

Optimasi Daya Degradasi Reaktor Fotokatalitik TiO₂/SiO₂ terhadap Zat Warna Methyl Violet

Afrianty Ramadhani¹, Hardeli², Desy Kurniawati³

Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Padang
Padang, Sumatera Barat

¹afriantyramadhani@gmail.com, ²hardeli1@yahoo.com, ³desy_kimiaunp22@yahoo.com

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju alir dan lama penyinaran optimum reaktor fotokatalitik guna mendegradasi zat warna *methyl violet*. Dalam penelitian ini, TiO₂ Degussa P 25 digunakan dengan penambahan SiO₂ untuk mencegah terjadinya rekombinan antara e⁻ dan h⁺. Variasi laju alir yaitu, 80 ml/s, 95 ml/s, 110 ml/s, 125 ml/s dan 140 ml/s, sedangkan variasi lama penyinaran yaitu, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 jam. Setelah dilakukan proses degradasi, absorbansi *methyl violet* diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan produk degradasi yang terbentuk pada kondisi optimum diidentifikasi menggunakan GC-MS. Karakterisasi Kristal TiO₂/SiO₂ menggunakan XRD. Dari hasil penelitian didapatkan kondisi optimum reaktor fotokatalitik yaitu pada konsentrasi 10 ppm, laju alir 95 ml/s dan lama penyinaran selama 6 jam. Pada kondisi ini diperoleh persentase degradasi sebesar 81,020% dengan jumlah pelapisan yang digunakan sebanyak 5x dan banyaknya kolom gelas yang digunakan 11 buah.

Kata kunci—TiO₂, fotokatalitik, SiO₂, degradasi, methyl violet, laju alir, lama penyinaran.

I. PENDAHULUAN

Methyl violet termasuk zat warna golongan trifenilmetana, bersifat persisten dan sulit dibiodegradasi. Berdasarkan studi yang dilakukan Black *et al* pada 1980, didapatkan bahwa anilin yang terdapat dalam senyawa ini bersifat toksik, mutagenik dan karsinogenik. Bahan kimia ini dapat memicu tumor pada beberapa spesies ikan yang hidup di dasar perairan^[2] sehingga diperlukan penanganan yang serius untuk mengatasi masalah tersebut salah satunya dengan fotokatalisis.

Ghanbarian *et al* (2011)^[6] menjelaskan, pada proses fotokatalitik ketika semikonduktor TiO₂ menyerap sinar UV (≤ 390 nm) yang berenergi sama atau lebih besar dari energi celah pitaanya (3,2 eV), maka terjadi fotoeksitasi elektron. Elektron (e⁻) tereksitasi ke pita konduksi menghasilkan *hole* (h⁺) pada pita valensi. *Hole* berinteraksi dengan air atau ion OH⁻ menghasilkan radikal hidroksil (\cdot OH). Radikal \cdot OH kemudian menyerang molekul organik dan mendegradasinya menjadi produk akhir, CO₂ dan H₂O.

Fotokatalis TiO₂ murni kurang efisien karena adanya rekombinan antara elektron dan *hole*. Oleh sebab itu, TiO₂ harus dimodifikasi dengan penambahan beberapa bahan semikonduktor seperti ZnO, CuO, SiO₂, dan Fe₂O₃. Hal ini bertujuan untuk memperkecil ukuran pori dan memperluas permukaan katalis sehingga mengoptimalkan aktifitas film fotokatalis. Kombinasi antara sol TiO₂ dengan sol SiO₂ menyebabkan keadaan hidrofilik permukaan dapat bertahan lebih lama walaupun berada di ruang gelap.^[7] Keadaan hidrofilik inilah yang akan menghasilkan banyak radikal hidroksil.

Untuk mengatasi keterbatasan kemampuan penetrasi foton pada permukaan katalis dan keterbatasan transfer massa, digunakan suatu alat yaitu reaktor fotokatalitik TiO₂/SiO₂.

Reaktor Fotokatalitik ini terdiri dari kolom gelas yang telah dilapisi oleh TiO₂/SiO₂. Keuntungan dari reaktor fotokatalitik TiO₂/SiO₂ adalah proses degradasi zat warna *methyl violet* tidak membutuhkan tempat yang luas, relatif cepat, tidak memerlukan pemakaian bahan kimia lain, dan memiliki efektifitas dan efisiensi yang tinggi.

Dalam degradasi zat warna *methyl violet* pada reaktor fotokatalitik dipengaruhi oleh konsentrasi awal, volume awal, jumlah kolom gelas, laju alir, jumlah pelapisan TiO₂/SiO₂, dan lama penyinaran. Pada penelitian yang dilakukan oleh Slamet, dkk. (2004) degradasi senyawa organik seperti fenol dengan metode fotokatalisis menggunakan reaktor annular UV-C diperoleh kondisi optimum laju alir 11,26 mL/s. Laju alir yang semakin besar maka proses degradasi semakin besar,^[8] tetapi apabila laju alir sangat besar maka waktu kontak katalis dengan *methyl violet* juga semakin berkurang sehingga yang terdegradasi sedikit dan waktu yang dibutuhkan untuk proses mendegradasi semakin lama. Lama penyinaran berpengaruh pada proses pendegradasian dimana semakin lama penyinaran bagian sisi katalis TiO₂/SiO₂ yang kontak dengan sampel semakin lama, radikal hidroksil yang dihasilkan semakin banyak sehingga proses pendegradasian semakin optimal.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat: Reaktor yang dirangkai dari material besi, sebelas kolom gelas, reservoir berkapasitas 10 liter, pompa air, selang karet, *magnetic stirrer*, *stirrer plate* yang dilengkapi *hote plate*, oven, peralatan gelas, neraca analitik, Spektrofotometer UV-Vis, GC-MS QP 2010 Plus Shimadzu, XRD.

Bahan: zat warna *methyl violet*, TiO₂ Degussa P-25, metanol p.a, H₂SO₄ p.a, K₂CrO₄, TEOS, Etanol, HNO₃ dan Aquades.

B. Prosedur Penelitian

1) Imobilisasi TiO₂/SiO₂

a. Pensterilan kolom gelas

Kolom gelas yang berukuran 60 cm dan diameter 2 cm dicuci dengan detergen dan dibersihkan dengan campuran 1 mL K₂CrO₄ dengan 10 mL H₂SO₄ p.a kemudian dibilas dengan aquades. Setelah itu, kolom gelas direndam dalam larutan metanol selama 1 hari. Kolom gelas dicuci lagi dengan aquades dan dikeringkan dalam oven

b. Preparasi sol SiO₂

Dibuat larutan SiO₂ dengan cara 2,3 ml TEOS dicampur dalam 18 ml etanol, 0,1 ml HNO₃ p.a, dan air 0,3 ml, lalu direfluks selama 3 jam pada suhu 64-68°C dan didinginkan agar terbentuk 20 ml sol SiO₂.

c. Preparasi sol TiO₂/SiO₂

Dibuat sol TiO₂/SiO₂ dengan cara 0,1 gram TiO₂ Degussa P-25 dilarutkan dalam metanol p.a sebanyak 100 mL lalu distirer selama 8 jam pada suhu 64 °C agar terbentuk sol yang homogen. Selanjutnya ditambahkan SiO₂ sebanyak 30 : 70 berat TiO₂ dan distirer kembali selama 2 jam dengan pemanasan pada suhu 64°C.

d. Imobilisasi katalis TiO₂/SiO₂

Sebelum diimobilisasi dengan katalis TiO₂/SiO₂, kolom gelas ditimbang terlebih dahulu untuk penentuan berat awal. Sol TiO₂/SiO₂ yang telah dipreparasi kemudian diimobilisasikan dengan cara sol diisi ke dalam kolom gelas sampai penuh, dидiamkan selama 5 menit dan dikeringkan pada suhu kamar selama 20 menit. Kolom gelas yang telah dilapisi dipanaskan dalam oven pada suhu 150 °C selama 1,5 jam. Setelah dingin kemudian ditimbang. Pelapisan diulang sampai 5x pelapisan sehingga didapatkan lapisan tipis TiO₂/SiO₂ yang merata. Berat lapisan TiO₂/SiO₂ dalam kolom gelas ditentukan secara gravimetrik.

2) Pembuatan Reaktor Fotokatalitik

Reaktor dibuat dengan cara kolom gelas yang telah dilapisi TiO₂/SiO₂ dengan jumlah pelapisan optimum yaitu 5x pelapisan, berukuran ± 60 cm dan diameter 2 cm disusun secara seri dan disambung satu sama lainnya dengan menggunakan selang karet transparan. Susunan kolom gelas ini dihubungkan dengan reservoir berkapasitas 10 L yang dilengkapi pompa sirkulasi. Susunan kolom gelas ini diletakkan di luar ruangan agar terkena cahaya matahari. Reaktor fotokatalitik ini digunakan untuk mendegradasi *methyl violet*.

3) Preparasi Larutan Standar Methyl Violet

Preparasi larutan standar *methyl violet* dilakukan dengan cara 0,005 gram kristal *methyl violet* dilarutkan dengan sedikit metanol sampai benar-benar larut. Larutan ini diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas sehingga konsentrasinya menjadi 50 mg/L. Larutan ini disebut larutan induk. Larutan induk dipipet sebanyak 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 mL, masing-masingnya dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan diencerkan sampai tanda batas, sehingga konsentrasi masing-masingnya menjadi 2, 4, 6, 8, 10 dan 12 mg/L

4) Preparasi Larutan Uji Methyl Violet

Preparasi larutan uji *methyl violet* dengan konsentrasi 10 mg/L dilakukan dengan cara kristal *methyl violet* sebanyak 0,1 gram dilarutkan dengan sedikit metanol sampai benar-benar larut. Setelah itu, diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 1000 mL sampai tanda batas. Larutan ini dimasukkan ke dalam reservoir dan ditambahkan lagi aquades sampai volumenya tepat 10 L.

5) Proses Degradasi Methyl Violet Pada Reaktor Fotokatalitik TiO₂/SiO₂

Proses degradasi *methyl violet* dilakukan dengan cara larutan uji dialirkan dari reservoir menggunakan pompa sirkulasi melewati kesebelas kolom gelas yang sedang dikenai radiasi UV yang berasal dari cahaya matahari. Larutan uji yang keluar ditampung kembali ke dalam reservoir.

Reaktor dilapisi dengan aluminium foil untuk mengoptimalkan kontak antara sinar UV dengan fotokatalis. Laju alir diatur sesuai variasi laju alir secara berturut-turut yaitu 80 ml/s, 95 ml/s, 110 ml/s, 125 ml/s dan 140 ml/s dengan cara menghitung rasio volume air yang keluar dengan waktu yang dibutuhkan. Proses sirkulasi ini dilakukan secara kontinyu sesuai variasi lama penyinaran. Setiap 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 jam sebanyak 10 mL larutan diambil untuk pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis dan identifikasi dengan GC-MS.

6) Karakterisasi hasil imobilisasi TiO₂/SiO₂ dengan XRD

Karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari serbuk katalis TiO₂/SiO₂ dengan mengetahui *peak-peak* sampel dan membandingkan dengan *peak-peak* standar. Karakterisasi dilakukan di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta dengan menggunakan alat Philips PW 1710 yang dilengkapi dengan *channel control* PW 1390. Analisis dilakukan dengan menggunakan X-Ray Cu K α , tegangan 40 kV, arus 30 mA dan jangkauan sudut difraksi $2\theta = 20^{\circ} - 100^{\circ}$ dengan kecepatan pengamatan $2,4^{\circ} / \text{menit}$.

Katalis serbuk dibuat dengan metoda sol-gel tetapi tidak dilapiskan pada kolom gelas untuk membentuk film melainkan dikeringkan hingga menjadi serbuk. Campuran katalis dibuat sama seperti pada pembuatan katalis film, lalu dipanaskan di atas pemanas pada suhu 75-80 °C sambil diaduk dengan magnetik stirer hingga mulai membentuk pasta. Pasta lalu dikeringkan pada oven hingga kering selama 2 jam pada

suhu 120 °C. Setelah kering padatan digerus hingga menjadi serbuk lalu dimasukkan ke dalam furnace dan dikalsinasi pada suhu 450° secara bertahap.

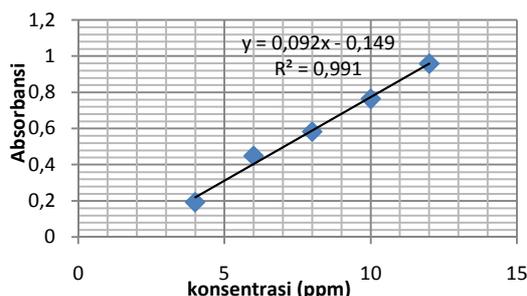
7) Identifikasi dengan GC-MS

Identifikasi dengan GC-MS dilakukan dengan menggunakan alat GC-MS QP 2010 Plus Shimadzu. Identifikasi dilakukan terhadap larutan *methyl violet* yang telah didegradasi dengan reaktor fotokatalitik pada kondisi optimum.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran Absorbansi Methyl Violet dengan Spektrofotometer UV-Vis

Pengukuran absorbansi *methyl violet* dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Berdasarkan hasil pengukuran, *methyl violet* menunjukkan serapan pada daerah *visible* pada panjang gelombang antara 480 nm – 640 nm, dengan serapan maksimum pada panjang gelombang 581 nm. Data pengukuran absorbansi larutan standar *methyl violet* dapat dibuat kurva standar *methyl violet* seperti terlihat pada Gambar 1.



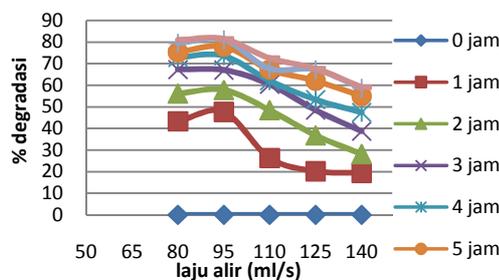
Gambar 1. Kurva Standar Methyl Violet

Grafik pada Gambar 1 memperlihatkan kecenderungan meningkatnya absorbansi seiring dengan semakin besarnya konsentrasi *methyl violet*. Dari kurva standar ini diperoleh persamaan regresi linier yaitu $Y = 0,092X - 0,149$ dengan koefisien korelasi $R^2 = 0,991$. Persamaan ini digunakan untuk menentukan konsentrasi awal dan konsentrasi sisa *methyl violet* setelah proses degradasi. Berdasarkan data pengukuran, larutan standar dengan konsentrasi 10 mg/L yang digunakan sebagai konsentrasi awal *methyl violet* menghasilkan absorbansi dengan nilai 0,76332. Akan tetapi, setelah dilakukan perhitungan diperoleh konsentrasi awal *methyl violet* yaitu sebesar 9,916 mg/L

B. Lama Penyinaran

Pengaruh lama penyinaran terhadap persentase degradasi ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2. Pada grafik, persentase degradasi terlihat semakin meningkat seiring dengan bertambahnya lama penyinaran. Hal ini dikarenakan semakin lama penyinaran maka semakin lama pula waktu

kontak antara foton dengan katalis sehingga semakin banyak elektron dan *hole* yang tergenerasi. Akibatnya, radikal $\cdot\text{OH}$ yang dihasilkan juga semakin banyak. Radikal $\cdot\text{OH}$ ini kemudian menyerang molekul *methyl violet* dan mendegradasinya menjadi senyawa yang lebih sederhana secara bertahap sesuai dengan persamaan reaksi $\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{N}_3^+\text{Cl}^- + \cdot\text{OH} \longrightarrow \text{Produk degradasi}$

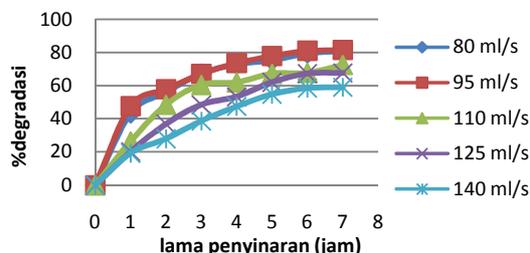


Gambar 2. Grafik Hubungan Laju Alir terhadap Persentase Degradasi Methyl Violet pada Variasi Lama Penyinaran

Persentase degradasi paling besar diperoleh pada lama penyinaran selama 7 jam pada setiap laju alir. Akan tetapi, pada laju alir 95 ml/s persentase degradasi tidak berubah secara signifikan antara jam ke-6 sampai jam ke-7. Hal ini diperkirakan karena telah banyak molekul *methyl violet* yang terdegradasi sehingga penambahan lama penyinaran tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kenaikan persentase degradasi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa lama penyinaran optimum adalah selama 6 jam.

C. Laju Alir

Aktivitas fotokatalitik $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ dalam sistem immobilisasi dibatasi oleh proses transfer massa, yaitu suatu proses dimana molekul-molekul polutan organik bermigrasi dan berinteraksi dengan permukaan katalis. Dalam penelitian ini untuk mengatasi proses transfer massa dilakukan variasi laju alir. Kondisi reaksi dibuat konstan yakni pada pelapisan 5 kali, konsentrasi 10 ppm. Hubungan antara persentase degradasi terhadap lama penyinaran pada setiap variasi laju alir ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Persentase Degradasi Methyl Violet terhadap Lama Penyinaran pada Berbagai Variasi Laju Alir

Grafik pada Gambar 3 memperlihatkan bahwa pada laju alir 95 ml/s, proses degradasi berlangsung paling baik. Pada jam pertama, sebanyak 47,640% *methyl violet* telah

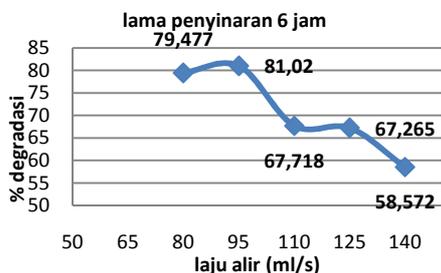
terdegradasi. Persentase degradasi yang besar ini disebabkan konsentrasi *methyl violet* dalam larutan masih tinggi sehingga masih banyak molekul yang dapat diserang oleh radikal $\cdot\text{OH}$ serta berinteraksi dengan situs aktif katalis dan menghalangi rekombinasi elektron-hole. Kenaikan persentase degradasi yang sangat kecil pada jam ke-7 menandakan tidak terjadi perubahan konsentrasi *methyl violet* yang signifikan. Menurut hasil penelitian Slamet dkk (2007) kenaikan persen degradasi yang kecil ini disebabkan oleh sedikitnya jumlah elektron yang mencapai permukaan katalis karena terjadi proses rekombinasi elektron-hole sesuai dengan persamaan reaksi



Hal ini dapat dipahami sebagai akibat sedikitnya konsentrasi *methyl violet* yang tersisa sehingga keterbatasan proses transfer massa pada reaktor fotokatalitik membatasi interaksi molekul dengan situs aktif katalis maupun radikal $\cdot\text{OH}$.

D. Kondisi Optimum

Kondisi optimum merupakan suatu keadaan di mana reaktor fotokatalitik dapat bekerja secara efektif dan efisien. Dalam penelitian ini, keefektifan reaktor ditentukan oleh laju alir dan lama penyinaran. Berdasarkan pada pembahasan sebelumnya, lama penyinaran selama 6 jam dianggap merupakan kondisi reaktor yang paling efektif dan efisien dalam mendegradasi *methyl violet*. Hubungan antara laju alir terhadap persentase degradasi pada lama penyinaran 6 jam ditunjukkan oleh Gambar 13.



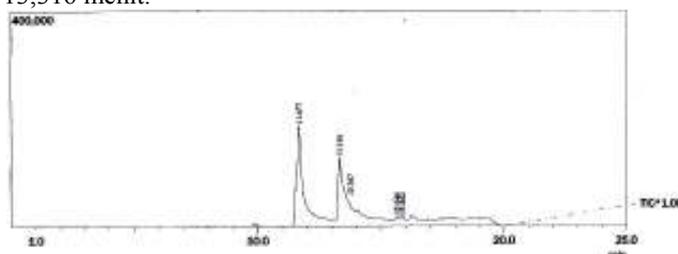
Gambar 4. Grafik Hubungan laju alir terhadap Persentase Degradasi pada Lama Penyinaran 6 Jam

Grafik pada Gambar 4 memperlihatkan kenaikan persentase degradasi dari laju alir 80 ml/s sampai laju alir 95 ml/s dan kemudian menurun pada laju alir 110 ml/s, 125 ml/s dan 140 ml/s. Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum film fotokatalis $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ dalam mendegradasi *methyl violet* adalah pada lama penyinaran 6 jam dan laju alir 95 mL/s dengan persentase degradasi sebesar 81,020 ml/s.

Kondisi ini dapat diartikan dengan laju alir yang semakin besar maka proses degradasi semakin besar, (Slamet, 2007), tetapi apabila laju alir sangat besar maka waktu kontak katalis dengan *methyl violet* juga semakin berkurang sehingga yang terdegradasi sedikit dan waktu yang dibutuhkan untuk proses mendegradasi semakin lama.

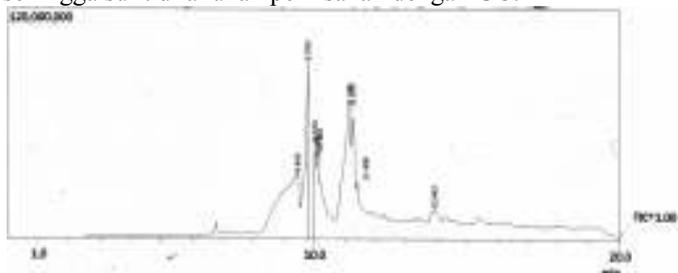
E. Identifikasi dengan GC-MS

Methyl violet merupakan campuran senyawa organik pararosanilin tetrametil ($M_r = 379,5$), pentametil ($M_r = 393,5$) dan heksametil ($M_r = 407,5$).^[3] Zat warna ini dikenal dalam bentuk garamnya (C^+D^-) dengan rumus molekul $C_{23}H_{26}N_3^+Cl^-$, $C_{24}H_{28}N_3^+Cl^-$, dan $C_{25}H_{30}N_3^+Cl^-$.^[4] Senyawa-senyawa yang teridentifikasi dari hasil analisa GC-MS dalam larutan *methyl violet* yang belum mengalami proses degradasi ditunjukkan oleh Gambar 5. Pada Gambar 5 terlihat dua puncak utama dengan waktu retensi (RT) masing-masingnya 11,677 dan 13,316 menit.



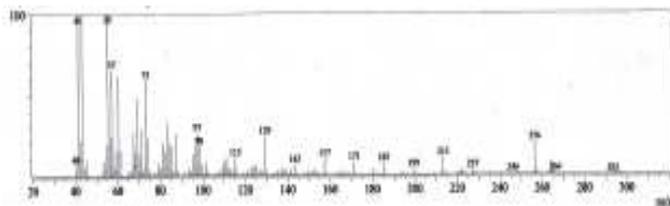
Gambar 5. Kromatogram *Methyl Violet* Sebelum Proses Degradasi

Identifikasi dengan GC-MS dilakukan untuk mengonfirmasi adanya produk degradasi *methyl violet* yang terbentuk setelah proses degradasi. Dari hasil identifikasi dengan GC-MS diperoleh bentuk kromatogram seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Pada Gambar 6 terlihat banyak puncak yang saling tumpang tindih yang menandakan bahwa produk degradasi tidak terpisah dengan baik. Hal ini dikarenakan larutan uji yang telah mengalami proses fotokatalisis mengandung bermacam-macam produk degradasi sehingga sulit dilakukan pemisahan dengan GC.



Gambar 6. Kromatogram *Methyl Violet* Setelah Proses Degradasi

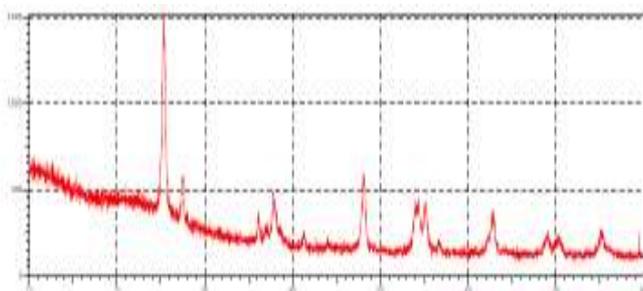
Berdasarkan hasil MS, puncak-puncak yang terelusi pada waktu retensi (RT) 9,790 menit teridentifikasi merupakan senyawa dengan m/z sebesar 293 seperti ditunjukkan pada Gambar 16. Spektrum pada Gambar 6 memperlihatkan ion molekul dengan $m/z = 293$ terpecah menjadi ion fragmen dengan $m/z = 266$. Kehilangan massa molekul sebesar 27 diduga karena lepasnya senyawa $[\text{CHN}]$ atau $[\text{C}_2\text{H}_3]$. Ion fragmen kemudian terpecah menjadi fragmen-fragmen lain dengan m/z yang lebih kecil berturut-turut 227, 213, 199, 185, 171, 157, 143, 129 dan 115. Setiap ion fragmen kehilangan massa molekul sebesar 14 yang diperkirakan akibat lepasnya N dan $[\text{CH}_2]\cdot$. Radikal ini tidak terdeteksi oleh MS. Sementara itu, ion fragmen dengan $m/z = 73$ yang pecah menjadi ion fragmen dengan $m/z = 57$ kehilangan massa molekul sebesar 16 yang diduga karena lepasnya radikal $[\text{NH}_2]\cdot$ atau $[\text{O}]\cdot$.



Gambar 7. Spektrum Massa Produk Degradasi dengan RT = 9,790 menit

F. Karakterisasi TiO₂/SiO₂ dengan XRD

Karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk mendapatkan informasi struktur Kristal TiO₂/SiO₂ yang digunakan. Sampel yang dikarakterisasi dengan XRD adalah pasta TiO₂/SiO₂ yang telah dikalsinasi pada suhu 450°C yang kemudian digerus menjadi serbuk kembali. Hasil karakterisasi XRD berupa pola difraksi (difraktogram) yang terdiri dari puncak-puncak karakterisasi TiO₂/SiO₂, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pola XRD Sampel TiO₂/SiO₂

Pada Gambar 8 terlihat adanya puncak-puncak yang dapat memberikan informasi identitas dari bentuk Kristal *anatase* dan *rutile*. Puncak yang tajam pada gambar menginformasikan bahwa lapisan TiO₂/SiO₂ terdiri dari kristal *anatase*. Hal ini menunjukkan bahwa teknik kalsinasi yang digunakan pada larutan TiO₂/SiO₂ memberikan kristal anatase. Namun puncak-puncak yang diperoleh juga dapat menginformasikan bentuk kristal *rutile*. Bentuk kristal TiO₂/SiO₂ dapat diketahui dengan membandingkan nilai 2θ atau d (Å) hasil pengukuran dengan kartu interpretasi data *anatase* dan *rutile*.

Tabel 1

Nilai d (Å) dari hasil pengukuran dan kartu interpretasi data kristal sintesis TiO₂/SiO₂ (Andayani dan Agustin, 2006)

Kartu Interpretasi Data d (Å)		Hasil Pengukuran TiO ₂ /SiO ₂ d (Å)	
Rutile	Anatase	Puncak	Jenis kristal
3.25	3.52	3,51585	Anatase
2.49	2.38	2,48549	Rutile
1.69	1.688	1,68864	Anatase

Dari hasil pengukuran XRD, kristal yang diperoleh dari katalis TiO₂/SiO₂ yang digunakan berupa campuran *anatase* dan *rutile*. Hal ini dapat dilihat dari puncak – puncak yang dihasilkan. Jika dibandingkan dengan kartu interpretasi, data dari hasil pengukuran TiO₂/SiO₂ hampir sama.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan:

1. Laju alir berpengaruh terhadap proses degradasi *methyl violet*. Laju alir yang terlalu lambat atau terlalu cepat menyebabkan proses degradasi tidak berlangsung efektif. Laju alir optimum yang diperoleh yaitu 95 ml/s.
2. Semakin lama penyinaran maka hasil degradasi semakin baik. Akan tetapi, setelah mencapai waktu tertentu hasil degradasi cenderung konstan. Lama penyinaran optimum yang diperoleh yaitu 6 jam.
3. Reaktor fotokatalitik TiO₂/SiO₂ dengan laju alir 95 ml/s dan lama penyinaran 6 jam menghasilkan persentasi degradasi *methyl violet* sebesar 81,020%
4. Dari hasil identifikasi menggunakan GC-MS diperoleh banyak puncak yang mengonfirmasikan bahwa telah terjadi degradasi pada molekul *methyl violet*.
5. Dari hasil karakterisasi Kristal TiO₂/SiO₂ dengan menggunakan XRD diperoleh jenis Kristal TiO₂/SiO₂ adalah jenis anatase dan rutile.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andayani,W dan Agustin Sumartono, 2006. *Karakterisasi Katalis TiO₂ Dan TiO₂/Karbon Aktif Yang Diimobilisasi Pada Pelat Titanium Dan Uji Aktivitasnya Sebagai Fotokatalisis*. Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi:BATAN
- [2] Azmi, et al. 1998. *Biodegradation of triphenylmethane dyes*. Institute of Microbial Technology. India
- [3] Daria, C, et, al. 2010, *Crystal Violet: Study of the Photo fading of An Early Synthetic Dye Aqueous Solution and on Paper with HPLC-PDA, LC-MS, and FORS*,Journal of Physics, 231 (2010) 012011
- [4] Donna, G.M., Jay, S, John, A., 2001,*Evaluation of Desorption/Ionization MassSpectrometric Methods in the Forensic Application of the Analysis of Inkson Paper*, J Forensic Sci 2001: 46(6): 1411-1420
- [5] Fujishima, A., Hashimoto, and T. Watanabe.1999. *TiO₂ Photocatalysis Fundamentals and Applications*, BKC, Inc . Japan.
- [6] Ghanbarian, M., Nabizadeh, R., Mahvi, A.H., Nasser, S., Naddafi, K., 2011.*Photocatalytic Degradation of Linear Alkylbenzene Sulfonate from Aqueous Solution by TiO₂ Nanoparticle*, Iran Journal of Environmental Health Science English, Vol.8, No.4, pp 309-316.
- [7] Hasanah, Muffidatul. 2010. *”Penambahan SiO₂ Pada Sol TiO₂ Sebagai Pelapis Keramik Untuk Aplikasi Keramik Anti Jamur, Anti Noda Dan Anti Bakteri” skripsi*. Padang: UNP
- [8] Slamet, R. Arbianti, dan E.Marliana. 2007. *Pengolahan Limbah Cr(IV) dan Fenol dan dengan Fotokatalis Serbuk dan CuO/TiO₂*. Departemen Teknik Gas dan Petrokimia, Universitas Indonesia. VOL. 11. 78-85.