

DEGRADASI SURFAKTAN (LINEAR ALKYL BENZENE) PADA LIMBAH LAUNDRY DENGAN METODE FOTOKATALIS ZnO

Raden Kokoh Haryo Putro, Yoga Adi Setiawawn dan Tuhu Agung R

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: radenkokoh@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian terhadap foto degradasi Linear Alkyl benzene Sulfonate pada limbah laundry menggunakan semikonduktor ZnO sebagai fotokatalis. Linear Alkyl benzene Sulfonate adalah surfaktan anionik yang merupakan senyawa aktif dalam detergen. Surfaktan yang terdapat dalam detergen sangat susah diurai secara biologi, sehingga secara tidak langsung akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Untuk itu perlu adanya metode alternatif yang efektif untuk mengurangi kadar LAS dalam air Limbah laundry, salah satunya yaitu dengan metode Foto katalis ZnO. Selama proses fotokatalis, akan terbentuk hidroksil radikal yang akan menurunkan senyawa organik dalam air limbah, seperti surfaktan (LAS) pada limbah laundry yang sulit didegradasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan waktu kontak dan intensitas cahaya lampu UV C optimum dalam penyisihan kandungan Linear Alkyl benzene Sulfonate (LAS) pada air limbah laundry. Dari hasil penelitian diperoleh waktu kontak dan intensitas cahaya lampu UV C optimum untuk penurunan kandungan Linear Alkyl benzene Sulfonate (LAS) yaitu pada waktu kontak 150 menit dan intensitas cahaya lampu UV C 3531 lux dengan persen penurunan 84,62%.

Kata kunci : Foto degradasi, ZnO, Surfaktan

ABSTRACT

In this research, we have tested fotodegradation Linear Alkyl benzene Sulfonate on laundry waste using semiconductor ZnO as photocatalyst. Linear Alkyl benzene Sulfonate is an anionic surfactant which is an active compound in detergents. Surfactants contained in detergents are very difficult to decipher biologically, so that it will indirectly affect the environment. For that need an effective alternative method to reduce LAS content in waste water, one of them that is by method of photocatalyst of ZnO. During the photocatalyst process, hydroxyl radicals will be formed which will decrease organic compounds in waste water, such as surfactants (LAS) in laundry wastes that are difficult to degrade. The purpose of this research is to get contact time and the optimum light intensity of UV lamp in the removal of Linear Alkyl benzene Sulfonate(LAS) content in the laundry waste water. From result of research obtained contact time and the optimum light intensity of UV lamp to decrease Linear Alkyl benzene Sulfonate (LAS) content that is at contact time 150 minutes with light intensity of UV lamp 3531 lux at optimum condition is obtained percentage decrease 84,62 %.

Keywords: Photodegradation, ZnO, Surfactant

PENDAHULUAN

Industri laundry kini kian menjamur di kota Surabaya seiring dengan banyaknya mahasiswa yang menginginkan proses pencucian secara instan. Limbah yang dihasilkan oleh industri ini berupa air deterjen yang langsung dibuang ke lingkungan perairan terdekat. Limbah deterjen industri laundry ini akan menyebabkan turunnya kualitas bahan baku mutu perairan, yang akhirnya akan berakibat pada kualitas kesehatan masyarakat.

Karena adanya surfaktan pada deterjen, menyebabkan air limbah laundry mengandung busa. Bila air limbah laundry dibuang begitu saja di badan air, maka pada badan air tersebut akan mengandung busa. Adanya busa tersebut mampu mengurangi estetika, menghambat transfer oksigen, dan menghalangi cahaya matahari untuk masuk ke air. Pengolahan air limbah yang mengandung surfaktan deterjen yang disarankan oleh beberapa buku teks jarang yang menganjurkan pengolahan menggunakan teknologi pengolahan biologi, karena surfaktan jenis LAS dan ABS sulit ter"biodegradasi" (Saifudin, 2005).

Metoda lain yang prospektif dalam menangani limbah deterjen adalah dengan menggunakan teknik foto degradasi memakai fotokatalis semikonduktor seperti TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , dsb. Metode fotokatalis adalah proses yang memerlukan bantuan cahaya dan katalis semikonduktor untuk mempercepat transformasi kimia, dimana sumber cahaya bisa berasal dari sinar matahari atau sinar UV. Semikonduktor yang terkena sumber cahaya akan menghasilkan elektron/hole (e^-/h^+) dan mengawali proses oksidasi polutan organik. Metode fotokatalis dirasa efektif karena prosesnya tidak sulit, waktu pengolahan yang tidak lama, bahan yang dipakai murah dan mudah didapat, dan yang terpenting tidak menghasilkan secondary waste.

Karakteristik Limbah Laundry

Air limbah yang dihasilkan dari proses laundry mempunyai komposisi dan kandungan yang bervariasi. Hal ini disebabkan variasi kandungan kotoran pada bahan yang akan dicuci, komposisi, jenis dan jumlah deterjen

yang digunakan serta teknologi yang dipakai untuk mencuci (Hudori, 2009).

Air limbah laundry mengandung senyawa dengan konsentrasi tinggi antara lain fosfat, surfaktan, dan kadar padatan terlarut, kekeruhan, BOD, dan juga COD yang tinggi. Tingginya nilai parameter pada pada air limbah laundry akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Bahan kimia yang menjadi masalah pencemaran di badan air adalah adanya surfaktan anionik pada suatu deterjen yang digunakan sebagai bahan aktif untuk membersihkan kotoran.

Surfaktan

Surfaktan yang terdapat dalam detergen sangat susah diurai secara biologi, sehingga secara tidak langsung akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan yaitu lambat laun perairan yang terkontaminasi oleh surfaktan akan dipenuhi oleh busa, menurunkan tegangan permukaan dari air, pemecahan kembali dari gumpalan (flock) koloid, pengemulsian lemak dan minyak, pemusnahan bakteri yang berguna, dan penyumbatan pada pori-pori media filtrasi (Sanjaya, 2014).

Semikonduktor ZnO

ZnO termasuk titik fokus kajian riset yang sangat menarik karena bahan tersebut merupakan semikonduktor sehingga memiliki potensi sebagai fotokatalis. Secara energetik berdasarkan teori pita energi, tepung halus berukuran nano (nano particles) ZnO memiliki energi celah (band gap) sebesar 3,42 eV atau setara 329,98 kJ/mol sehingga suatu proses eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi setelah menyerap foton (foto konduksi) membentuk pasangan h^+PV dan e^-PK dapat terjadi (Darajat et al, 2008).

Metode Fotokatalis

Proses fotokatalisis secara umum didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis. Fotokatalisis merupakan bagian dari proses oksidasi lanjut atau Advanced Oxidation Process (AOPs). AOPs seperti UV/ H_2O_2 , O_3/UV , $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, menghasilkan radikal bebas sebagai oksidan

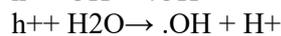
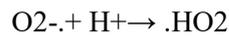
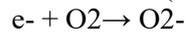
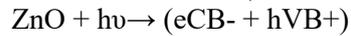
sangat reaktif dan telah terbukti sebagai teknologi efektif untuk menghilangkan polutan air, terutama polutan bersifat beracun dan berbahaya. Keunggulan utama dari fotokatalisis mencakup kebutuhan kondisi reaksi yang relatif ringan dan keberhasilan mereka dalam dekomposisi beberapa polutan beracun dan sulit terurai. (Ku et al, 1992 dalam Anugrah, 2014). Namun, ada kekhawatiran timbulnya produk yang sangat beracun, yang dihasilkan selama irradiasi sinar UV tersebut. Untuk menghindari potensi intermediet beracun, penelitian lain telah mengusulkan kombinasi irradiasi UV dan agen pengoksidasi, seperti fotokatalis TiO₂. AOPs dengan irradiasi UV dari semikonduktor seperti Titanium Dioksida (TiO₂) ataupun Seng Oksida (ZnO) untuk fotokatalisis sebagai detoksifikasi menjadi teknik alternatif dan dalam beberapa tahun terakhir, telah menarik perhatian dan muncul sebagai potensi besar untuk mengubah polutan menjadi zat yang lebih tidak berbahaya (Alhakimi et al, 2003 dalam Anugrah, 2014).

Proses Fotokatalis ZnO dan Sinar UV Pada Limbah Laundry

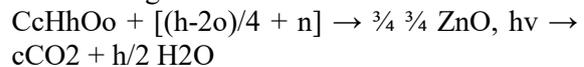
Keuntungan teknologi ini adalah menggunakan energi cahaya yang bisa didapat dari matahari (gratis dan terus menerus ada) ataupun dari sinar UV, hampir tidak ada secondary pollution/waste karena zat organik akan terdekomposisi menjadi karbondioksida dan air, produk sampingannya adalah zat kimia yang aman yaitu karbon dioksida, nitrogen gas dan air, dapat mengolah zat kimia organik yang sangat beracun sekalipun, bahkan dapat mengolah zat kimia yang hampir tidak dapat diolah dengan menggunakan cara konvensional karena mengandung gugus ikatan siklik dan aromatik yang kuat.

Jika suatu semi konduktor dikenai cahaya ($h\nu$) dengan energi yang sesuai, maka elektron(e^-) pada pita valensi (vb) akan pindah ke pita konduksi (cb), dan meninggalkan lubang positif (h^+) pada pita valensi, proses ini disebut eksitasi. Sebagian besar (e^-/h^+) ini akan berkombinasi kembali, baik di permukaan ataupun di dalam bulk partikel, proses ini disebut de-eksitasi. Sedangkan sebagian lain dari (e^-/h^+) dapat bertahan sampai pada permukaan semikonduktor, dimana pada akhirnya (h^+) dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan dilain pihak (e^-) akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan semi konduktor.

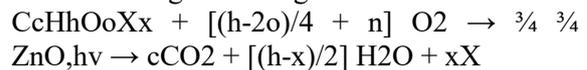
Lubang positif mengoksidasi substrat organik teradsorpsi atau bereaksi dengan air menyebabkan pembentukan hidroksil radikal atau OH \cdot . Hidroksil radikal sangat reaktif, dan cepat bereaksi dan non-selektif terhadap senyawa organik, menghasilkan total mineralisasi substrat organik pada langkah terakhir dari reaksi (Widiantini, 2013).



Secara umum persamaan reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



Untuk haloorganik sebagai berikut:



Dalam penelitian ini, senyawa Linear Alkyl benzene Sulfonate akan didegradasi dengan metode fotokatalis semikonduktor ZnO dan intensitas cahaya sinar UV C. Bahan baku yang digunakan adalah limbah laundry. Selanjutnya, akan diteliti besar penyisihan fotokatalis ZnO dalam menurunkan kadar Linear Alkyl benzene Sulfonate pada limbah laundry.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian :

- Air limbah laundry di daerah Gunung anyar, Surabaya (Laundry pelangi)
- Senyawa ZnO
- Aquadest (Diambil di lab lingkungan)

Alat Penelitian :

- Beaker glass
- Lampu UV C merk Evaco
- Aluminium Foil
- Kasa aluminium
- Pompa Submersible merk Resun
- Reaktor fotokatalis Terbuat dari kaca 0,5 cm
- Box reaktor Terbuat dari triplek

Variabel Tetap :

- a. Jarak Pemaparan = 10 cm
- b. Lampu UV C = 15 watt x 6
- c. Pompa submersible = sp 1100 (2 buah)
- d. Volume reaktor = 50 x 15 x 20 m³
- e. Volume sample = 12 liter
- f. Luas bidang kasa = 45 x 16 m²
- g. Kadar ZnO = 2,5 gram
- h. Box reaktor = 70 x 20 x 30 m³

Variabel Bebas :

- a) Waktu Pemaparan (jam) = 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5
- b) Intensitas Cahaya Lampu UV C (lux) = 810 ; 1521 ; 2356 ; 2831 ; 3531

Prosedur Kerja

sampel air limbah laundry dimasukkan kedalam reaktor fotokatalis sebesar 12 liter, lalu kasa aluminium yang sudah dilapisi ZnO dimasukkan kedalam reaktor secara vertikal lalu dipasangkan kawat agar kasa aluminium tetap berdiri.

Setelah itu proses dilakukan dengan menyalakan pompa submersible dan juga lampu UV C sesuai variabel perlakuan dengan mengambil sampling 300 ml dimasukkan kedalam botol kaca gelap setiap 30 menit sampai waktu 2,5 jam. Lalu setelah selesai diulang lagi dengan intensitas lampu UV C yang berbeda dengan waktu sampling yang sama diambil setiap 30 menit selama 2,5 jam. Langkah selanjutnya memberi label kode pada tiap botol dan siap dilakukan analisa untuk mengukur persen penyisihan Linear Alkyl benzene Sulfonat (LAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN**Penelitian Pendahuluan:**

Hasil pengukuran pada tabel 1 dapat dilihat bahwa intensitas cahaya terbesar terletak pada daya lampu UV C 90 watt yaitu 3531 lux. Sedangkan intensitas cahaya terkecil terletak pada daya lampu UV C 15 watt yaitu 810 lux. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin

besar daya lampu UV C maka semakin besar pula intensitas cahaya yang akan didapatkan. Pengukuran cahaya dilakukan dengan jarak pemaparan 10 cm dari lampu UV C menuju ke kasa aluminium. Hal ini merunut pada penelitian Kurniawati(2017), jarak pemaparan optimum yang dicapai yaitu 10 cm.

Tabel-1 Intensitas Cahaya

Daya Lampu (Watt)	Intensitas Cahaya (Lux)
15	810
30	1521
45	2356
60	2831
90	3531

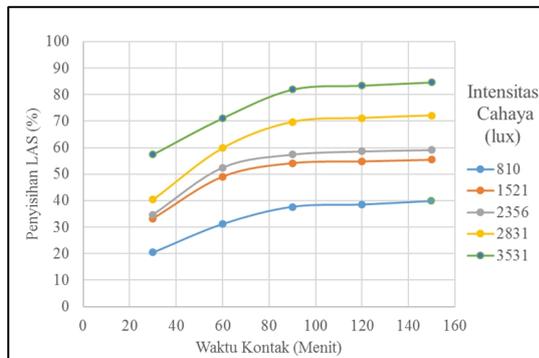
Pengukuran intensitas cahaya tersebut menggunakan aplikasi lux meter pada smartphone, pengukuran dilakukan menggunakan 3 smartphone yang berbeda untuk mengetahui perbedaannya dan didapat hasil rata – rata dari hasil pengukuran tersebut.

Penelitian Utama

Dapat dilihat bahwa kadar LAS dengan Fotokatalis ZnO yang menggunakan variasi intensitas cahaya dan waktu kontak menunjukkan persen penurunan. Penurunan kadar LAS terendah pada waktu kontak 30 menit dengan intensitas cahaya 810 lux yaitu 20,53% dari kadar LAS awal. Sedangkan untuk penurunan kadar LAS tertinggi pada waktu kontak 150 menit dengan intensitas cahaya 3531 lux yaitu sebesar 84,62% dari konsentrasi awal LAS. Hal ini ditunjukkan pada grafik yang menggambarkan hubungan antara waktu kontak dengan intensitas cahaya terhadap penurunan kadar LAS sebagai berikut :

Dapat terlihat dari gambar grafik-1 bahwa persentase penyisihan akan semakin meningkat mulai dari waktu kontak 30 menit sampai 150 menit. dapat dilihat bahwa terjadinya kenaikan persen degradasi senyawa LAS dengan bertambahnya waktu kontak, karena semakin lama waktu kontak semakin banyak jumlah radikal OH terbentuk yang berperan dalam mendegradasi senyawa LAS. Dari grafik tersebut tampak kenaikan persentase degradasi naik cukup signifikan, Hingga menit 90, grafik menunjukkan kestabilan grafik. Hal ini terjadi karena proses degradasi tidak banyak berubah,

penyebabnya adalah jumlah radikal hidroksil yang dihasilkan oleh proses fotokatalisis sudah maksimum. Walaupun lama penyinaran semakin diperpanjang tidak akan memberikan pengaruh banyak terhadap proses pembentukan radikal hidroksil.



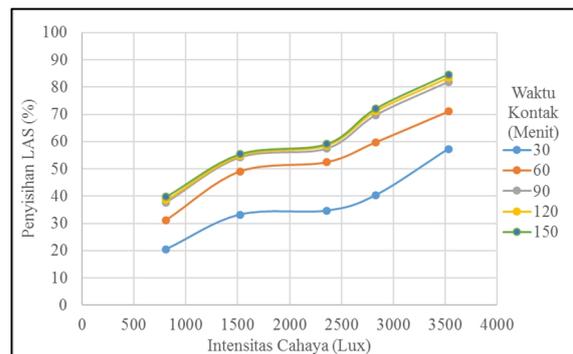
Grafik-1 Hubungan antara Waktu Kontak dan Intensitas Cahaya Terhadap Penurunan Kadar LAS

Dapat dilihat bahwa kadar LAS dengan fotokatalis ZnO yang menggunakan variasi intensitas cahaya dan waktu kontak menunjukkan persen penurunan. Penurunan kadar LAS tertinggi pada intensitas cahaya 3531 lux dan dengan waktu kontak 150 menit yaitu sebesar 84,62 % dari kadar LAS awal. Sedangkan untuk penurunan terendah pada intensitas cahaya 810 lux dengan waktu kontak 30 menit yaitu 20,53% dari kadar awal LAS. Hal ini ditunjukkan pada grafik yang menggambarkan hubungan antara intensitas cahaya lampu UV C dengan waktu kontak terhadap penurunan kadar LAS pada Grafik-2.

Dapat dilihat dari Grafik-2 walaupun variasi intensitas cahaya lampu UV C ini relatif kecil bila dibandingkan dengan intensitas cahaya dengan sinar matahari, namun dari hasil analisa yang didapat pengaruh intensitas cahaya dalam mendegradasi LAS cukup terlihat.

Terlihat dari Grafik-2 menunjukkan bahwa degradasi yang dihasilkan waktu kontak 30 menit dan intensitas cahaya 810 lux relatif kecil, yakni sebesar 20,53%. Hal ini dikarenakan pada intensitas cahaya 810 lux dipasang hanya satu arah yaitu pada satu sisi reaktor sehingga intensitas cahaya yang masuk ke dalam reaktor kurang maksimal, kondisi ini mengakibatkan kurangnya energi foton yang dapat mengaktifkan fotokatalis ZnO sehingga kurang terbentuk $\cdot\text{OH}$ untuk proses foto degradasi senyawa Linear Akybenzene

Sulfonat (LAS). Kondisi penyinaran waktu kontak 150 menit dan intensitas cahaya 3531 lux menghasilkan persen degradasi yang paling besar, yakni sebesar 84,62%. Hal ini dikarenakan intensitas cahaya 3531 lux jauh lebih besar daripada intensitas cahaya 810 lux. Sehingga energi foton dari intensitas cahaya 3531 lux lebih besar intensitas cahaya 810 lux. Banyaknya energi foton yang mengenai sisi aktif fotokatalis ZnO akan meningkatkan pembentukan $\cdot\text{OH}$ untuk foto degradasi senyawa Linear Akybenzene Sulfonat.



Grafik-2 Hubungan antara Intensitas Cahaya dan Waktu Kontak Terhadap Penurunan Kadar LAS

KESIMPULAN

Setiap makalah diakhiri dengan kesimpulan, yang merangkum hasil dari makalah yang ditulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, T.A., (2014), "Degradasi Zat Organik Pada Limbah Industri Batik dengan Fotokatalisis TiO_2 " *Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jawa Timur*.
- Apriyani, N., (2017), "Penurunan Kadar Surfaktan Dan Sulfat Dalam Limbah Laundry" *Media Ilmiah Teknik Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Muhammadiyah Palangkaraya Vol. 2, No. 1, Hal. 37-44*.
- Darajat, S., Aziz, H., Alif, A., (2008), "Seng Oksida (ZnO) Sebagai Fotokatalis pada Proses Degradasi Senyawa Biru Metilen" *Jurnal Jurusan Kimia Universitas Andalas Vo. 1 No. 2 Hal. 179-186*.
- Fraditasari, R., Wardani, S., Misbah, M.K., (2015), "Degradasi Methyl Orange Menggunakan Fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-N}$: Kajian Pengaruh Sinar Dan Konsentrasi

- TiO₂-N” *Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Vol.1, No. 1, Hal. 606-612.*
- Hendra., Barlian E., Razak A., Sanjaya H., (2010), “Photo-degradation of Surfactant Compounds Using UV Rays with Addition of TiO₂ Catalysts in Laundry Waste” *Photo-degradation of Surfactant Compounds Using UV Rays Vol. 7 No. 1 Hal. 66-75.*
- C. A. Housecroft and Alan G. Sharpe., (2005), *Inorganic Chemistry*, 2nd edition, Prentice Hall, England.
- Hudori., Soewondo, P., (2009), “Pengolahan Deterjen Menggunakan Teknologi Elektrokoagulasi dengan Elektroda Aluminium” *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, Vol. 1 No. 2 Hal. 117-125.*
- Kirk, R.E. & Othmer, D.F. (1982), *Encyclopedia of Chemical Technology*, The Interscience and Encyclopedia Inc., New York.
- Kurniawati, D. F., (2017), “Kinerja Fotokatalis TiO₂ dalam Mendegradasi Linear Alkyl benzene Sulfonate pada Limbah Laundry” *Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur.*
- Maryani, Y., Kustiningsih, M., Rakhma, H., Nufus., (2010), “Uji Aktivasi Beberapa Katalis pada Proses Degradasi Senyawa Aktif Deterjen secara Fotokatalitik” *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses Universitas Diponegoro Semarang Hal. 1-8.*
- Rakhmawaty, D. E., Evy, E. E., Rosita, A. N., Lubis, R. A., (2016), “Pembuatan Fotokatalis Seng Oksida Termodifikasi Silika Sekam Padi” *Jurnal Material dan Energi Indonesia Universitas Padjajaran Vol. 6 No. 2 Hal. 18-23.*
- Rosariawari, F., Masduki, A., Hadi, W. (2010), “Proses Fotokatalis Untuk Penyisihan E.coli Dengan Kombinasi TiO₂, Karbon Aktif dan Sinar UV” *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol.4 No.1. Hal. 27-36.*
- Saifudin., (2005), “Fotodegradasi Limbah Deterjen Dalam Suspensi Semikonduktor TiO₂” *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology) Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe Vol. 3 No.6. Hal. 9-14.*
- Sanjaya, H., (2013), *Fotodegradasi Surfaktan Linear Alkyl Sulfonate (LAS) Menggunakan sinar UV 254 nm dengan Bantuan Semikonduktor ZnO sebagai Foto katalis*, Tesis., Universitas Andalas, Padang.
- Santi, S. S., (2009), “Penurunan Konsentrasi Surfaktan pada Limbah Detergen dengan Proses Photokatalitik Sinar UV” *Jurnal Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN “Veteran” Jawa Timur, Vol. 4, No. 1. Hal. 260-264.*
- Widiantini, N., Sibarani, J., Manurung, M., (2013), “Studi Foto degradasi Congo Red Menggunakan UV/ZnO/ Reagen Fenton” *Jurnal Kimia Universitas Udayana Vol. 7 No. 1 Hal 82-90.*