

“(Tema: 7 (ilmu-ilmu murni (Matematika, Fisika, Kimia dan Biologi))

POTENSI ISOLAT BAKTERI TANAH SAWAH TERCEMAR LIMBAH DETERJEN DALAM MENDEGRADASI SURFAKTAN LAS

Oleh

Indah Sulistiyawati
Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto
indahsulistiyawati.s2@gmail.com

ABSTRAK

Pencemaran limbah deterjen pada lingkungan perairan maupun tanah dapat berdampak pada menurunnya kualitas kesuburan tanah. Tanah sawah yang menggunakan air sungai sebagai saluran irigasi menjadi terkontaminasi limbah deterjen. Penggunaan surfaktan *Linear Alkybenzene Sulfonat* (LAS) pada deterjen dengan konsentrasi yang tinggi mengakibatkan kondisi mikroaerofil yang merangsang tumbuhnya gulma, serta menyebabkan suksesi populasi bakteri aerob dengan meningkatnya bakteri mikroaerofilik serta fakultatif obligat anaerob. Berdasarkan kenyataan tersebut perlu upaya pengolahan limbah deterjen secara intensif, dengan memanfaatkan bakteri yang diisolasi dari tanah tercemar untuk mendegradasi LAS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi isolat bakteri dari tanah sawah tercemar limbah deterjen dalam mendegradasi surfaktan LAS. Isolasi bakteri diisolasi dari tanah sawah tercemar limbah deterjen disekitar perumahan Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan 3 (tiga) perlakuan, pada kondisi anaerobik, yaitu dengan menambahkan isolat bakteri tanah sawah (BTW-3a dan BTW-3b) dalam limbah deterjen. Analisis konsentrasi surfaktan LAS pada limbah deterjen menggunakan metode *Methylene Blue Active Substance* (MBAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari konsentrasi surfaktan awal perlakuan 1.150 ppm, isolat bakteri tanah sawah BTW-3a mampu menurunkan konsentrasi surfaktan LAS menjadi konsentrasi akhir 87 ppm dan BTW-3b menjadi 147 ppm bila dibandingkan tanpa perlakuan selama masa inkubasi 14 hari. Isolasi BTW-3a memiliki laju degradasi terhadap surfaktan LAS sebesar 93% dan BTW-3b sebesar 86 %, isolat tersebut dinilai berpotensi dalam mendegradasi surfaktan LAS.

Kata kunci : limbah deterjen, surfaktan LAS, bakteri, biodegradasi, tanah sawah

ABSTRACT

Detergent waste pollution in the aquatic and soil environment can have an impact on the quality of soil fertility. Rice fields that use river water as irrigation channels become contaminated with detergent waste. The use of Linear Alkybenzene Sulfonate (LAS) surfactant in detergents with high concentrations resulted in microaerophilic conditions that stimulated gulma growth, and led to a succession of aerobic bacterial populations with increased obligatory anaerobic microaerophilic and facultative bacteria. Based on this fact, it is necessary to intensively treat detergent waste by utilizing bacteria isolated from contaminated soil to degrade LAS. The purpose of this study was to determine the potential of bacterial isolates from rice fields contaminated with detergent waste in degrading LAS surfactants. Bacteria were isolated from the soil of rice fields contaminated with detergent waste around the housing of Ledug Village, Kembaran District, Banyumas Regency. This study used an experimental method with 3 (three) treatments, in anaerobic conditions, namely by adding isolates of rice fields bacteria (BTW-3a and BTW-3b) in detergent waste. Analysis of LAS

surfactant concentration on detergent waste using the Methylene Blue Active Substance (MBAS) method. The results showed that from the initial surfactant concentration of 1,150 ppm treatment, BTW-3a rice fields bacterial isolates were able to reduce the concentration of LAS surfactant to a final concentration of 87 ppm and BTW-3b to 147 ppm when compared without treatment during the 14-day incubation period. BTW-3a isolates have a rate of degradation of LAS surfactants by 93% and BTW-3b by 86%, these isolates are considered potential in degrading LAS surfactants.

Keywords: detergent waste, LAS surfactant, bacteria, biodegradation, rice fields

PENDAHULUAN

Perkembangan industri dan teknologi di berbagai bidang kehidupan dapat meningkatkan kualitas dan taraf hidup manusia. Peningkatan tersebut ditandai dengan penggunaan produk-produk pembersih modern menggantikan pembersih tradisional. Salah satu produk pembersih modern tersebut adalah deterjen sintetik. Deterjen sintetik sebagai bahan pembersih sudah digunakan sejak tahun 1950-an. Deterjen adalah zat yang dapat menurunkan tegangan permukaan. Deterjen lebih banyak digunakan karena bahan dasar deterjen relatif lebih murah, mudah dalam penggunaannya, serta lebih toleran pada air sadang dan tidak membuat endapan dengan asam, alkali maupun logam yang terdapat di air sadang (Fardiaz, 1992). Keefektifan deterjen tidak lepas dari formulasinya yang terdiri dari surfaktan dan bahan-bahan lainnya yang membantu proses pembersihan. Bahan tersebut antara lain bahan penunjang berupa fosfat, dan bahan aditif seperti parfum, pemutih, enzim.

Deterjen terdiri atas bahan baku (surfaktan), bahan penunjang dan bahan aditif. Komposisi bahan dasar surfaktan berkisar antara 20-30 %, bahan penunjang 70-80%, sedangkan bahan aditif sedikit sekitar 2-8% (Applequist *et al.*, 1981). Fungsi surfaktan pada bahan pembersih sebagai bahan penurun tegangan permukaan air sehingga air lebih mudah meresap ke dalam bahan yang dicuci (Thomas *et al.*, 2017). Deterjen yang beredar luas umumnya termasuk jenis anionik, dengan surfaktannya sebagian besar berupa persenyawaan surfonat, dan merupakan turunan senyawa hidrokarbon minyak bumi, misalnya ABS (*Alkyl Benzene Sulfonates*) dan LAS (*Linear Alkylbenzene Sulfonates*) (Sopiah & Chaerunisah, 2006). Saat ini surfaktan LAS paling sering digunakan karena sifatnya yang lebih biodegradable dan ramah lingkungan dibandingkan surfaktan deterjen lainnya. Akumulasi surfaktan LAS yang tinggi pada sistem perairan dan dalam jangka waktu yang lama tidak mampu terdegradasi secara sempurna sehingga menyisakan ikatan benzena (Scott & Jones, 2000). Ikatan benzena (*chlorobenzene*) tersebut berbahaya karena

merupakan salah satu pemicu kanker. Menurut Suastuti *et al.*, (2015) selain itu senyawa surfaktan bersifat toksik dalam jangka waktu tertentu dapat mematikan biota air.

Pencemaran limbah deterjen pada perairan dapat berdampak mempengaruhi kualitas tanah sawah, dikarenakan air sungai digunakan sebagai sarana irigasi dipersawahan. Persawahan di lingkungan perumahan Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas, sudah banyak yang terindikasi tercemar limbah deterjen. Akumulasi deterjen yang berlebihan di sungai sangat merugikan karena dapat menghambat pertumbuhan mikroba tanah sehingga menurunkan kesuburan dan respirasi tanah sawah, yang menggunakan sungai sebagai irigasi. Berdasarkan kenyataan tersebut perlu upaya pengolahan limbah deterjen secara intensif sehingga pencemaran deterjen dapat ditanggulangi. Berbagai upaya penanggulangan yang tepat harus dilakukan untuk mengatasi pencemaran tersebut. Penggunaan mikroorganisme dinilai lebih efektif dalam menguraikan senyawa organik toksik termasuk surfaktan LAS, yang lebih dikenal dengan istilah biodegradasi (Carosia *et al.*, 2014).

Tujuan dari penelitian ini adanya mengetahui potensi isolat bakteri yang diisolasi dari tanah sawah tercemar limbah deterjen dalam mendegradasi surfaktan LAS. Isolat bakteri BTW-3a dan BTW-3b merupakan isolat yang diisolasi dari tanah sawah di sekitar perumahan Desa Ledug Kesamatan Kembaran Kabupaten Banyumas. Kemampuan isolat bakteri tersebut ditandai dengan penurunan kadar konsentrasi surfaktan LAS yang akan meningkatkan persentase degradasi surfaktan LAS pada limbah deterjen.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, dengan perlakuan yang dicobakan adalah sebagai berikut; P0 (Tanpa penambahan isolat bakteri pada limbah deterjen yang mengandung LAS); P1 (Penambahan isolat bakteri BTW3-a pada limbah deterjen yang mengandung LAS); P2 (Penambahan isolat bakteri BTW3-b pada limbah deterjen yang mengandung LAS), pengamatan penurunan terhadap nilai kadar LAS oleh isolat bakteri tersebut dilakukan selama 14 hari. Penelitian ini meliputi beberapa tahapan kerja diantaranya;

Penyiapan inokulum

- a. Menumbuhkan dan adaptasi bakteri uji pada deterjen yang mengandung surfaktan LAS.

Pada hari pertama tanah sawah ditimbang 25 g dimasukkan ke dalam botol gelas yang berukuran 250 ml, dan telah diisi 100ml media garam basal yang mengandung deterjen dengan kadar surfaktan 500 ppm dan yeast extract 0.03% kemudian diinkubasi selama 1x24 jam pada suhu 25⁰C. Selanjutnya pada hari kedua kultur dipindahkan pada media baru dengan kadar surfaktan LAS 1.000 ppm, demikian seterusnya dengan perlakuan sama sampai media 1.500 ppm.

b. Isolasi kultur bakteri dari media adaptasi

Suspensi bakteri yang mengandung surfaktan LAS 1.500 ppm diambil cuplikan sebanyak 1 ml dan dibuat seri pengenceran selanjutnya ditabur ulas (*spread plate*) pada media NA (*Nutrient Agar*) yang mengandung surfaktan deterjen 1.500 ppm dan penambahan *yeast extract* 0.03%, inkubasi 3x 24 jam pada suhu 25⁰C dalam keadaan anaerob. Bakteri yang tumbuh dimurnikan.

c. Penyiapan inokulum (starter)

Isolat diremajakan, dan kemampuan kultur yang tumbuh dilakukan pengujian dengan menginokulasikan pada media garam basal yang telah ditambahkan deterjen dengan konsentrasi 1.500 ppm, serta *yeast extract* 0.03%, setelah inkubasi 2x24 jam dan kultur mencapai 10⁶-10⁷ sel/ml dapat digunakan sebagai inokulum.

Uji aktivitas degradasi surfaktan LAS limbah deterjen oleh isolat bakteri BTW-3a dan BTW-3b

Penelitian dilakukan pada limbah deterjen yang diambil dari limbah laundry di daerah Perumahan Ledug Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas. Limbah laundry dengan kandungan LAS 1.150 ppm, dan volume awal limbah 1.550 ml ditambahkan isolat bakteri sebesar 10% dari volume limbah (155 ml).

Analisis surfaktan LAS dengan metode MBAS (*Methylene Blue Active Substance*)
(Metcalf & Edy, 1978)

Tahapan ini meliputi pembuatan larutan surfaktan LAS standar, pembuatan larutan *methylene blue* 0.3%, pembuatan larutan pencuci, pembuatan kurva kalibrasi (Greenberg *et al.*, 1985); pembuatan kurva kalibrasi dilakukan menggunakan larutan standar deterjen (surfaktan LAS) sejumlah masing-masing 0, 05, 50, 75, 100 mg/l, setelahnya ditambahkan

NaOH 1 N untuk membuat suasana basa, kemudian ditambahkan fenolftalin sampai berwarna merah jambu, dan penghilangan warna dengan H₂SO₄ 1 N, selanjutnya ditambahkan CHCl₃ dan 25 ml larutan methylene blue, dikocok 30 detik sampai larutan memisah, larutan ditampung dan dilakukan ekstraksi 3 (tiga) kali. Larutan dipindahkan ke dalam gelas ukur bervolume 100 ml dengan cara menyaring dengan *glass wool* sehingga diperoleh cairan yang benar-benar bening, kemudian ditambahkan CHCl₃ sampai volumenya 100 ml, suspensi kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 652 nm. Kurva kalibrasi dibuat dengan menghubungkan antara konsentrasi larutan surfaktan LAS standar sebagai absis dan nilai absorbansinya sebagai ordinat.

Pengukuran kadar surfaktan

Hasil penelitian degradasi surfaktan LAS sebanyak 100 ml dilakukan ekstraksi seperti dalam pembuatan kurva kalibrasi, hasil pembacaannya nilai absorban diplotkan pada persamaan kurva kalibrasi. Hasil pemplotan adalah kadar surfaktannya.

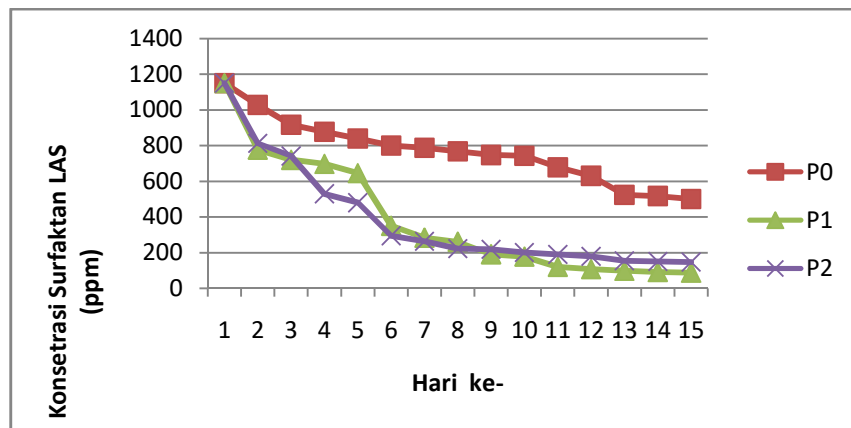
Penghitungan persentase degradasi surfaktan LAS

Persentase degradasi surfaktan LAS ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut : % degradasi = (Konsentrasi Awal – Konsentrasi Akhir) / Konsentrasi Awal x 100 %

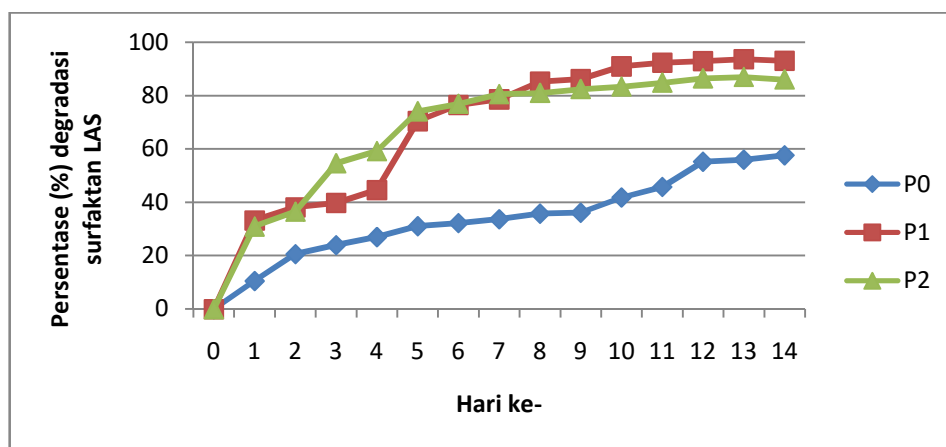
HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses biodegradasi surfaktan LAS yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan isolat hasil isolasi dari tanah sawah tercemar limbah deterjen. Isolat bakteri yang diperoleh diberi label BTW-3a dan BTW-3b merupakan isolat bakteri yang mampu menggunakan surfaktan LAS secara *in vitro*. Identifikasi isolat bakteri tersebut merujuk *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Singleton, 1999), secara morfologi koloni (bentuk, tepi, warna elevasi), sifat gram, bentuk sel dan motilitas yang setelah merujuk pada genus *Pseudomonas* (BTW-3a) dan *Bacillus* (BTW-3b). Menurut Bitton (1991) bahwa dari daerah tercemar limbah deterjen diperoleh beberapa genus bakteri pendegradasi surfaktan antara lain, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, dan *Clasdosporium*.

Isolat bakteri BTW-3a dan BTW-3b yang diujicobakan pada limbah deterjen mengandung surfaktan LAS memberikan hasil pengaruh nyata terhadap penurunan konsentrasi dan meningkatnya persentase degradasi surfaktan LAS pada limbah deterjen. Konsentrasi surfaktan deterjen LAS pada awal perlakuan 1.150 ppm, dan mengalami penurunan menjadi 147-87ppm setelah diinkubasi selama 14 hari. Pada penambahan isolat bakteri perlakuan P1 penurunan konsentrasi LAS dari 1.150 ppm menjadi 87 ppm, dan pada perlakuan P2 penurunan dari 1.150 ppm menjadi 147 ppm (Gambar 1). Tingkat biodegradasi surfaktan LAS mengalami peningkatan yang signifikan pada hari ke 1-14, pada perlakuan P1 sebesar 33.18 – 93.00% dan P2 sebesar 30.95-86.00% (Gambar 2).



Gambar 1. Penurunan konsentrasi surfaktan LAS pada limbah deterjen oleh isolat bakteri BTW-3a dan BTW-3b

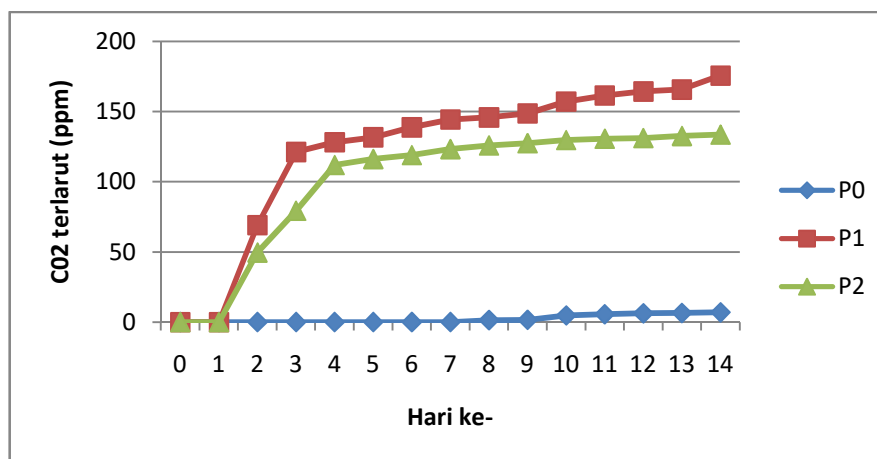


Gambar 2. Persentase degradasi surfaktan deterjen LAS oleh isolat bakteri BTW-3a dan BTW-3b

Persentase degradasi mengalami peningkatan hal ini menunjukkan bahwa isolat bakteri BTW-3a dan BTW-3b mampu menggunakan surfaktan LAS sebagai sumber karbon dan energi untuk proses metabolismenya. Surfaktan LAS digunakan oleh bakteri sebagai molekul kompleks yang akan diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana. Menurut Weiss *et al.*, (2012) bakteri secara genetik mampu menghasilkan enzim pendegradasi surfaktan LAS, dengan memutuskan ikatan rantai alkil pada gugus fungsinya.

Akan tetapi pada inkubasi hari laju regresi degradasi surfaktan menurun 0.02 ppm/hari. Penurunan laju degradasi pada inkubasi hari ke 14 ini diikuti dengan penurunan laju pembelahan sel bakteri pada perlakuan P1 mencapai 0.048 CFU/ml/hari dan pada perlakuan P2 sebesar 0.193 CFU/ml/hari. Penurunan ini terjadi karena dipengaruhi beberapa faktor. Faktor pertama adalah kondisi pH pada sistem reaktor, dan bahwa semakin lama masa inkubasi pH akan semakin turun, produksi asam yang berlebih selama proses degradasi berlangsung dapat menghambat metabolisme sel (Sawyer & Mc.Carty, 1978), data menunjukkan pH awal perlakuan hari ke 0 yaitu 9.10 -9.20 dan hari ke 14 masa inkubasi mencapai 7.31-7.37. Pada penelitian ini diperoleh pH optimum yaitu 8.5 – 7.5, dibawah kisaran pH tersebut laju degradasi akan mengalami penurunan. Faktor kedua adalah ketersediaan nutrisi karbon dan nitrogen dari *Yeast Extract* hanya 0.03%, dalam mendegradasi surfaktan bakteri membutuhkan kinerja enzim yang diproduksi dari ketersediannya unsur Nitrogen, rendahnya produksi enzim oleh bakteri menyebabkan surfaktan tidak terdegradasi sempurna, hal ini memicu terjadinya interaksi dinding sel bakteri dengan surfaktan LAS yang tidak terdegradasi sehingga dapat menghambat permeabilitas membran sel, yang berakibat pada terganggunya metabolisme sel.

Menurut Febriarthani (2001) pada proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme anaerob fakultatif maupun mikroaerofil akan menghasilkan gas CO₂. Proses degradasi surfaktan LAS dapat berjalan dengan baik dilihat dari indikasi keberadaan gas CO₂ dilingkungan, semakin besar bahan organik yang terdegradasi, kadar CO₂ dalam media juga semakin besar.



Gambar 3. Peningkatan CO₂ terlarut selama inkubasi 14 hari

Pada penelitian ini peningkatan CO₂ terlarut (ppm) ditunjukkan selama masa inkubasi dari hari ke-0 sampai dengan hari ke-14, dengan hasil perlakuan P0 sebesar 6.93 ppm, P1 175.50 ppm, P2 sejumlah 133.46 ppm. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CO₂ terlarut pada tiap perlakuan Gambar 3 sehingga proses degradasi berjalan dengan baik.

KESIMPULAN

Isolat bakteri yang diisolasi dari Tanah Sawah tercemar limbah deterjen berpotensi mampu dalam mendegradasi surfaktan LAS. Isolat bakteri BTW-3a dan BTW-3b dari Tanah Sawah sekitar perumahan Desa Ledug Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas mampu mendegradasi surfaktan LAS dengan persentase tingkat degradasi mencapai 93% untuk perlakuan dengan isolat BTW-3a dan persentase 86% untuk isolat BTW-3b, pencapaian ini sangat signifikan perbedaannya bila dibandingkan dengan limbah deterjen tanpa perlakuan isolat bakteri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis tujukan kepada Rekan-rekan Program Studi Biologi Fakultas Sains Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto.

DAFTAR PUSTAKA

Appelquist, D., C. De Puy & Hart K.L.R. 1981. *Introduction to organic chemistry*. John Wiley and Sons Inc., New York.

- Atlas, R.M. dan R. Bartha. 1981. *Microbial Ecology : Fundamentals and Application*. Addison-Wesley Publishing Company, California.
- Carosia M.F., Okada D.Y., Sakamoto I.K., Silva EL., & Varesche M.BA. 2014. *Microbial characterization and degradation of linear alkylbenzene sulfonate in an anerobic reactor treating wastewater containing soap powder*. Boiresource Technology. Vol.167; 316-323.
- Duarte, I.C.S., Lima de Oliveira, L., Okada. D.Y., Ferreira do Prado. P., & Varesche, M.B. 2015. *Evaluation of the microbial diversity in sequencing batch reactor treating linear alkylbenze sulfonate under denitrifying and mesophilic conditions using swine sludge as inoculums*. Brazillian Arcieves of Biology and Technology. Vol. 58 No. 3.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Greenberg, A.E, R.R. Trussel & L.S. Clesceri.1985. *Standard Method for the Examination of Water and Waste Water*. APHA-AWWA-WPCF, Washington.
- Metcalf & Eddy. 1978. *Waste-Water Engineering*. Mc Graw-Hill Co.Inc., New York.
- Sawyer, C.N & Mc. Carty.1978. *Chemistry for Environmental Engineering* Mc.Graw-Hill Co.Inc., New York.
- Scott J Matthew & Jones N Malcolm. 2000. *The biodegradation of surfactants in the environtment*. Biochimica et Biophysica Acta 1508; 235-251.
- Singleton, P. 1999. *Bacteria in Biology Biotechnology and Medicine*. 5nd edition. John Wiew and Sons Inc. Chichester.
- Sopiah R.Nida, & Chaerunisah. 2006. *Laju degradasi surfaktan linear alkil benzene sulfonat (LAS) pada limbah deterjen secara anaerob pada reactor lekat diam bermedia sarang tawon*. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol.7.No.3:243-250
- Suastuti, D.A.I.Wayan. S, Dwi.K, Putra. 2015. *Pengeloalaan Larutan Deterjen dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (Ipomoea crassicaulis) dalam sistem Batch (curah) Teraerasi*. Jurnal Kimia, 9 (1):98-104
- Setyobudiarso, H & Endro Y. 2014. *Rancang bangun alat penjernih air limbah cair laundry dengan menggunakan media penyaring kombinasi pasir arang aktif*. Jurnal Lingkungan, 6(2):1-7.
- Thomas Rhian, Gough Rachel, & Freeman Christhoper. 2017. *Linear alkylbenzne sulfonate (LAS) removal in constructed wetlands: The role of plants in the treatment of a typical pharmaceutical and personal care product*. Ecological Engineering. Elsevier. Vol: 106,Part A; 415-422
- Weiss M., Denger K., Huhn T., & Schlehek D. 2012. *Two enzymes of a complete dengradation pathway for linear alkylbenzenesulfonate (LAS) surfactants:4-sulfoacetophenone baeyer-villiger monooxygenase and 4-sulfophenylacetate esterase in*

Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers
"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan VIII"14-
15November 2018
Purwokerto

No. ISBN: 978-602-1643-617

*comamonas testosterone KF-1. Applied and Environmental Microbiology. Vol 78
No.23:p8254-8263.*