



## PENURUNAN KADAR *LINEAR ALKYL SULFONATE* OLEH FOTOKATALIS $\text{TiO}_2$ /ZEOLIT ALAM

Addien Widita Weko Hartoyo\*), Sri Wahyuni dan Harjito

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Mei 2013  
Disetujui Mei 2013  
Dipublikasikan Agustus 2013

Kata kunci:  
fotokatalitik  
LAS  
 $\text{TiO}_2$ /zeolit alam

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai proses penurunan *linear alkyl sulfonate* (LAS) secara fotokatalitik menggunakan  $\text{TiO}_2$ /zeolit alam.  $\text{TiO}_2$  dipreparasi menggunakan metode sol gel dengan menvariasikan konsentrasi prekursor TiIPP, yaitu 3,28 M ( $\text{TiO}_2$ /ZA A); 1,64 M ( $\text{TiO}_2$ /ZA B); dan 0,82 M ( $\text{TiO}_2$ /ZA C). Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengetahui pengaruh konsentrasi prekursor TiIPP terhadap kandungan logam Ti yang terdapat pada zeolit alam, (2) mengetahui waktu optimal penyinaran, (3) mempelajari pengaruh sumber sinar terhadap penurunan kadar LAS. Katalis hasil preparasi dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDX, dan BET. Hasil karakterisasi katalis menunjukkan bahwa penambahan  $\text{TiO}_2$  dalam zeolit alam mempengaruhi ukuran kristal, struktur morfologi padatan dari ketiga jenis katalis tidak jauh berbeda, kandungan logam Ti paling banyak terdapat pada  $\text{TiO}_2$ /ZA A (1,79%), dan katalis yang memiliki luas permukaan paling besar adalah  $\text{TiO}_2$ /ZA C (132,690  $\text{m}^2/\text{g}$ ). Hasil uji aktivitas fotokatalis menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2$ /ZA paling baik dalam menurunkan kadar LAS (efektivitas 96,93%), waktu optimal penyinaran yaitu 60 menit (efektivitas 78,06%) dan penggunaan sumber sinar lampu UV 8 watt paling baik dalam mengurangi kadar LAS dengan efektivitas sebesar 94,30%.

### Abstract

Study on photocatalytic reduction process of LAS using  $\text{TiO}_2$ /natural zeolite has performed.  $\text{TiO}_2$  prepared by sol gel method with varying the concentration of precursor TiIPP, which is 3.28 M ( $\text{TiO}_2$ /ZA A), 1.64 M ( $\text{TiO}_2$ /ZA B), and 0.82 M ( $\text{TiO}_2$ /ZA C). The purpose of this study was: (1) determine the effect precursor concentration of TiIPP on metal Ti content on natural zeolite, (2) determine the optimal irradiation time, (3) study effect of the light source on the reduction of concentration LAS. The catalyst is characterized using XRD, SEM-EDX, and BET. The analysis catalyst showed that the addition of  $\text{TiO}_2$  on natural zeolite affect the size of the crystals, morphological structure of the three solids types of catalysts are not significantly different, the content of Ti metal most widely available in  $\text{TiO}_2$ /ZA A (1.79%), and catalyst that have the greatest surface area is  $\text{TiO}_2$ /ZA C (132.690  $\text{m}^2/\text{g}$ ). The research results showed that the activity photocatalyst  $\text{TiO}_2$ /ZA A is best in reducing concentration of LAS (effectiveness of 96.93%), optimal exposure time is 60 minutes (effectiveness of 78.06%), photocatalytic processes using UV light 8 watts source is best in reducing concentration of LAS with effectiveness of 94.30%.

## Pendahuluan

Salah satu komponen yang penting dalam deterjen adalah surfaktan. Pemakaian bahan surfaktan pada rumah tangga sebagai pembersih semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini dapat membahayakan dunia perikanan terutama untuk kegiatan budidaya yang sangat bergantung pada air. Salah satu bahan surfaktan yang banyak digunakan pada berbagai deterjen komersial adalah surfaktan LAS. Adanya LAS dalam tanah memiliki dampak merugikan terhadap pertumbuhan bakteri aerobik tertentu yang dapat mengganggu fungsi tanah pertanian (Budiawan, dkk; 2009).

Dengan memperhatikan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu teknologi alternatif yang dapat mereduksi tingkat bahaya yang ditimbulkan oleh surfaktan LAS. Salah satu teknologi alternatif lain yang dapat digunakan untuk menangani limbah surfaktan ialah melalui proses fotokatalisis. Proses fotokatalisis didahului oleh proses penyerapan cahaya ultraviolet (UV) oleh partikel semikonduktor di dalam air limbah dan selanjutnya energi yang timbul digunakan untuk menghasilkan pasangan elektron dan *hole*. Pasangan ini selanjutnya berdifusi ke permukaan partikel yang kemudian mengoksidasi dan mereduksi polutan-polutan beracun (Subiyanto, dkk; 2009).

Proses fotokatalisis dapat dilakukan dengan menggunakan  $\text{TiO}_2$ /zeolit alam.  $\text{TiO}_2$  merupakan bahan semikonduktor yang memiliki energi celah yang relatif besar untuk mengoksidasi dan mereduksi zat lain. Selain itu,  $\text{TiO}_2$  mempunyai aktivitas fotokatalis yang tinggi, stabil dan merupakan oksidator kuat (Slamet, dkk; 2008). Zeolit banyak digunakan sebagai pengemban karena material ini memiliki stabilitas pemanasan yang tinggi dan porositas yang baik yang memungkinkan terjadinya adsorpsi. Zeolit memiliki luas permukaan yang besar serta aktivitas dan selektivitas yang tinggi (Trisunaryanti, dkk; 2005). Material  $\text{TiO}_2$  terdapat pada zeolit alam memiliki fungsi ganda yaitu sebagai adsorben (dari sifat zeolit yang berpori dan memiliki kation yang dapat dipertukarkan) serta sebagai fotokatalis (Fatimah dan Wijaya; 2005).

Penentuan kadar surfaktan LAS dalam larutan dilakukan dengan metode *Methylene Blue Active Substance* (MBAS). Surfaktan anionik bereaksi dengan metilen biru membentuk pasangan ion berwarna biru yang larut dalam pelarut organik. Intensitas warna biru yang

terbentuk diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm. Hal ini sesuai dengan intensitas warna biru pada ekstrak kloroform yang diukur dengan spektrofotometer UV-Vis. Serapan yang terukur setara dengan kadar surfaktan anionik (SNI 06-6989.51-2005).

## Metode Penelitian

Pada penelitian ini ditetapkan dengan variabel terikat yaitu konsentrasi LAS yang terurai oleh  $\text{TiO}_2$ /zeolit alam. Variabel bebas yang digunakan adalah konsentrasi TiIPP (3,33; 1,67 dan 0,83 M) dan sumber sinar yang digunakan dalam proses fotokatalitik LAS. Variabel terkontrol pada penelitian ini meliputi intensitas penyinaran sinar UV pada panjang gelombang 365 nm, volume larutan LAS sebesar 100 mL dan pH larutan 7.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah LAS (natrium lauril sulfat ( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3\text{Na}$ )) (Merck), TiIPP (Aldrich), zeolit alam Wonosari dari PT. Prima Zeolita, metilen biru (Merck),  $\text{CHCl}_3$  (Merck). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven (Memmert), neraca analitik (Ohaus), pH meter, lampu UV ( $\lambda = 365 \text{ nm}$ ), lampu *Cool Daylight* (Phillips) 8 watt, lampu UV (Phillips) 8 watt, *furnace*, spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu), GC, XRD (Phillips 6000) dan SEM-EDX (JEOL).

Zeolit alam dipreparasi dengan cara digerus, direndam dalam aquades sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama sehari semalam pada temperatur kamar, disaring dan endapan yang diperoleh dikeringkan pada temperatur  $120^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Hasil yang diperoleh direndam dalam 100 mL larutan HF 1 % selama 30 menit. Setelah itu dicuci dengan aquades dan dikeringkan pada temperatur  $120^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Sampel ini direndam ke dalam 125 mL larutan HCl 6 N selama 30 menit pada temperatur  $50^\circ\text{C}$  sambil diaduk kemudian disaring dan dicuci berulang kali dengan aquades sampai ion  $\text{Cl}^-$  tak terdeteksi dengan larutan  $\text{AgNO}_3$  1%, dikeringkan pada temperatur  $130^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Sampel direndam dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 N pada temperatur  $90^\circ\text{C}$  selama 1 minggu (sehari 5 jam) sambil diaduk, kemudian disaring, dicuci, dikeringkan seperti prosedur di atas dan dihaluskan dengan ukuran lolos pengayak 100 mesh. Hasil yang diperoleh dianalisis dengan XRD untuk menentukan jenis zeolit (Trisunaryanti, dkk; 2005).

$\text{TiO}_2$  dibuat dengan metode sol gel, yaitu

dengan mencampurkan 25 mL etanol 96% dengan 10 mL  $[\text{Ti}(\text{iso-OC}_3\text{H}_7)_4]$  3,33 M sedikit demi sedikit sambil diaduk (larutan A). Larutan B dibuat dengan mencampurkan 0,50 mL aquabides dan 7,5 mL etanol 96% sambil diaduk, kemudian ditambahkan 1,25 mL  $\text{HNO}_3$  2 M. Larutan B dicampurkan dengan larutan A. Larutan tersebut diaduk hingga homogen pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Gel diperam selama 12 jam pada suhu kamar untuk pembentukan dan pertumbuhan kristal. Gel  $\text{TiO}_2$  dipanaskan pada suhu  $600^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Langkah yang sama dilakukan untuk konsentrasi  $[\text{Ti}(\text{iso-OC}_3\text{H}_7)_4]$  sebesar 1,67 M dan 0,83 M (Susanto; 2011).

Pembuatan katalis  $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$  alam dilakukan dengan cara satu gram  $\text{TiO}_2$  dilarutkan dalam 10 mL etanol dan ditambahkan 10 gram zeolit alam. Campuran kemudian dipanaskan pada suhu  $80^\circ\text{C}$  sambil diaduk hingga kering kemudian dikalsinasi dengan gas  $\text{N}_2$  pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 2 jam (Slamet, dkk; 2008). Katalis yang terbentuk diberi nama  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  A. Langkah yang sama dilakukan untuk konsentrasi  $[\text{Ti}(\text{iso-OC}_3\text{H}_7)_4]$  1,67 M ( $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  B) dan 0,83 M ( $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  C). Hasil yang diperoleh dianalisis dengan XRD, SEM-EDX dan BET.

Untuk mengetahui pengaruh katalis terhadap penurunan kadar LAS dilakukan proses fotokatalitik dengan katalis zeolit alam,  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  A,  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  B dan  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  C. Sebanyak 0,4 gram katalis ditambahkan ke dalam 100 mL larutan LAS. Larutan tersebut ditambahkan tetes demi tetes larutan buffer pH 7 dan disinari dengan lampu UV pada panjang gelombang 365 nm selama 120 menit. Larutan hasil reaksi dianalisis dengan metode MBAS berdasarkan SNI 06-6989.51-2005.

Waktu optimal penyinaran dapat diketahui dengan melakukan proses fotokatalitik selama 30, 60, 90 dan 120 menit. Sebanyak 0,4 gram  $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$  alam yang menunjukkan aktivitas terbaik ditambahkan ke dalam 100 mL larutan LAS. Larutan ditambahkan tetes demi tetes larutan buffer pH 7 dan disinari dengan lampu UV pada panjang gelombang 365 nm. Larutan hasil reaksi dianalisis dengan metode MBAS berdasarkan SNI 06-6989.51-2005.

Penelitian mengenai pengaruh sumber sinar terhadap penurunan kadar LAS dilakukan dengan menggunakan lampu UV pada panjang gelombang 365 nm, sinar matahari, lampu U 8 watt, dan lampu UV 8 watt selama waktu

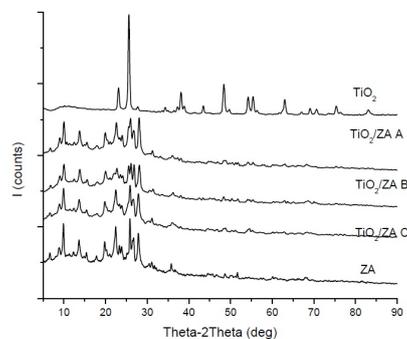
optimal. Sebanyak 0,4 gram  $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$  alam yang menunjukkan aktivitas terbaik ditambahkan ke dalam 100 mL larutan LAS. Larutan ditambahkan tetes demi tetes larutan buffer pH 7 dan disinari menggunakan Larutan hasil reaksi dianalisis dengan metode MBAS berdasarkan SNI 06-6989.51-2005.

### Hasil dan Pembahasan

Penentuan jenis mineral dilakukan dengan membandingkan difraktogram sampel dengan difraktogram *Power Diffraction File* (PDF). Hasil analisis XRD ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 dan dicocokkan dengan data *Power Diffraction File*, muncul puncak karakteristik dari mineral *mordenit* (#781766) yaitu pada  $2\theta = 25,8284^\circ$ ;  $14,5800^\circ$ ;  $27,8439^\circ$ . Pada  $2\theta = 25,8284^\circ$  menunjukkan intensitas yang paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit alam yang diteliti sebagian besar tersusun atas mineral *mordenit*. Selain adanya puncak karakteristik dari mineral *mordenit*, muncul puncak dari mineral *klinoptilolit* (PDF #701859) pada  $2\theta = 9,8710^\circ$ ;  $22,3830^\circ$ ;  $31,0493^\circ$ . Pada hasil difraktogram  $\text{TiO}_2$  muncul puncak pada  $2\theta = 25,5781^\circ$  dan  $48,3484^\circ$  yang merupakan karakteristik dari mineral *anatase* (PDF #731764). Selain *anatase*, muncul pula karakteristik dari mineral *rutil* (PDF #820514) pada  $2\theta = 75,6200^\circ$  dan  $69,0371^\circ$ .

Dari difraktogram  $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$  alam tidak terlihat refleksi  $\text{TiO}_2$  secara jelas. Hal ini disebabkan oleh tumpang tindihnya refleksi  $\text{TiO}_2$  dengan zeolit. Namun muncul puncak kecil pada daerah  $2\theta = 48^\circ$ ;  $54^\circ$  dan  $55^\circ$  yang disebabkan oleh refleksi  $\text{TiO}_2$  *anatase*.

Intensitas serapan ZA,  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  A,  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  B dan  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  C mengalami penurunan yang menunjukkan bahwa tingkat kekristalannya berkurang. Menurut Wijaya, dkk (2006), hal tersebut dapat disebabkan oleh rusaknya struktur zeolit akibat pemanasan yang tinggi.



Gambar 1. Perbandingan difraktogram ZA,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  A,  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  B dan  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  C

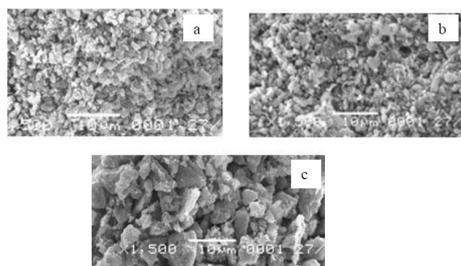
Data XRD juga dapat digunakan untuk mengetahui ukuran kristal katalis, yaitu dengan metode *Debye-Scherrer*. Hasil perhitungan ukuran kristal untuk setiap puncak refleksi ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil perhitungan ukuran kristal katalis

Katalis	Ukuran Kristal (nm)
ZA	0,44260
TiO <sub>2</sub>	0,41468
TiO <sub>2</sub> /ZA A	0,30353
TiO <sub>2</sub> /ZA B	0,16319
TiO <sub>2</sub> /ZA C	0,28469

Berdasarkan Tabel 1, penambahan TiO<sub>2</sub> ke dalam zeolit alam dapat menurunkan ukuran kristal. Hal ini disebabkan penambahan TiO<sub>2</sub> dapat memperkecil ukuran agregat zeolit alam sehingga ukuran kristal menjadi lebih homogen. Semakin kecil ukuran kristal maka semakin besar luas permukaannya sehingga kinerja katalis menjadi efektif.

Penampakan morfologi luar dari ketiga katalis dengan perbesaran 1500 kali dapat dilihat dalam Gambar 2. Hasil foto SEM memperlihatkan bentuk kristal yang tidak homogen dan teramati dalam bentuk membulat. Ketidakhomogenan ini akibat adanya sintering, yaitu pengerombolan kristal karena adanya pemanasan yang tinggi. Struktur morfologi padatan dari ketiga jenis katalis tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa adanya TiO<sub>2</sub> tidak mempengaruhi morfologi dari zeolit alam. Ini disebabkan oleh kemiripan bentuk geometri dari TiO<sub>2</sub> dan zeolit alam yang tetrahedral.



**Gambar 2.** Penampakan morfologi luar dari (a) TiO<sub>2</sub>/ZA A, (b) TiO<sub>2</sub>/ZA B, (c) TiO<sub>2</sub>/ZA C

Untuk mengetahui komposisi logam yang terkandung dalam masing-masing fotokatalis, dilakukan karakterisasi dengan EDX. Hasil karakterisasi dengan EDX dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Komposisi zat yang terkandung dalam TiO<sub>2</sub>/ZA A, B, dan C

Zat yang Terkandung	Jumlah Kandungan (%)					
	TiO <sub>2</sub> /ZA A		TiO <sub>2</sub> /ZA B		TiO <sub>2</sub> /ZA C	
	<i>pure</i>	<i>Oxide</i>	<i>Pure</i>	<i>oxide</i>	<i>pure</i>	<i>Oxide</i>
Silika (Si)	31,56	9,42	35,30	9,95	34,06	10,19
Titanium (Ti)	10,20	1,79	7,49	1,24	5,30	0,93

Dari Tabel 2, dapat dilihat bahwa jumlah titanium yang teremban pada bahan pendukung meningkat meskipun tidak sesuai dengan tingkat penambahan konsentrasi larutan TiIPP yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi TiIPP yang digunakan maka Ti yang teremban pada zeolit aktif semakin besar karena pada konsentrasi TiIPP yang tinggi, logam Ti yang teremban terakumulasi pada satu tempat dan menutup pori dan saluran pori. Dari Tabel 2, kadar Ti teremban yang paling tinggi terdapat pada TiO<sub>2</sub>/ZA A.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran luas permukaan, volume total pori, dan rerata jejari pori disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, TiO<sub>2</sub>/ZA C memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub>/ZA A dan TiO<sub>2</sub>/ZA B. Hal ini dapat dijelaskan karena logam Ti yang diimbangkan ke dalam zeolit alam paling sedikit sehingga kemungkinan terjadinya penggumpalan logam pada permukaan zeolit alam kecil. Terjadinya penggumpalan logam mengakibatkan terjadinya penurunan luas permukaan. TiO<sub>2</sub>/ZA A memiliki luas permukaan yang lebih besar daripada TiO<sub>2</sub>/ZA B karena dispersi logam Ti yang diimbangkan ke dalam zeolit alam lebih baik pada TiO<sub>2</sub>/ZA A.

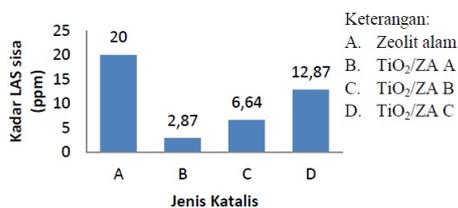
**Tabel 3.** Hasil analisis BET dari TiO<sub>2</sub>/ZA A, B dan C

Sampel	Parameter		
	Luas Muka Spesifik (m <sup>2</sup> /g)	Volume Pori Total (cc/g)	Rerata Jejari Pori (Angstrom)
TiO <sub>2</sub> /ZA A	120,821	0,073	16,745
TiO <sub>2</sub> /ZA B	109,304	0,113	16,781
TiO <sub>2</sub> /ZA C	132,690	0,111	16,828

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub>/ZA A memiliki volume pori total dan ukuran rerata jejari pori lebih kecil dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub>/ZA B dan TiO<sub>2</sub>/ZA C. Penurunan rerata jejari pori ini disebabkan karena logam Ti yang menempati pori zeolit sehingga yang terukur adalah rerata jejari pori yang tidak ditempati oleh logam. Hal ini sesuai dengan data EDX, dimana TiO<sub>2</sub>/ZA A memiliki kandungan logam Ti terbanyak.

Uji aktivitas fotokatalitik untuk mengetahui pengaruh jenis katalis terhadap penurunan kadar LAS menggunakan katalis zeolit alam dan TiO<sub>2</sub>/ZA dengan kandungan Ti teremban yang berbeda-beda. Sebelumnya telah dilakukan pengukuran kurva kalibrasi dan diperoleh persamaan  $y = 0,1223x$  dengan  $R^2 = 0,9889$ . Proses fotokatalitik dilakukan dengan penyinaran dari sinar UV  $\lambda = 365$  nm selama 120 menit dengan menggunakan katalis

sebanyak 0,4 gram. Penurunan kadar LAS semakin bertambah seiring dengan bertambahnya kandungan Ti teremban pada fotokatalis, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Diagram kadar LAS sisa setelah proses selama 120 menit untuk beberapa katalis

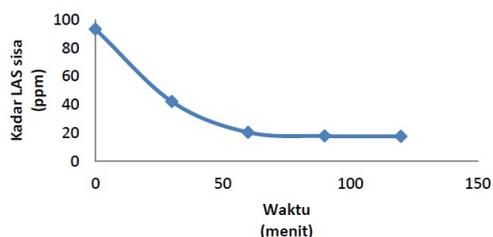
Gambar 4 menunjukkan perlakuan dengan zeolit alam mampu mengurangi konsentrasi surfaktan LAS dari 93,4 ppm menjadi 20 ppm dengan efektivitas sebesar 78,59%. Nilai ini lebih kecil apabila dibandingkan dengan pengurangan konsentrasi surfaktan dengan menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub>/ZA. Peningkatan efektivitas penurunan LAS menandakan bahwa dalam larutan terjadi kombinasi peristiwa adsorpsi oleh zeolit alam dan fotodegradasi oleh fotokatalis TiO<sub>2</sub>/ZA. Pada sistem yang menggunakan zeolit alam, kemungkinan LAS hanya teradsorpsi saja.

Semakin besar konsentrasi prekursor TiIPP pada TiO<sub>2</sub>/ZA menyebabkan kenaikan aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>/ZA. Hal ini dikarenakan semakin banyak kandungan logam Ti maka semakin besar aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>/ZA. Hasil yang diperoleh serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Slamet, dkk (2008) dimana terjadi peningkatan penyisihan fenol seiring dengan penambahan kandungan TiO<sub>2</sub>.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>/ZA tidak berbeda secara signifikan. Meskipun begitu, aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>/ZA A paling baik dalam menurunkan konsentrasi surfaktan dengan kadar dari 93,4 ppm menjadi 2,87 ppm (efektivitas 96,93%). Sedangkan TiO<sub>2</sub>/ZA B dan TiO<sub>2</sub>/ZA C masing-masing akan mampu menurunkan konsentrasi surfaktan dengan efektivitas sebesar 92,89% dan 86,22%.

Berdasarkan hasil SEM-EDX dan aktivitas fotokatalisnya dalam menurunkan kadar LAS, maka dalam menentukan waktu optimal penyinaran digunakan katalis TiO<sub>2</sub>/ZA A. Proses fotokatalitik dilakukan dengan penyinaran dari sinar UV λ= 365 nm selama 30, 60, 90, 120 menit menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>/ZA A sebanyak 0,4 gram.

Grafik hubungan antara waktu penyinaran dengan kadar LAS dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, semakin lama waktu penyinaran maka kadar LAS semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh jumlah foton yang mengenai sistem semakin banyak. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa waktu optimal dicapai setelah 60 menit proses dengan kadar LAS sebesar 20,49 ppm (efektivitas 78,06%).



**Gambar 5.** Diagram kadar LAS sisa selama waktu penyinaran 30, 60, 90, 120 menit menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>/ZA A

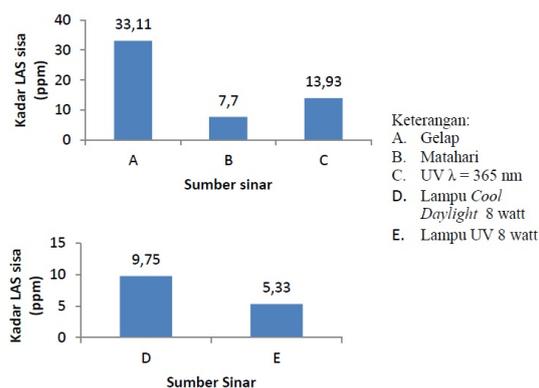
Pada menit ke-30, terjadi penurunan konsentrasi yang drastis hingga mencapai konstan pada menit ke-60. Setelah menit ke-60, proses degradasi cenderung konstan karena interaksi yang terjadi antara molekul substrat dan foton yang dihasilkan tidak cukup signifikan lagi, sehingga perubahan konsentrasi LAS yang terjadi kecil (Rahayu; 2009).

Pada penelitian ini digunakan berbagai sumber sinar untuk mengetahui pengaruh sumber sinar yang digunakan terhadap aktivitas fotokatalitiknya. Proses fotokatalitik dilakukan dengan kondisi gelap, penyinaran dari sinar matahari, UV λ= 365 nm, lampu *Cool Daylight* 8 watt (Phillips), dan lampu UV 8 watt (Phillips). Masing-masing dilakukan proses fotokatalitik selama 60 menit dengan menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>/ZA sebanyak 0,4 gram. Sumber sinar yang berasal dari matahari dilakukan pada pukul 12.52 – 13.52 WIB pada tanggal 20 Maret 2012.

Grafik hubungan antara berbagai sumber sinar dan kadar LAS dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6, proses fotokatalitik dengan menggunakan penyinaran lebih efektif dalam menurunkan konsentrasi LAS daripada tanpa disinari (gelap). Hal ini terjadi karena proses yang terjadi dengan adanya penyinaran adalah proses fotokatalitik sedangkan tanpa penyinaran proses yang terjadi adalah proses adsorpsi.

Pada Gambar 6 juga menunjukkan bahwa proses menggunakan cahaya matahari lebih baik daripada sinar UV λ=365 nm. Cahaya matahari

mampu menurunkan kadar surfaktan LAS menjadi 7,70 ppm (efektivitas 91,75%). Hal ini diduga dapat terjadi karena cahaya matahari menghasilkan lebih banyak foton daripada sinar UV  $\lambda = 365 \text{ nm}$ . Energi foton menyebabkan terjadinya loncatan elektron dari pita konduksi ke pita valensi. Loncatan elektron ini menyebabkan timbulnya hole yang dapat berinteraksi dengan pelarut (air) membentuk  $\text{OH}^\cdot$  yang menguraikan senyawa organik (Fatimah dan Wijaya; 2005).



**Gambar 6.** Diagram kadar LAS sisa setelah proses selama 60 menit menggunakan  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  A dengan berbagai sumber sinar

Lampu *Cool Daylight* 8 watt mampu menurunkan kadar surfaktan LAS dengan efektivitas sebesar 89,54%, sedangkan lampu UV 8 watt sebesar 94,30%. Selain menggunakan sumber sinar ultraviolet, ternyata penggunaan sumber sinar dari lampu rumah tangga dapat digunakan untuk proses fotokatalitik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penggunaan sumber sinar dari lampu UV 8 watt lebih baik daripada sumber sinar yang lain.

### Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar kandungan logam Ti menyebabkan semakin besar aktivitas fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$ . Waktu optimal penyinaran yang tercapai dalam menurunkan kadar surfaktan LAS adalah pada waktu 60 menit menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{ZA}$  A dengan sumber sinar UV  $\lambda = 365 \text{ nm}$  dengan persen efektivitas sebesar 78,06%. Penggunaan sumber energi mempengaruhi proses fotokatalitik karena radiasi yang dipancarkan berbeda-beda. Dalam penelitian yang telah

dilakukan, proses menggunakan sumber sinar lampu UV 8 watt lebih baik daripada sumber sinar yang lain dengan persen efektivitas sebesar 94,30%. Proses penurunan kadar LAS tidak semata-mata karena proses fotokatalitik tetapi juga oleh proses adsorpsi.

### Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. 2005. SNI 06-6989.51-2005. Cara uji kadar surfaktan anionik dengan spektrofotometer secara biru metilen. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Budiawan, F.Y. & Khairani N. 2009. Optimasi biodegradabilitas dan uji toksisitas hasil degradasi surfaktan *Linear Alkil Sulfonat* (LAS) sebagai bahan deterjen pembersih. *Makara Sains*. Vol. 13. No. 2: 125-133
- Fatimah I. & Wijaya K. 2005. Sintesis  $\text{TiO}_2/\text{Zeolit}$  sebagai fotokatalis pada pengolahan limbah cair industri tapioka secara adsorpsi-fotodegradasi. *Teknoin*. Vol. 10. No. 4: 257-267
- Rahayu, E.F. 2009. Degradasi zat warna azo Acid Orange 7 (AO-7) menggunakan  $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$  alam secara fotokatalitik. Tugas Akhir II. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Slamet, EM. & Bismo S. 2008. Modifikasi zeolit alam Lampung dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  melalui metode sol gel dan aplikasinya untuk penyisihan fenol. *Jurnal Teknologi*. Edisi No. 1. Tahun XXII: 59-68
- Subiyanto, H. Abdullah M. Khairurrijal & Mahfudz H. 2009. Pelapisan nanomaterial  $\text{TiO}_2$  fase *anatase* pada nilon menggunakan bahan perekat aica aibon dan aplikasinya sebagai fotokatalis. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. Edisi khusus. ISSN 1979-088V: 50-52
- Susanto, A. 2011. Inseri nitrogen pada nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dan aplikasinya sebagai fotokatalis limbah deterjen. Tugas Akhir II. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Trisunaryanti, W. Triwahyuni, E. & Sudiono, S. 2005. Preparasi, modifikasi dan karakterisasi katalis Ni-Mo/zeolit alam dan Mo-Ni/zeolit alam. *Teknoin*. Vol. 10. No. 4. Desember 2005. ISSN 0853-8697: 269-282
- Wijaya, K. Sugiharto E. Fatimah I. Sudiono S. & Kurniyasih D. 2006. Utilisasi  $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$  dan Sinar UV untuk fotodegradasi zat warna Congo Red. *Berkala MIPA* 16. (3): 27-36