

## Degradasi Senyawa Fenol Pada Limbah Cair Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Anatase

Zulkarnaini, Syukri Drajat, Azhari Dasra

Jurusan Teknik Lingkungan FT-Unand  
Kampus Limau Manis, Padang  
zulkarnaini@ft.unand.ac.id

### Abstrak

Limbah rumah sakit mengandung fenol sebagai bahan desinfektan dalam aktifitas rumah sakit. Fenol aman bagi lingkungan jika konsentrasinya berkisar antara 0,5 – 1,0 mg/L sesuai dengan KEP No. 51/MENLH/ 10/1995. Tujuan penelitian untuk menganalisa kemampuan fotokatalis TiO<sub>2</sub> anatase dalam degradasi fenol pada limbah artifisial dan limbah rumah sakit, pada volume optimum, lama penyinaran optimum dan konsentrasi fenol optimum. Penelitian ini meliputi penentuan volume optimum, lama penyinaran optimum dan konsentrasi fenol optimum pada limbah artifisial dan mengaplikasikan pada limbah RSUP Dr.M. Djamil padang. Hasil penelitian pada sampel artifisial menunjukkan, degradasi fenol yang paling tinggi terjadi pada volume 250 ml, lama penyinaran dengan UV-C Philips 2,5 jam dan konsentrasi fenol 3,5 ppm, yang mana efisiensi penyisihan fenol mencapai 98,03% dengan jumlah fenol yang tersisa pada limbah sebesar 0,069 mg/L. Pada percobaan aplikasi menggunakan limbah rumah sakit dengan volume, lama penyinaran dan konsentrasi fenol optimum, efisiensi penyisihan fenol mencapai 86,21% dengan jumlah fenol yang tersisa pada limbah sebesar 0,483 mg/L.

**Kata kunci:** degradasi, fenol, fotokatalis TiO<sub>2</sub> anatase, limbah cair.

### 1 Pendahuluan

Fenol dalam air buangan ditemukan pada limbah cair rumah sakit, industri petrokimia, industri pulp kertas. Air limbah rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran air yang sangat potensial. Hal ini disebabkan karena air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi (Sri, 2007) antara lain Fenol. Fenol larut dalam air, beracun, tidak berwarna, dan apabila terkena kulit dapat menyebabkan iritasi. Fenol sangat sulit didegradasi oleh mikroorganisme pengurai. Senyawa ini dapat dikatakan aman bagi lingkungan jika konsentrasinya berkisar antara 0,5 – 1,0 mg/L sesuai dengan KEP No. 51/MENLH/ 10/1995 dan ambang batas fenol dalam air baku air minum adalah 0,002 mg/L seperti dinyatakan oleh BAPEDAL (Slamet dkk, 2005).

Beberapa teknologi telah dilakukan untuk pengolahan limbah fenol diantaranya dengan metode fisika yaitu *adsorpsi*, metode kimia yaitu *ion exchange*, juga metode biologi (Slamet Dkk, 2007), akan tetapi metode tersebut memerlukan beberapa tahapan proses, bahan kimia, serta menghasilkan residu yang berbahaya bagi kesehatan (Lin, 2003). Dalam dekade terakhir ini telah diteliti bahwa teknologi fotokatalisis dapat mereduksi fenol, bahkan dinilai lebih ekonomis dalam pemakaian

energi. Selain itu, teknologi fotokatalis juga dapat menekan pemakaian bahan kimia. Dengan hasil akhir dari pengolahan limbah ini tidak berbahaya, ramah lingkungan, serta menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Esplugas, 2001). Dengan demikian fotokatalisis merupakan salah satu alternatif metode yang lebih ekonomis (Slamet dkk, 2007). Pada saat ini TiO<sub>2</sub> anatase sering digunakan dalam aplikasi fotokatalisis khususnya pengolahan limbah, tidak beracun, kemampuan untuk mengoksidasi yang tinggi dan tidak larut dalam air (Linsebigler, 1995).

Pada penelitian ini penulis akan melakukan pengujian lebih lanjut tentang kemampuan penyisihan senyawa fenol menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub> (Titanium Dioksida) anatase dan mengaplikasikannya pada limbah rumah sakit Muhammad Djamil Padang, dengan melihat pengaruh volume limbah, lama penyinaran dan konsentrasi fenol terhadap degradasi senyawa fenol.

Untuk menciptakan keseragaman, maka makalah yang dikirim ke pihak panitia harus mengikuti format baku yang telah ditetapkan oleh panitia SNTK Teknologi Oleo & Petrokimia Indonesia 2013. Makalah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang baik dan benar. Setiap makalah maksimum 10 (sepuluh) halaman termasuk gambar dan lampiran (jika dirasa sangat penting).

## **2. Metodologi**

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh volume limbah fenol, pengaruh lama penyinaran dan konsentrasi dalam proses degradasi fenol oleh TiO<sub>2</sub> Anatase. Penelitian ini akan dilakukan pada limbah Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Dr. Muhammad Djamil Padang. Percobaan dilakukan di Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas.

### **Karakterisasi Awal limbah Rumah Sakit**

Sampel limbah yang akan diolah dengan menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub> Anatase, terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap tiga parameter yaitu konsentrasi fenol, pH dan suhu. pH sampel diuji dengan pH-meter, senyawa fenol diuji dengan Spektrofotometer dan suhu diukur dengan Termometer.

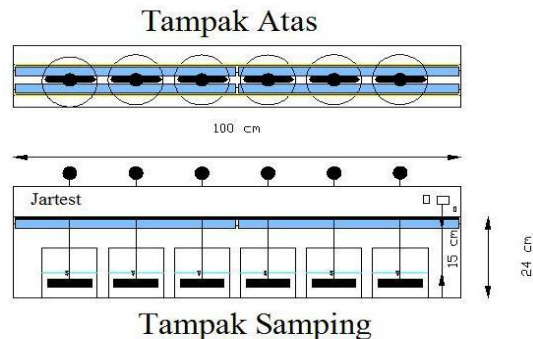
### **Percobaan Optimasi Dengan Limbah Artifisial**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya dengan konsentrasi fenol 14 mg/L, volume 250 ml, berat TiO<sub>2</sub> 0,4 gr, waktu penyinaran 1 jam di dapat efisiensi penyisihan fenol sebesar 76,02% (Nofriya, 2012), oleh sebab itu penulis ingin melihat efisiensi penyisihan fenol lebih lanjut menggunakan variasi volume 250, 375, 500, 625 dan 750 ml, waktu penyinaran 30, 60, 90, 120 dan 150 menit dan variasi konsentrasi fenol 3,5, 7, 10,5, 14 dan 17,5. Pada tabel 3.1 menunjukkan variasi parameter pada percobaan optimasi.

**Tabel 1.** Variasi Parameter pada Percobaan Optimasi

No	Parameter	Satuan	Variasi
1	Volume larutan fenol	ml	250, 375, 500, 625, 750
2	Lama Penyinaran	menit	30, 60, 90, 120, 150
3	Konsentrasi fenol	Mg/l	3,5, 7, 10,5, 14, 17,5

Dalam percobaan ini reaktor yang digunakan adalah *jar test* dengan ukuran 92x17x24 cm, gelas kimia 1 liter dengan empat buah lampu UV-C Phillips 15 W dengan panjang gelombang 254 nm. Skema reaktor dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Peralatan Percobaan

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini dipaparkan mengenai data yang didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan pembahasan. Pembahasan pada bab ini memuat tentang efisiensi dari degradasi senyawa fenol pada percobaan artifisial yang terdiri dengan beberapa variasi parameter yaitu variasi volume limbah, waktu penyinaran dan konsentrasi fenol dan efisiensi degradasi fenol pada limbah rumah sakit menggunakan kondisi optimum yang didapat pada limbah artifisial.

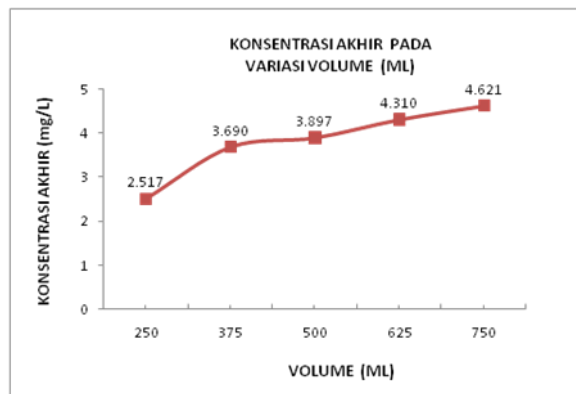
#### Analisis Senyawa Fenol pada Limbah Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) M.Djamil

Hasil analisis senyawa fenol pada sampel limbah cair RSUP Dr.M. Djamil. Nilai konsentrasi senyawa fenol yang didapatkan sebesar 13,483 mg/L. Kemudian nilai ini dibandingkan dengan Kepmen LH No. 51 Tahun 1995 dengan konsentrasi 0,5-1 mg/L, sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel limbah RSUP Dr.M.Djamil yang diambil pada hari pengambilan sampel mempunyai kandungan pencemar senyawa fenol yang telah melewati batas baku mutu dari yang ditetapkan

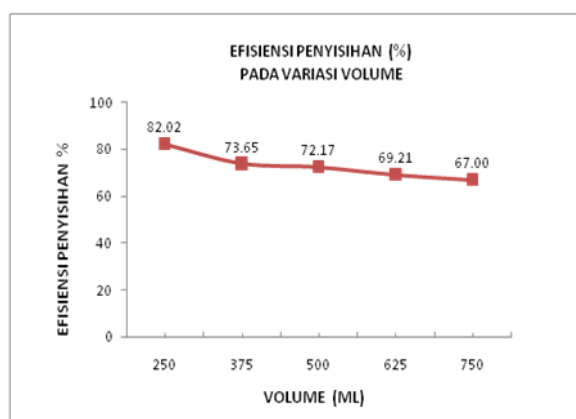
#### Percobaan Optimasi dengan Larutan Artifisial

##### Variasi Volume Limbah Artifisial (Larutan Fenol)

Variasi volume larutan fenol yang dilakukan pada percobaan ini adalah 250, 375, 500, 625 dan 750 ml. Berat  $\text{TiO}_2$  dan kecepatan pengadukan yang dipakai adalah 0,4 gram dan 100 rpm, lama penyinaran 60 menit, dengan pH 8 mewakili pH limbah.



Gambar 2. Konsentrasi Akhir Fenol Untuk Variasi Volume Fenol



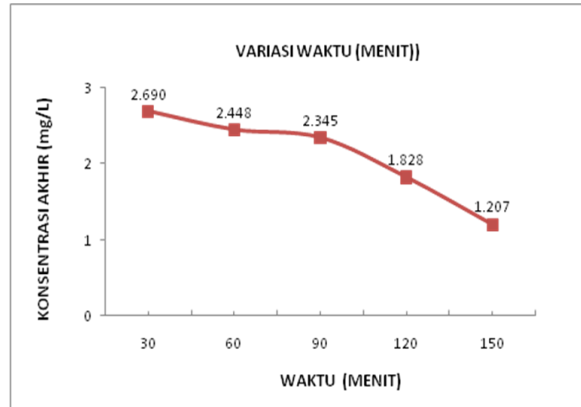
Gambar 3. Efisiensi Penyisihan Fenol Untuk Variasi Volume Fenol

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa pada limbah artifisial yang memiliki perbandingan volume dengan massa  $TiO_2$  yang kecil, akan menghasilkan efisiensi penyisihan fenol yang besar bila di bandingkan dengan limbah artifisial yang memiliki perbandingan volume dengan massa  $TiO_2$  yang besar, pada volume larutan fenol 250 ml efisiensi penyisihan fenol mencapai 82,02 % dengan konsentrasi fenol yang tersisa pada limbah 2,517 mg/l. Dengan jumlah  $TiO_2$  yang sama, lama penyinaran yang sama akan menyebabkan jumlah foton dan senyawa fenol yang diadsorpsi di permukaan  $TiO_2$  sama, sehingga semakin besar volume senyawa fenol akan meningkatkan fenol yang tidak dapat diadsorpsi pada permukaan  $TiO_2$  karena adanya laju pembentukan elektron dan *hole*, dan  $OH^*$  yang terbatas.

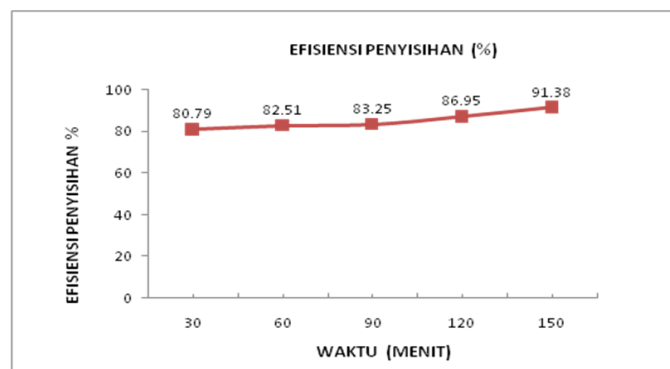
Pada larutan artifisial yang memiliki volume yang kecil akan menghasilkan efisiensi penyisihan fenol yang besar bila di bandingkan dengan larutan artifisial pada volume yang besar, hal ini disebabkan karena Semakin kecil volume larutan artifisial maka peningkatan suhunya lebih besar dibandingkan dengan larutan artifisial yang memiliki volume yang besar. Suhu sangat berpengaruh terhadap aktifitas fotokatalis karena semakin tinggi suhu maka rekombinasi electron ( $e^-$ ) dengan hole ( $h^+$ ) akan susah terjadi (Byrappa et al, 2006) hal ini kan meningkatkan aktifitas fotokatalis dalam mendegradasi senyawa fenol dalam limbah artifisial.

### Variasi Lama Penyinaran (Menit)

Variasi lama penyinaran dilakukan pada percobaan ini adalah 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Berat  $\text{TiO}_2$  dan kecepatan pengadukan yang dipakai adalah 0,4 gram dan 100 rpm, lama penyinaran 60 menit dengan pH 8 mewakili pH limbah.



Gambar 5. Konsentrasi Akhir Fenol Untuk Variasi Lama Penyinaran

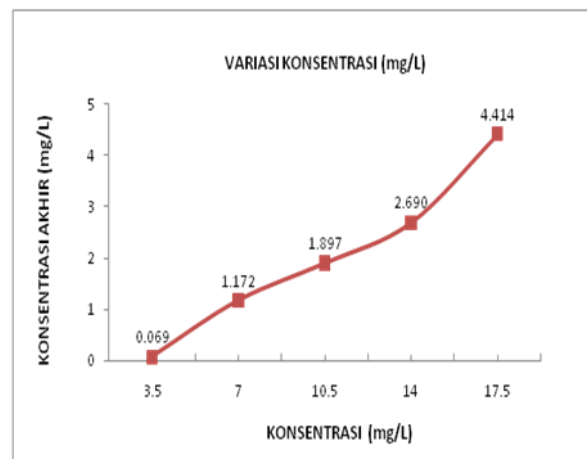


Gambar 6. Efisiensi Penyisihan Fenol Untuk Variasi Lama Penyinaran

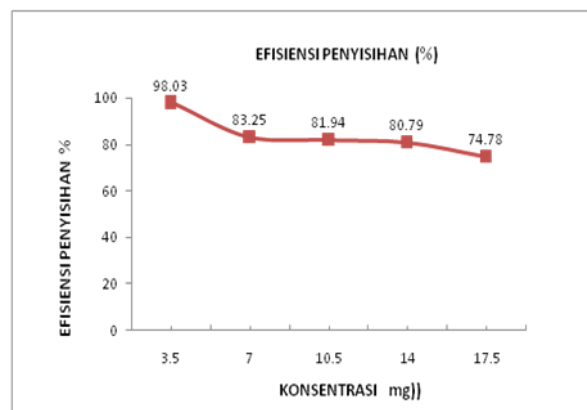
Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa semakin lama lama penyinaran maka efisiensi penyisihan fenol semakin besar dan sebaliknya makin pendek lama penyinaran maka efisiensi penyisihan fenol semakin kecil, pada lama penyinaran 2,5 jam efisiensi penyisihan fenol mencapai 91,38 % dengan konsentrasi fenol yang tersisa pada limbah 2,69 mg/l hal ini disebabkan selama senyawa  $\text{TiO}_2$  di sinari dengan lampu UV, selama itu proses degradasi senyawa fenol terjadi. Sehingga semakin lama limbah disinari dengan lampu UV maka semakin banyak senyawa fenol yang didegradasi dan sebaliknya dengan waktu penyinaran yang singkat akan sedikit senyawa fenol yang dapat didegradasi dan semakin lama larutan artifial disinari maka peningkatan suhunya lebih besar dibandingkan dengan larutan artifisial yang disinari dengan waktu yang pendek. Suhu sangat berpengaruh terhadap aktifitas fotokatalis karena semakin tinggi suhu maka rekombinasi electron (e-) dengan hole (h+) akan susah terjadi (Byrappa et al, 2006) hal ini kan meningkatkan aktifitas fotokatalis dalam mendegradasi senyawa fenol dalam limbah artifisial.

### Variasi Konsentrasi Limbah Fenol (mg/l)

Variasi konsentrasi limbah fenol pada percobaan ini adalah 3,5, 7,10,5 ,14 dan 17,5 mg/l. Berat  $TiO_2$  dan kecepatan pengadukan yang dipakai adalah 0,4 gram dan 100 rpm nilai ini merupakan kondisi optimum yang didapatkan oleh saudara Nofriya, waktu yang digunakan 150 menit yang merupakan waktu optimal yang didapat pada percobaan variasi waktu penyinaran, dengan pH 8 mewakili pH limbah.



Gambar 7. Konsentrasi Akhir Fenol Untuk Variasi Konsentrasi Fenol



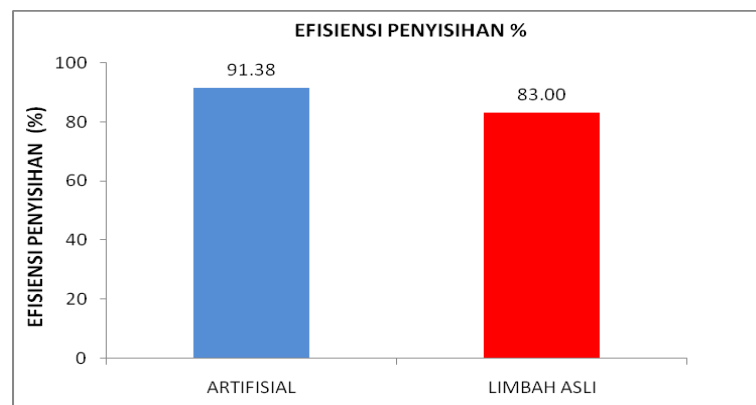
Gambar 8. Efisiensi Penyisihan Fenol Untuk Variasi Konsentrasi Fenol

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa semakin kecil konsentrasi fenol yang terdapat pada limbah maka efisiensi penyisihan fenol semakin besar dan sebaliknya semakin besar konsentrasi fenol yang terdapat pada limbah maka efisiensi penyisihan fenol semakin kecil, pada konsentrasi fenol 3,5 mg/l efisiensi penyisihan fenol mencapai 98,03 % dengan konsentrasi fenol yang tersisa pada limbah 0,069 mg/l hal ini dapat disebabkan oleh bertambahnya konsentrasi awal fenol menyebabkan bertambahnya jumlah senyawa fenol yang harus di degradasi oleh radikal hidroksil ( $\cdot OH$ ) pada permukaan katalis  $TiO_2$ . Penurunan konsentrasi limbah akan berkurang dengan semakin bertambahnya konsentrasi fenol (slamet dkk, 2007). Dengan jumlah

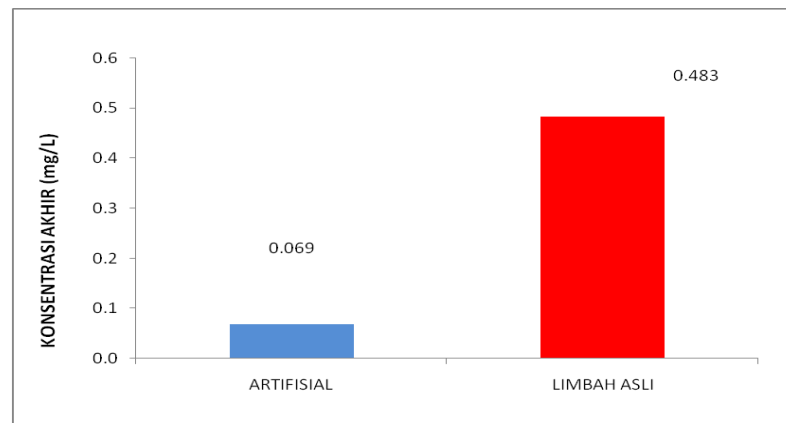
katalis dan intensitas sinar UV yang sama, maka tidak ada penambahan laju eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi untuk menghasilkan  $\cdot\text{OH}$  sehingga tidak semua senyawa fenol yang dapat didegradasi oleh senyawa fotokatalis  $\text{TiO}_2$ .

#### Percobaan Pada Sampel Limbah aplikasi (RSUP M.Djamil)

Berdasarkan percobaan optimasi yang dilakukan pada sampel artifisial dengan volume sampel uji 250 ml dan lama 60 menit, berat  $\text{TiO}_2$  0,4 gr, kecepatan pengadukan 100 menit, dan pH 8 maka didapat kondisi optimum yaitu volume limbah artifisial 250 ml, lama penyinaran 150 menit dan konsentrasi fenol 3,5 mg/L sehingga kondisi optimum ini diaplikasikan pada limbah aplikasi yaitu limbah rumah sakit RSUP Dr.M. Djamil Padang.



Gambar 9. Efisiensi Penyisihan Fenol Limbah Artifisial Dan Limbah Rumah Sakit Pada Volume Dan Lama Penyinaran Optimal



Gambar 10. Konsentrasi akhir Fenol Limbah Artifisial Dan Limbah Rumah Sakit

Pada gambar diatas dapat konsentrasi akhir fenol yang terdapat pada limbah artifisial adalah 0,069 mg/L, sedangkan pada limbah asli atau limbah rumah sakit fenol akhir yang terdapat pada limbah adalah sebesar 0,483 mg/L sehingga dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan fenol pada limbah artifisial lebih besar dibandingkan dengan limbah asli atau limbah rumah sakit hal ini disebabkan adanya pengaruh

senyawa-senyawa lain yang terdapat pada limbah asli yang saling berkompetisi dalam berikatan dengan senyawa  $\text{TiO}_2$  sehingga fenol tidak secara optimal dapat disisihkan oleh senyawa  $\text{TiO}_2$ .

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang didapatkan dari penelitian mengenai kemampuan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  anatase dalam mendegradasi senyawa fenol pada limbah artifisial (fenol) dan limbah RSUP Dr.M. Djamil Padang, dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Pada percobaan optimasi didapat semakin kecil perbandingan volume fenol dengan massa  $\text{TiO}_2$  maka makin besar efisiensi penyisihan fenol, semakin lama limbah disinari dengan UV maka makin besar efisiensi penyisihan fenol dan semakin kecil konsentrasi fenol yang disisihkan maka makin besar efisiensi penyisihan fenol.
2. Efisiensi penyisihan fenol pada sampel artifisial dengan konsentrasi fenol 3,5 mg/L, berat  $\text{TiO}_2$  anatase 0,4 mg/L, volume limbah fenol 250 ml, kecepatan pengadukan 100 rpm selama 150 menit adalah 98,03% dengan fenol yang tersisa pada limbah 0,069 mg/L.
3. Efisiensi penyisihan fenol pada sampel air limbah RSUP Dr.M. Djamil Padang dengan konsentrasi fenol pada limbah 3,5 mg/L, berat  $\text{TiO}_2$  anatase 0,4 mg/L, volume limbah fenol 250 ml, kecepatan pengadukan 100 rpm selama 150 menit adalah 86,21% dengan fenol yang tersisa pada limbah 0,483 mg/L yang telah berada dibawah baku mutu.

#### 5. Daftar Pustaka

- Afrozi, A. S. 2010. Sintesis Dan Karakterisasi Katalis Nanokomposit Berbasis Titania Untuk Produksi Hidrogen Dari Gliserol Dan Air. Depok.
- Anonim. *Titanium Dioxida  $\text{TiO}_2$  Fotokatalis Photocatalist yang Potensial*. 2009. dari website: <http://www.curvatech.com/2009/09/25/titanium-dioxida-TiO2-fotokatalis-photocatalist-yang-potensial/>. Akses Tanggal 30 juli, 2012
- Bow., Dkk. 2007. Pembuatan Elektroda Komposit Karbon-Zeolit Untuk Penentuan Senyawa Fenol. Volume XIX, No. 1. Palembang: *Teknika*.
- Byrappa, K., dkk. 2006. Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Dye Using Hydrothermally Synthesized ZnO. *Bull. Mater. Sci*, 29: 433-438.
- Esplugas, S. et. al. 2001. Comparison of Different Advanced Oxidation Processes for Phenol Degradation. *Water research* 36, 1034-1042.
- H.P, Shivaraju. 2011. Removal of Organic Pollutants in the Municipal Sewage Water by  $\text{TiO}_2$  based Heterogeneous Photocatalysis. *European Journal of Scientific Research*.



- Jain, R., Sikarwar, Shalini. 2008. Photodestruction and COD removal of Toxic Dye Erioglaucine by TiO<sub>2</sub>-UV process: Influence of Operational Parameters. *International Journal of Physical Sciences*.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 58 Tahun 1995. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
- Ku, Y., Jung, I. 2001. Photocatalytic Reduction of Cr VI In Aqueous Solutions By UV Irradiation With The Presence Of Titanium Dioxide. *Water Research*, Vol 35, No 1, pp 135-142.
- Licciuli, L. 2002. Comparison of The Electrochemical Behavior of CeO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> and CeO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> Electrodes Produced by The Pechini Method. *Thin Solid Films* 410 2002.
- Linsebigler, Amy, L. 1995. Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> Surface: Principle, Mechanism, and Selected Result. *Chem Rev*, 95, 735-758.
- Metcalf & Eddy Inc. 2004. *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, And Reuse*. McGrawHill, Third Edition. Singapore.
- Muif., Dkk. 2011. Laporan hasil pelaksanaan kegiatan praktek lapangan mahasiswa politeknik kesehatan padang jurusan kesehatan lingkungan di RS.Dr.M. Djamil Padang. Poltekes: Padang.
- Mulyadi. 2009. Pengaruh Ion Logam Fe<sup>II</sup> Terhadap Penurunan Kadar Fenol Dengan Katalis Titanium Dioksida TiO<sub>2</sub> Melalui Reaktor Membran Fotokatalitik. Semarang: UNIMUS Digital Library.
- Narayanan, B. N. 2009. Photodegradation of Methylorange over Zirconia Doped TiO<sub>2</sub> Using Solar Energy. *European Journal of Scientific Research*.
- Nofriya. 2012. Degradasi Senyawa Fenol Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Anatase Dengan Variasi Berat TiO<sub>2</sub>, Kecepatan Pengadukan Dan Ph. Skripsi, Universitas Andalas, Padang.
- Rahmani, A. R. 2007. Investigation Of Photocatalytic Degradation Of Phenol By UV/TiO<sub>2</sub> Proses. *Proceedings The Photocatalytic Degradation On Environmental Science And Technology*. Greece.
- Shawabkeh, R. A. 2010. Photocatalytic Degradation of Phenol using Fe-TiO<sub>2</sub> by Different Illumination Sources. *International Journal Of Chemistry*. Jordan.
- Slamet., Dkk. 2005. Pengolahan Limbah Organik Fenol Dan Logam Berat Cr<sup>6+</sup> Atau Pt<sup>4+</sup> Secara Simultan Dengan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>, ZnO-TiO<sub>2</sub>, Dan Cds-TiO<sub>2</sub>. Depok: Makara Teknologi.
- Slamet., Dkk. 2006. Penyisihan Fenol Dengan Kombinasi Proses Adsorpsi dan Fotokatalisis Menggunakan Karbon Aktif Dan TiO<sub>2</sub>. Edisi No.4 Tahun XX. Depok: Jurnal Teknologi.
- Slamet., Dkk. 2007. Degradasi Senyawa Fenol Dengan Metode Fotokatalisis Menggunakan Reaktor Annular UV-C. Depok.

- 
- Slamet., Dkk. 2008. Performance Test With Tio<sub>2</sub> Modified Activated Carbon On Pilot Scale Phenol Removal. *The Journal For Technology And Science*, Vol, 19, No 4.
- SNI 06-6989.21-2004. Cara Uji Kadar Fenol Secara Spektrofotometri. Badan Standarisasi Nasional.
- Song L., Dkk. 2011. Photocatalytic Activities of TiO<sub>2</sub> Modified by Polyfluorene-co-bithiophene under Visible Light. Singapore: IACSIT Press.
- Sri, S. I. 2007. Analisis Kinerja Pengolahan Air Limbah Pavilyun Kartika Rspad Gatot Soebroto Jakarta. Vol. 2 No.1 Maret 2007, ISSN 1907-187X. *Jurnal Presipitasi*: Semarang.
- Subiyanto., dkk. 2009. Pelapisan Nanomaterial TiO<sub>2</sub> Fasa Anatase pada Nilon Menggunakan Bahan Perekat Aica Aibon dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis. Bandung: *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*.
- Wijaya., dkk. 2006. Utilisasi TiO<sub>2</sub>-Zeolit Dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. Yogyakarta: Teknoin.
- Wong., dkk. 2011. Photocatalytic Degradation of Phenol Using Immobilized TiO<sub>2</sub> Nanotube Photocatalysts. Malaysia: Hindawi Publishing Corporation Journal Of Nanotechnology.