (*methyl orange*) karena luas permukaan yang besar. Tetapi pengumpulan kembalinya menjadi masalah besar, karena itu imobilisasi TiO_2 -plat kaca sebagai fotokatalis sangat diperlukan untuk mengatasi masalah ini. Imobilisasi fotokatalis TiO_2 dapat dilakukan dengan berbagai cara.

Dalam penelitian ini digunakan TiO_2 sebagai fotokatalis yang di imobilisasikan pada kaca sebagai bahan alternatif dalam proses fotodegradasi *methyl orange* dengan menggunakan sumber sinar matahari. Semikonduktor mempunyai kemampuan fotokatalitik yang apabila terkena cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai, akan menghasilkan oksidator dengan kemampuan untuk mendegradasi sejumlah polutan organik menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dan lebih aman untuk lingkungan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat peralatan gelas laboratorium seperti erlenmeyer, beaker glass, spatula besi, spatula kaca, kaca arloji, labu ukur, dll. Satu set alat pengaduk magnetik stirer, neraca analitik, oven merek Memmert, spektrofotometer uv-vis merek Simadzu, plat kaca 1,5 cm x 1,5 cm.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Titanium (IV) Isopropoksida buatan e-merck, Aquadest, Aluminium foil, Kertas saring, *Methyl Orange* (KOBICA), aseton buatan Merck KGaA, etanol, H_3PO_4 .

Preparasi Pelapisan TiO_2

Plat kaca tipis berbentuk persegi berukuran 1,5 cm x 1,5 cm sebanyak 40 buah. Kaca dibersihkan dengan merendamnya pada larutan H_3PO_4 , dimana H_3PO_4 berfungsi sebagai aktivator dan juga sebagai pelindung bahan dari panas. Kemudian dibilas dengan aquades, dan dibilas lagi dengan aseton. Fungsi aseton untuk mengikat air (H_2O) agar asam lemak dan bakteri hilang. Plat kaca dikeringkan dalam oven pada suhu $45^{\circ}C$ selama 1 jam, setelah itu kaca ditimbang dengan neraca analitik.

Pelapisan TiO_2 Pada Plat Kaca

TiO_2 dilapiskan pada plat kaca dengan metode perendaman. Reagen TiO_2 dituangkan ke dalam suatu wadah dimana plat kaca akan direndam. Meratakan TiO_2 pada plat dengan cara menggoyang-goyangkan selama 3 menit. Mengangkat plat dan membiarkannya kering pada suhu ruang, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu $200^{\circ}C$ selama 10 menit. Setelah dioven, plat didinginkan dengan kipas angin selama 15 menit kemudian dibersihkan dengan kuas. Proses pelapisan ini dilakukan sebanyak 25 kali hingga didapatkan lapisan putih tipis yang merata pada permukaan plat kaca. Menimbang plat yang sudah dilapisi, membandingkan dengan berat kaca sebelumnya.

Proses Fotodegradasi

Penentuan Panjang Gelombang Methyl Orange

Larutan *Methyl Orange* dengan konsentrasi 5 ppm sebanyak 25 mL diukur absorbansinya pada variasi panjang gelombang antara 450 – 480 nm dengan spektroskopi UV-VIS untuk mendapatkan panjang gelombang maksimumnya.

Pembuatan Kurva Standar Untuk Spektroskopi UV-VIS

Larutan *Methyl Orange* dengan variasi 1, 2,5, 5, 10 dan 25 ppm (dibuat dengan cara mengencerkan larutan induk dengan aquades) sebanyak 25 mL diukur absorbansinya dengan spektroskopi UV-VIS pada panjang gelombang optimum.

Penentuan Waktu Optimum Degradasi Methyl Orange

Katalis TiO_2 plat kacadimasukkan dalam Erlenmeyer sebanyak 2 buah kemudian ditambahkan kedalam *Metil Orange* 5 ppm sebanyak 25 mL kemudian diaduk dan disinari matahari langsung dengan variasi waktu yaitu 1/2, 1, 2, 4, dan 6 jam lalu dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-vis.

Penentuan Konsentrasi Optimum Methyl Orange

Katalis TiO_2 plat kaca dimasukkan dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan kedalam konsentrasi *Methyl Orange* 1 ppm, 2,5 ppm, 5 ppm, 10 ppm dan 25 ppm sebanyak 25 mL. diaduk dan disinari matahari langsung dengan waktu optimum lalu dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-vis.

Mencari Penggunaan TiO_2 plat kaca dengan TiO_2 serbuk yang paling efektif terhadap degradasi Mehtyl Orange

TiO_2 sebanyak 0,01 gram dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan kedalam *Methyl Orange* 5 ppm sebanyak 25 mL kemudian diaduk dan disinari matahari langsung dengan variasi waktu yaitu 1/2, 1, 2, 4, dan 6 jam lalu dianalisis

menggunakan spektrofotometer UV-vis.

TiO₂ sebanyak 0,01 gram dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan kedalam konsentrasi *Methyl Orange* 1 ppm, 2,5 ppm, 5 ppm, 10 ppm dan 25 ppm sebanyak 25 mL. Diaduk dan disinari matahari langsung dengan waktu optimum lalu dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-vis.

Analisis Data

Karakterisasi TiO₂-Plat Kaca

Karakterisasi struktur TiO₂-Plat Kaca menggunakan metode analisis XRD (X-Ray Diffraction) untuk melihat terbentuk atau tidaknya imobilisasi TiO₂ pada plat kaca.

Analisis Sampel Methyl Orange

Analisis sampel konsentrasi *Methyl Orange* menggunakan metode Spektrofoto UV-vis untuk menentukan konsentrasi akhir dari masing-masing sampel yang telah difotodegradasi menggunakan metode sodis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Fotokatalis TiO₂-Plat Kaca

Preparasi TiO₂-plat kaca dilakukan dengan menggunakan plat kaca sebagai media pelapisan dan Titanium Isopropoksida (TtiP) sebagai sumber ion Ti dalam pelarut etanol. Dalam proses tersebut TtiP bereaksi dengan etanol membentuk Ti(OH)₂²⁺ yang merupakan bagian utama larutan sol, TiO₂ adalah film tipis TiO₂ yang terbentuk pada substrat gelas. H₂ adalah gas hidrogen yang terlepas ke udara. Imobilisasi TiO₂ pada plat kaca akan membuat ukuran partikel TiO₂ menjadi lebih kecil. Ukuran yang kecil akan memberikan luas permukaan fotokatalis yang lebih besar dibandingkan TiO₂ serbuk. Selain itu, imobilisasi juga mencegah dispersi TiO₂ dalam larutan sehingga diharapkan aktivitas fotokatalis menjadi lebih tinggi. Dari

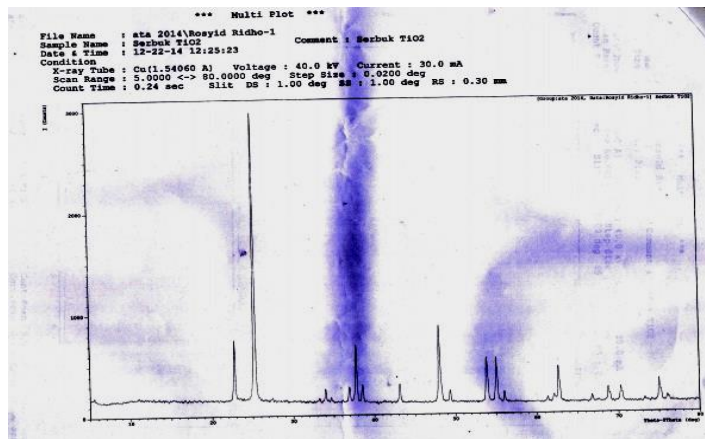
pembuatan fotokatalis TiO₂-plat kaca didapatkan hasil TiO₂-plat kaca yang berwarna putih yang mempunyai berat 0,4316 gram.



Gambar 1. Plat Kaca dan TiO₂-Plat Kaca

Karakterisasi XRD TiO₂- Plat Kaca

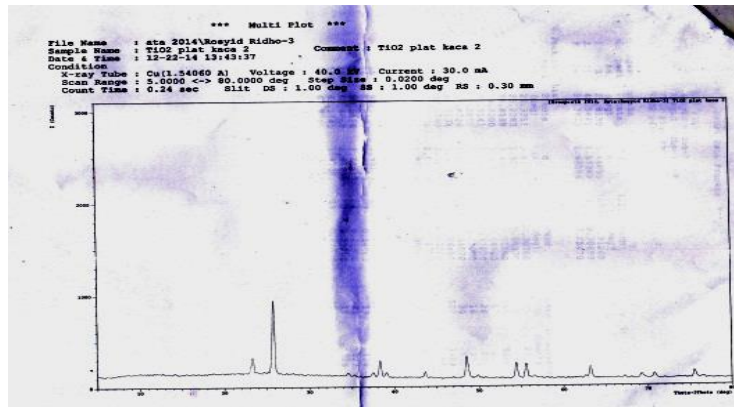
Karakterisasi XRD pada penelitian ini ialah untuk melihat derajat kristalisasi dari lapisan tipis yang terbentuk dan dianalisis dengan X-Ray Difrraction (XRD). Pada penelitian ini data standart karakterisasi TiO₂ diperlukan sebagai acuan untuk melihat terbentuk atau tidaknya TiO₂ yang dilapiskan pada plat kaca. Data XRD TiO₂ serbuk ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Data hasil karakterisasi TiO₂ serbuk

Dari data gambar di atas menunjukkan munculnya puncak-puncak pada sudut $2\theta = 25^\circ$ dengan intensitas tinggi, 37° dengan intensitas rendah dan pada sudut 48°

dengan intensitas sedang.

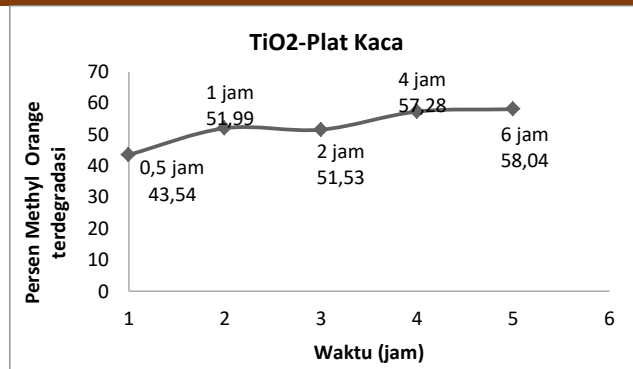


Gambar 3. Data hasil karakterisasi TiO₂-plat kaca

Untuk serapan pada plat kaca menunjukkan puncak pada sudut $2\theta = 25,8^\circ$ dengan intensitas tinggi, dan $48,5^\circ$ dengan intensitas sedang. Serta serapan pada TiO₂-plat kaca menunjukkan puncak pada sudut $2\theta = 54,3^\circ$ dengan intensitas rendah. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa telah terbentuk TiO₂-plat kaca.

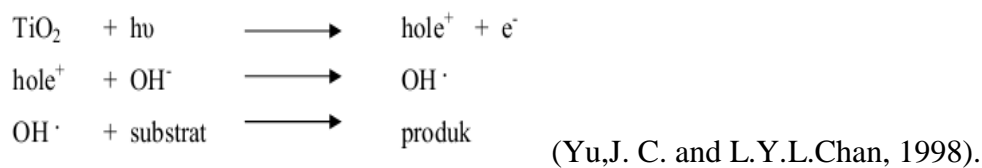
Aplikasi Fotokatalis TiO₂-Plat Kaca Sebagai Pendegradasi Methyl Orange Pengaruh Waktu Penyinaran Optimum

Penentuan waktu penyinaran optimum proses fotodegradasi methyl orange dengan katalis TiO₂- Plat Kaca dilakukan dengan variasi waktu penyinaran dengan sinar matahari selama 0,5, 1, 2, 4 dan 6 jam terhadap campuran larutan Methyl Orange 5 ppm dan 2 buah TiO₂- plat kaca. Dari proses tersebut diperoleh hasil yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. Pengaruh variasi waktu terhadap efektivitas fotodegradasi *Methyl Orange*.

Pada gambar 4 di atas menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyinaran dengan sinar matahari langsung efektivitas fotodegradasi *Methyl Orange* semakin tinggi karena tersedianya energi (foton) yang cukup untuk transisi elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada katalis TiO₂ sehingga tersedia hole dan elektron untuk proses degradasi *Methyl Orange*. Fotokatalis TiO₂-plat kaca akan menghasilkan elektron yang meninggalkan lubang atau hole positif yang menginisiasi air untuk menjadi OH radikal, OH* yang dihasilkan oleh fotokatalis TiO₂-plat kaca tersebut yang berfungsi sebagai pendegradasi *Methyl Orange*. Hal ini sesuai dengan persamaan :



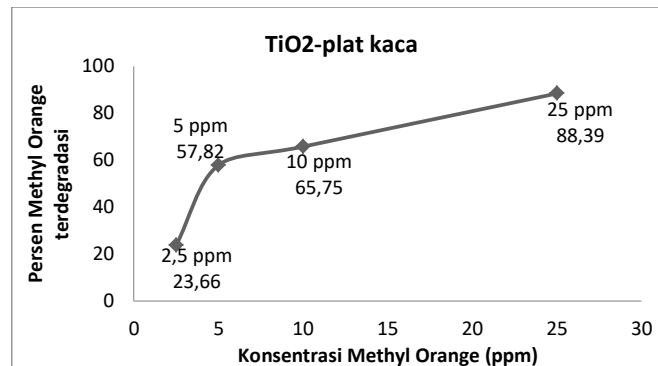
Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak OH* yang didapat, sehingga larutan *Methyl Orange* yang terdegradasi semakin besar. Dengan jumlah *Methyl Orange* tereduksi sebesar 97,78% pada waktu penyinaran 6 jam.

Pengaruh Konsentrasi *Methyl Orange* (MO)

Variasi konsentrasi *methyl orange* dalam penelitian ini digunakan untuk

mengetahui besarnya konsentrasi methyl orange optimum yang mampu didegradasi oleh katalis TiO₂-Plat Kaca. Proses degradasi methyl orange ini berlangsung dengan dikenainya TiO₂ oleh sinar matahari langsung sehingga terjadi eksitasi elektron dari pita konduksi menuju pita valensi. Pita valensi terbentuk hole dan berinteraksi dengan air menghasilkan OH radikal. Pita konduksi terdapat elektron dan bereaksi dengan oksigen membentuk O₂ radikal. OH radikal merupakan spesi oksidator dan O₂ radikal merupakan spesi reduktor. Selanjutnya terjadi degradasi zat warna sehingga menjadi H₂O, CO₂ dan senyawa asam dalam konsentrasi yang rendah.

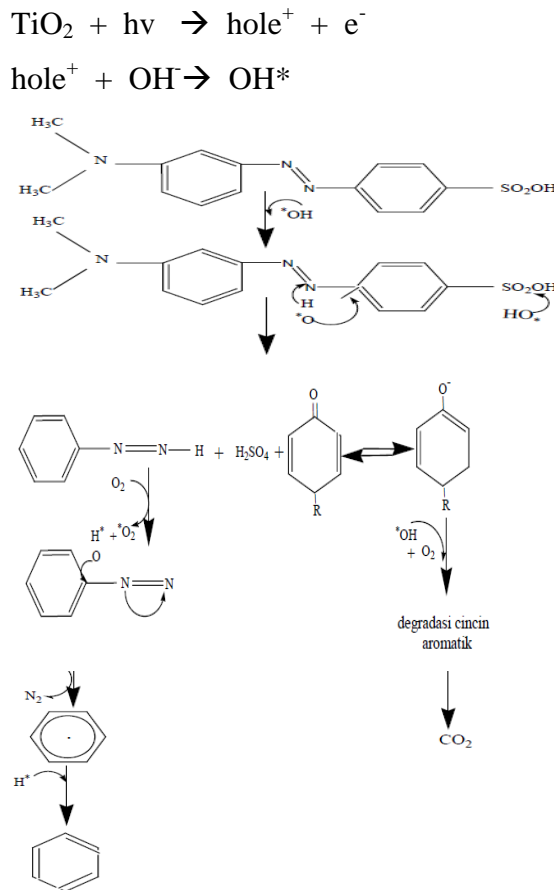
Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal Methyl Orange dilakukan dengan penyinaran 25 ml larutan Methyl Orange dengan variasi konsentrasi 2.5, 5, 10, 25 ppm dan 2 buah TiO₂-Plat Kaca, yang ditunjukkan pada gambar 4.3.2 berikut :



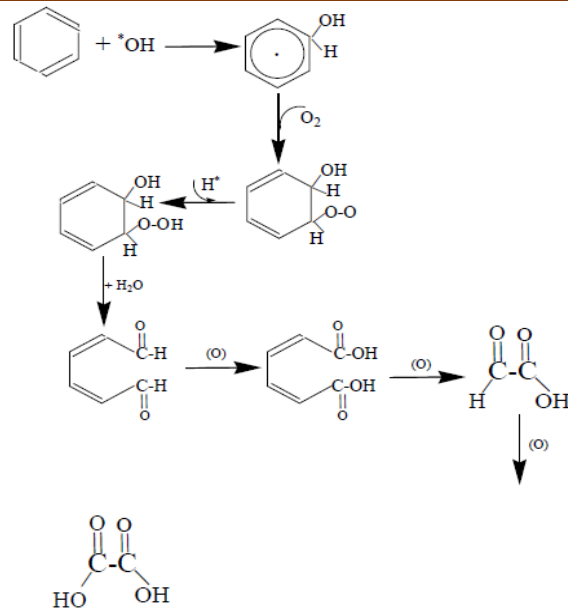
Gambar 5. Pengaruh variasi Konsentrasi *Methyl Orange* terhadap efektivitas TiO₂-plat kaca.

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi *methyl orange* yang digunakan maka semakin tinggi % terdegradasinya hal ini dikarenakan luas permukaan TiO₂ pada plat kaca lebih besar dari pada TiO₂ Serbuk sehingga untuk penyerapannya pun lebih banyak, oleh sebab itu persen terdegradasi TiO₂-plat kaca semakin tinggi pada konsentrasi 25 ppm sebesar 88,39 %. Mekanisme dan optimalisasi kerja fotokatalisis TiO₂-plat kaca, berdasarkan studi literatur (*state of the*

art) mengenai reaksi kimia radiasi dan induksi radiasi pada polutan yang terlarut dalam air, mekanisme degradasi terhadap senyawa azo methyl orange dapat diperkirakan terjadi seperti gambar berikut ini :



Radikal hidroksil adalah radikal utama yang melakukan inisiasi degradasi pada gugus utama senyawa azo dengan menghasilkan radikal fenil dan fenoksi. Pada tahap berikutnya dengan adanya oksigen terlarut akan terjadi abstraksi ion hidrogen dan radikalnya, pada radikal fenil. Pada tahap lebih lanjut akan keluar gas nitrogen yang diikuti dengan proses reduksi pada radikal cincin benzen menjadi senyawa aromatik sederhana. Di sisi lain, gugus radikal fenoksi akan teroksidasi oleh radikal hidroksi menjadi gugus benzen. Degradasi pada gugus benzen :



Cincin aromatik benzen akan terdegradasi menjadi radikal hidroksisikloheksadienil. Radikal ini akan bereaksi dengan oksigen terlarut menghasilkan hidroksi hidroperoksida yang tidak stabil. Reaksi berikutnya adalah terjadinya penghilangan satu molekul air dan pembentukan cincin aromatis dari hidroksi hidroperoksida menjadi mukondialdehid. Mukondialdehid kemudian teroksidasi menjadi asam mukonat. Pada proses oksidasi selanjutnya akan terbentuk glioksial yang kemudian menjadi asam karboksilat.

Pengaruh Penggunaan TiO_2 plat kaca dengan TiO_2 serbuk

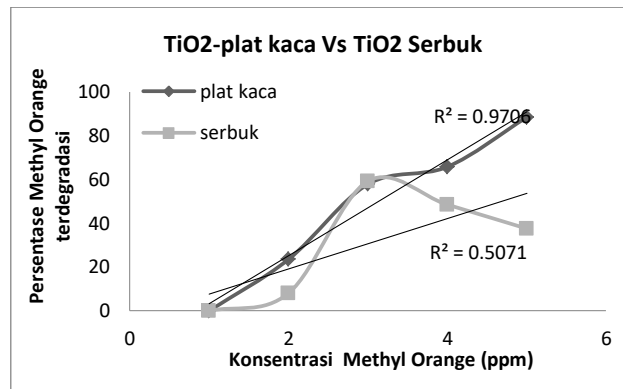
Pengaruh Penggunaan TiO_2 plat kaca dengan TiO_2 serbuk bertujuan untuk mengetahui manakah yang memiliki kemampuan efektivitas degradasi paling tinggi yang dilakukan dengan menggunakan analisis varian (ANOVA) dua faktor. Data dari analisis Anova ditujukan pada tabel 1.

Tabel 1 Perhitungan Anova

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit

Sample	0,052501	1	0,052501	121155,8	2,64E-39	4,351243
Columns	0,126953	4	0,031738	73241,85	2,42E-41	2,866081
Interaction	0,039291	4	0,009823	22668,08	2,99E-36	2,866081
Within	8,67E-06	20	4,33E-07			
Total	0,218753	29				

Dari data Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa nilai F hitung (121155,8) lebih besar dari F tabel (4,351243) maka H_0 ditolak H_1 diterima . Hal ini berarti ada pengaruh antara penggunaan TiO_2 serbuk dan TiO_2 -plat dengan waktu penyinaran terhadap efektifitas fotodegradasi *methyl orange*. Variasi konsentrasi *Methyl Orange* terhadap pengaruh penggunaan TiO_2 -plat kaca dengan TiO_2 serbuk. Bertujuan Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal *methyl orange* yang dilakukan dengan menyinari 25 mL larutan *methyl orange* dengan variasi konsentrasi 2,5 ppm, 5 ppm, 10 ppm dan 25 ppm. Dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Variasi Konsentrasi *Methyl Orange* Terhadap Penggunaan TiO_2 -plat kaca dan TiO_2 serbuk

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa grafik TiO_2 -plat kaca mengalami kenaikan hal ini dikarenakan luas permukaan TiO_2 pada plat kaca lebih besar dari pada TiO_2 Serbuk sehingga untuk penyerapannya pun lebih banyak, oleh sebab itu persentedergradasinya semakin tinggi. Sedangkan pada grafik TiO_2 serbuk mengalami penurunan, karena pada TiO_2 serbuk semakin besar konsentrasi *methyl*

orange yang digunakan maka semakin banyak jumlah molekulnya. Banyaknya molekul tersebut menyebabkan kompetisi antar molekul *methyl orange* untuk terdegradasi oleh katalis TiO₂ serbuk semakin besar. Selain itu, konsentrasi *methyl orange* yang besar akan mempengaruhi sinar matahari yang sampai pada katalis TiO₂ serbuk. Jika sinar matahari yang sampai pada fotokatalis sedikit, maka energi foton yang mengenai fotokatalis juga semakin sedikit dan dapat mengakibatkan kemampuan elektron bereksitasi semakin kecil. Dengan demikian maka akan menghasilkan OH radikal yang semakin sedikit dan kemampuan mengoksidasi semakin menurun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa Pelapisan TiO₂ pada Plat Kaca telah berhasil dilakukan dengan metode coating menggunakan larutan TTiP sebagai sumber ion Ti dan disertai dengan kalsinasi pada suhu 200°C dan kristal yang terbentuk pada TiO₂-plat kaca ialah kristal anatase. Semakin lama waktu penyinaran maka akan meningkatkan efektivitas fotodegradasi larutan *Methyl Orange*. Semakin tinggi konsentrasi awal *Methyl Orange* menghasilkan efektivitas atau % fotodegradasi *Methyl Orange* yang semakin rendah untuk TiO₂ serbuk dan semakin tinggi % terdegradasi *Methyl Orange* untuk TiO₂-plat kaca. Fotodegradasi terhadap 25 mL larutan *Methyl Orange* 5 ppm dapat tercapai secara maksimal, yaitu sebesar 58,04% untuk TiO₂-Plat Kaca dengan lama waktu penyinaran selama 6 jam. Dan sebesar 52,76% untuk TiO₂ serbuk dengan lama waktu penyinar selama 4 jam. TiO₂-plat kaca lebih efektif dalam mendegradasi *Methyl orange* dari pada TiO₂ serbuk.

REFERENSI

A.L.Linsebigler, G.Lu JT. Yates. Chem. Rev. 95 (1995) 753

Amemiya, S. 2004, Titanium-Oxide Photocatalyst, Three Bond Technical News, Vol.

-
- 62, Three Bond Company Ltd., Tokyo.
- Cahyadi, W., 2006, *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*, Jakarta: Bumi Aksara
- Dahlan, D., 2009, Elektrodeposisi of Cu₂O particles by Using Electrolyte Solution Containing Glucopone as Surfactant, *Jurnal Ilmiah Fisika (JIF)* ISSN 1979-4657.
- Endang, Palupi. 2006. *Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO₂*. Skripsi. FMIPA, IPB. Bogor.
- Ewing, G. W. 1960. *Instrumental Methods of Chemical Analysis*. 3rd Edition. Mc Graw Hill Book Company Inc. Kogakusha Company LTD., Tokyo.
- Fujishima, A. dan T.N. Rao. 1998. *Interfacial Photochemistry : Fundamental and Application*. *Pure Appl. Chem.* Vol 70 No. 11, Hal 2177-2187.
- Fujishima, Akira., Kazuhito Hashimoto., Toshiya Watanabe., 1999., *TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications.*, Bkc, Inc., Tokyo.
- Gunlazuardi, J.. 2001. *Fotokatalis pada Permukaan TiO₂ : Aspek Fundamental dan Aplikasinya*, Seminar Nasional Kimia Fisika II, UI : Jakarta.
- Hardjono Sastrohamidjojo. 1991. *Dasar-Dasar Spektroskopi*. Penerbit Liberty. Yogyakarta
- Hariyadi, H., 2010, Pengaruh Ukuran Partikel TiO₂ Terhadap Efisiensi Sel Surya Jenis DSSC (Dye Sensitized Solar Cell), Skripsi, Jurusan Fisika, FMIPA Univ Diponegoro, Semarang.
- Hoffman, M.R., S.T. Martin, W.J. Choi, D.W. Bahnemann. 1995, **Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis**, *Chem.Rev.*, 95, Hal69-96.
- Ismorningsih, G.L. Djufri, dan Rassid; 1982. *Pengantar Kimia Zat Warna*, ITB Bandung.
- Khopkar, S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI Press, Jakarta.

