

Pengenalan Reaktor Batch Tipe Fixed Bed dengan Fotokatalis ZnO/TiO₂ untuk Pengolahan Limbah Buang Surfaktan Wirausaha Laundry

Ruri Agung Wahyono, Doty Dewi Risanti, Dyah Sawitri, Lizda Johar Mawarani, Yurham affif, Varisa Rahmawati, dan Muhammad Zaim Alhusna
Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Email:

R_agung_w@ep.its.ac.id

ABSTRAK

Maraknya kegiatan usaha laundry rumahan tidak diiringi dengan manajemen pengolahan limbah pencucian yang mengandung polutan organik berbahaya yang menjadi efluen dan mencemari saluran air yang bermuara di sungai ataupun akan terserap dalam tanah dan mencemari air tanah. Pada program pengabdian masyarakat ini, dikembangkan dan dikenalkan teknologi fotoreaktor untuk degradasi memanfaatkan proses fotokatalisis berbasis proses oksidasi maju (AOP, *advanced oxidation proses*) dengan mitra pemilik wirausaha *laundry* di Tanggulangin, Sidoarjo. Adapun katalis yang hendak digunakan adalah material nano ZnO dan TiO₂ yang telah banyak diteliti baik secara global maupun oleh tim peneliti/pengabdian dari laboratorium material fungsional maju, Departemen Teknik Fisika, ITS. Sementara, profil kandungan limbah buang pencucian didominasi oleh surfaktan dan molekul pewarna pakaian yang terlarut selama proses pencucian. Lebih detail, teknologi reaktor fotokatalisis yang diterapkan dalam program pengabdian kepada masyarakat ini merupakan reaktor tipe *fixed bed* dengan sedikit modifikasi dimana alas (*bed*) reaktor dilapisi katalis ZnO dan TiO₂. Selain itu, aktivasi katalis dalam reaktor fotokatalisis dalam program ini memanfaatkan dua sumber iradiasi, yaitu dari matahari dan dari sinar lampu LED-UV. Dengan demikian, program pengabdian kepada masyarakat ini dapat meningkatkan kesadaran pemilik wirausaha laundry serta membantu mengurangi permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas ekonomi melalui wirausaha laundry.

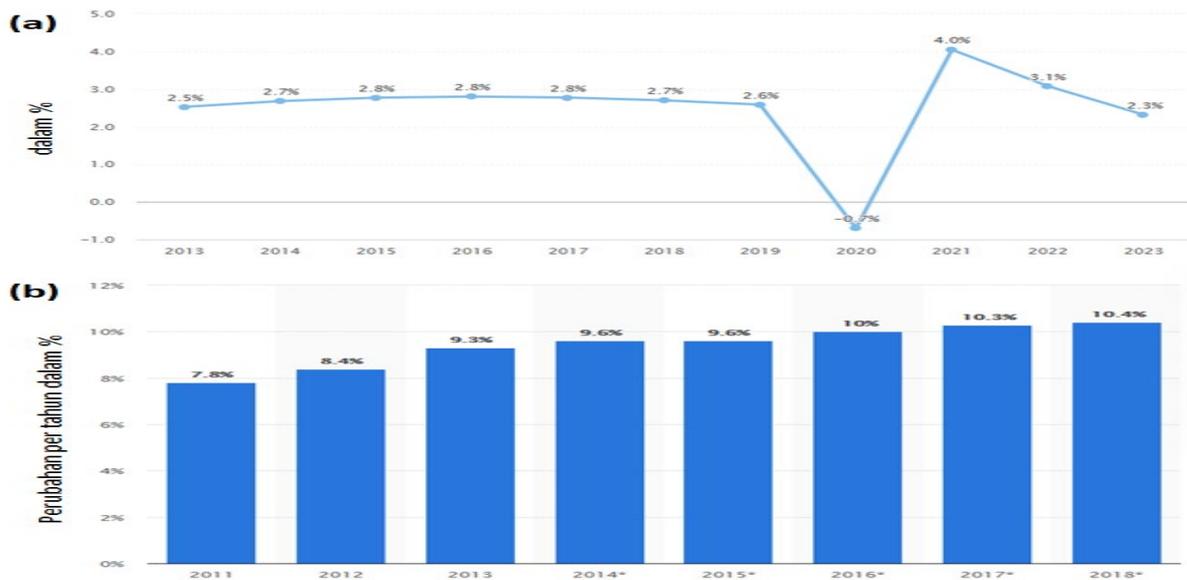
Kata Kunci: Fotokatalisis, Reaktor, Katalis ZnO/TiO₂, Limbah Buang Air, Advanced Oxidation Process.

PENDAHULUAN

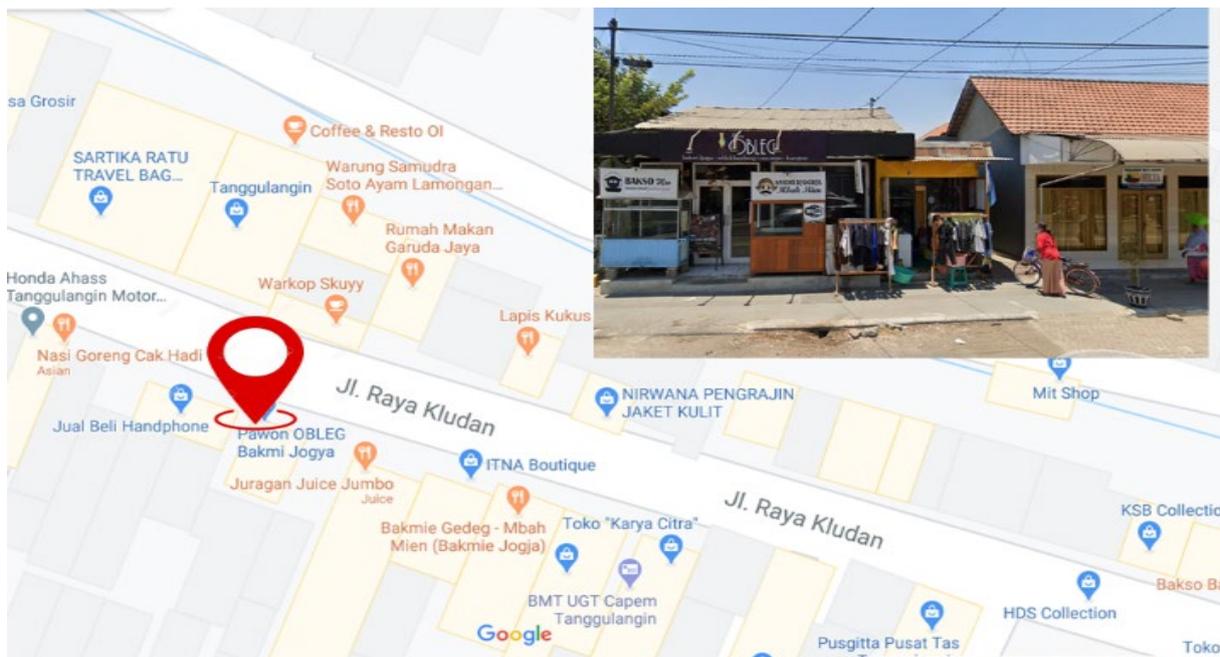
Seperti diketahui bersama bahwa selain pariwisata dan ekspor sawit, salah satu sumber penopang pertumbuhan ekonomi Indonesia adalah kegiatan usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM) yang bergerak di berbagai bidang usaha seperti makanan dan minuman, tekstil dan pakaian, dan jasa. Salah satu usaha jasa yang kini menjamur adalah jasa pencucian pakaian (*laundry*) akibat tingginya permintaan oleh pasar (rumah tangga) dengan alasan meningkatkan efisiensi waktu dan produktivitas dalam kegiatan domestic (Yuhanditya, 2019). Secara nasional, tren kenaikan pendapatan neto dari usaha *laundry* cukup stabil (Gambar 1a) dari tahun ke tahun kecuali pada kuartal pertama 2020 karena pandemi global. Selain itu, peningkatan volume aktivitas *laundry* juga cenderung meningkat dari tahun ke tahun seperti dipresentasikan oleh

perubahan jumlah permintaan terhadap sabun dan deterjen pada Gambar 1b. Peningkatan permintaan sabun dan deterjen ini juga dapat diterjemahkan sebagai peningkatan jumlah usaha *laundry* secara nasional.

Di satu sisi peningkatan volume usaha *laundry* ini baik aspek ekonomi namun aktivitas *laundry* ini juga memiliki potensi dampak buruk terhadap lingkungan karena limbah cair pencucian pada umumnya dibuang langsung ke lingkungan, seperti parit/gorong-gorong, sungai, ataupun diresapkan ke tanah, tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Secara umum, pencemaran lingkungan diatur melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 7 Tahun 2014 Pasal 1 poin 3 yang didefinisikan secara jelas dalam Undang- Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup, yaitu masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain yang kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu



Gambar 1. (a) Tren pendapatan dari usaha laundry secara nasional di Indonesia dan (b) pertumbuhan kebutuhan sabun dan deterjen untuk kegiatan laundry.

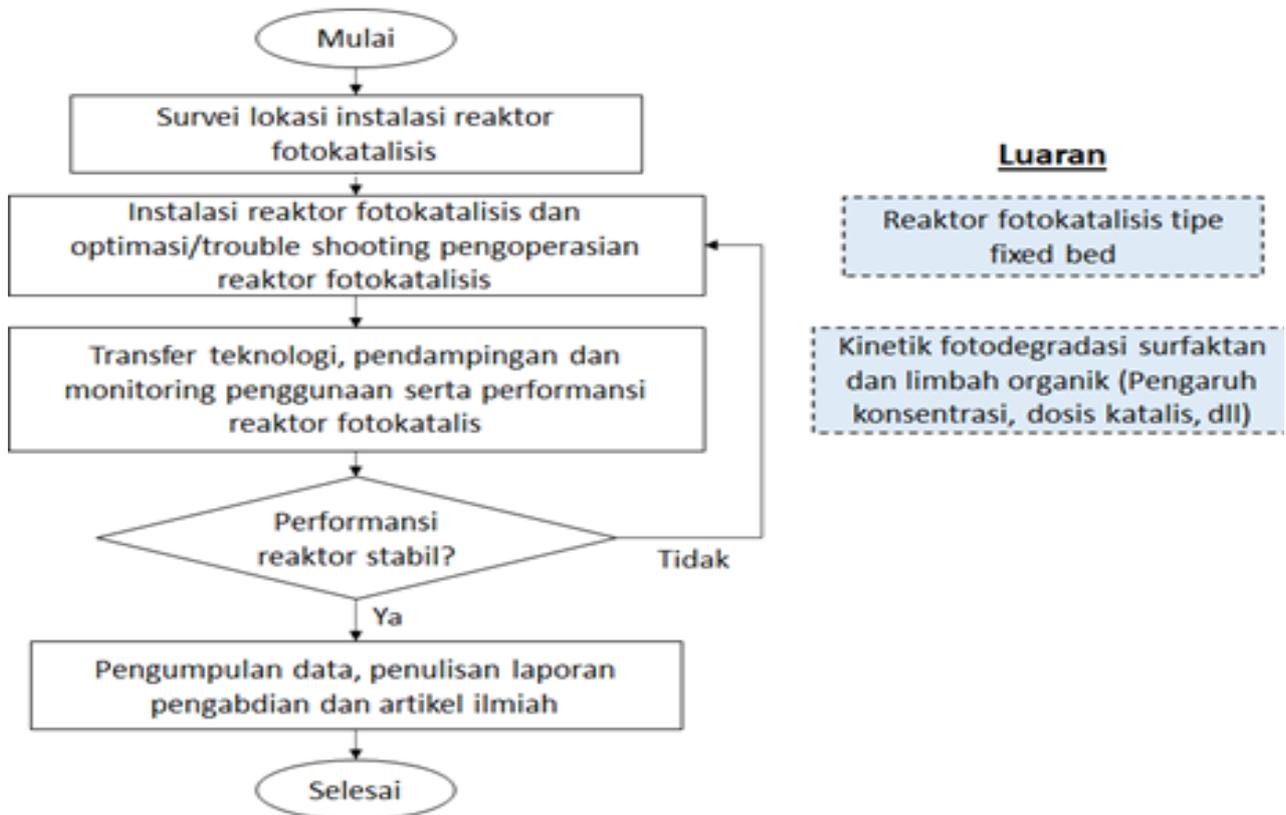


Gambar 2. Peta lokasi mitra program pengabdian masyarakat. Sisipan gambar menunjukkan tampak depan foto dari usaha laundry yang berada di Tanggulangin, Sidoarjo.

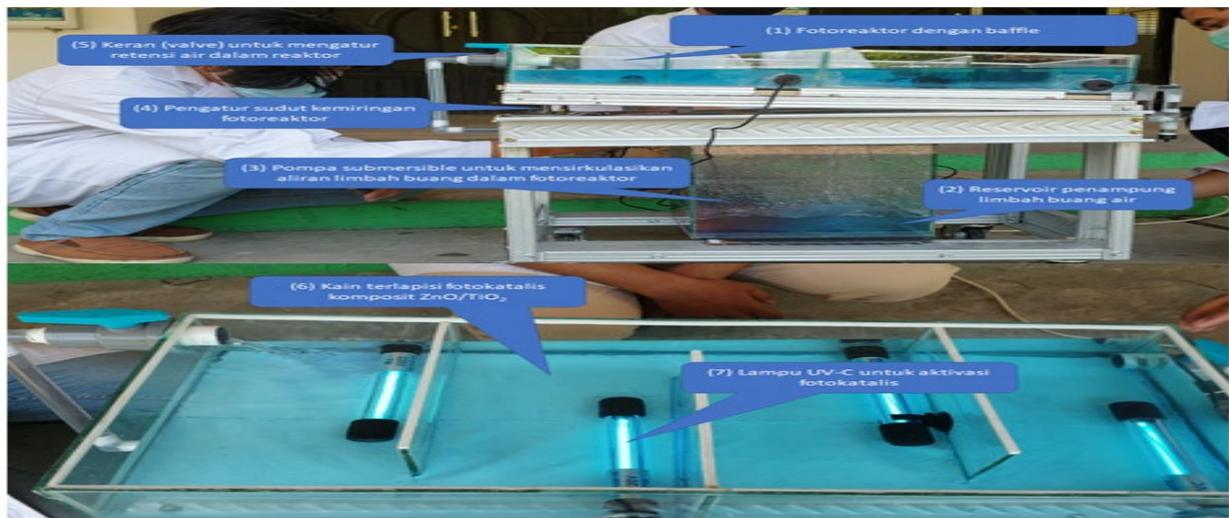
lingkungan hidup yang telah ditetapkan (Raissa & Tangahu, 2017).

Pada usaha *laundry*, limbah buang pencucian ini dipastikan mengandung senyawa kimia yang cukup berbahaya yang ada dari deterjen, pewangi dan pelembut pakaian, serta bahan pewarna pakaian yang terlarut karena proses kemomekanik dari pencucian (Raissa & Tangahu, 2017);(Nageswara Rao & Dube, 1996);(Oyama et al., 2004);(Lizama et al., 2005). Pembuangan limbah yang mengandung surfaktan secara langsung ke aliran sungai misalnya telah dilaporkan meningkatkan level COD

(*chemical oxygen demand*) yang menyebabkan rusaknya kesetimbangan ekologi dalam sungai (Raissa & Tangahu, 2017);(Nageswara Rao & Dube, 1996);(Oyama et al., 2004). Selain dari aspek toksisitas, limbah buang *laundry* dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan eutrofikasi dengan implikasi meningkatnya nutrisi terlarut dalam sumber air, menurunnya kandungan oksigen terlarut, dan menurunnya kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air (Raissa & Tangahu, 2017). Apabila mekanisme pembuangan limbah dilakukan dengan meresapkan dalam tanah, hal ini juga akan berisiko mencemari kualitas air



Gambar 3. Diagram alir aktivitas dalam pelaksanaan pengabdian masyarakat (kiri) beserta luaran yang dalam setiap tahanan aktivitas (kanan).



Gambar 4. (atas) Tampak samping reactor fotokatalisis dengan komponen-komponen penyusunnya dan (bawah) tampak atas reactor fotokatalisis yang menggambarkan konfigurasi lampu UV untuk fotoeksitasi fotokatalisis.

tanah tidak hanya pada titik pembuangan tapi juga menyebar sepanjang terdapat aliran dalam air tanah.

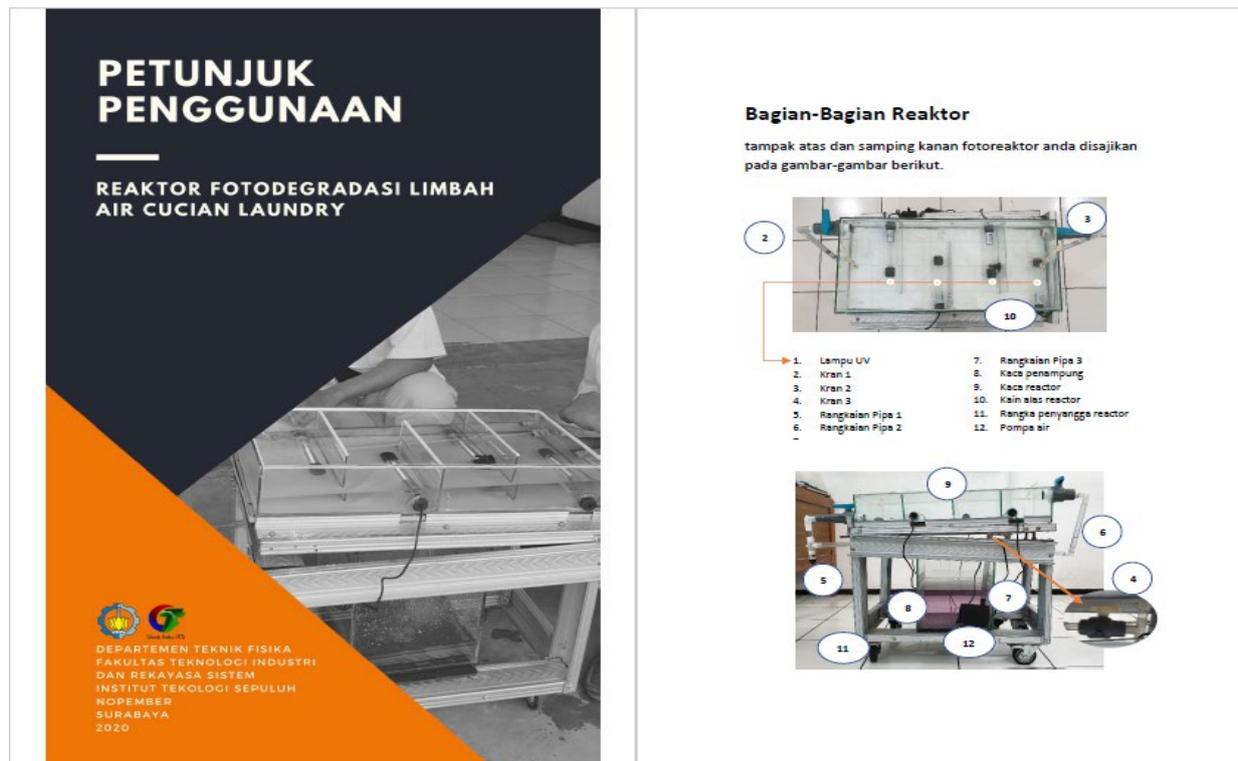
MITRA PENGABDIAN, STRATEGI KEBIJAKAN DAN TUJUAN KEGIATAN

Dari uraian latar belakang di atas, jelas bahwa terdapat indikasi potensi permasalahan dan risiko lingkungan dari praktik dan aktivitas usaha *laundry*. Potensi pencemaran

lingkungan ini ada terlepas dari aspek budaya dan geografis. Dengan demikian, pada program pengabdian masyarakat ini, pendekatan pemanfaatan teknologi akan diterapkan untuk membantu para pengelola wirausaha *laundry* menangani permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan usahanya sehingga mendukung pengembangan *green economy*. Secara spesifik, program pengabdian masyarakat ini bermitra dengan pemilik usaha *laundry* di Tanggulangin, Sidoarjo dan teknologi yang

Tabel 1. Specifications Adopted for The Simulated Inverter

Pertanyaan	1	2	3	4	5	6
Seberapa peduli Anda terhadap pencemaran lingkungan?					X	
Apakah Anda mengetahui sebelumnya potensi bahaya limbah buang cucian yang mengandung deterjen?		X				
Seberapa besar komitmen Anda untuk mengurangi pembuangan limbah buang cucian yang tercemar deterjen?				X		
Apakah Anda memahami konsep katalis?				X		
Apakah Anda memahami prinsip kerja fotokatalisis?				X		
Apakah Anda mengetahui komponen-komponen reaktor fotokatalisis?					X	
Apakah Anda memahami cara mengoperasikan reaktor fotokatalisis?					X	
Apakah pedoman operasional reaktor fotokatalisis mudah dipahami?					X	



Gambar 5. Kenampakan visual buku petunjuk penggunaan fotoreaktor untuk degradasi limbah buang air cucian yang mengandung polutan organic dan surfaktan.

akan diterapkan adalah teknologi reaktor fotokatalisis dengan menggunakan reaktor *batch*. Detil lokasi mitra ditunjukkan pada Gambar 2.

Adapun dalam penerapan teknologi kepada mitra, terdapat beberapa permasalahan teknis dan non-teknis yang meliputi:

1. Terbatasnya luas area lahan yang dimiliki pemilik usaha *laundry* yang dapat dimanfaatkan untuk instalasi reaktor fotokatalisis.
2. Pemilik usaha *laundry* sangat awam akan teknologi reaktor fotokatalisis.
3. Pemilik usaha *laundry* mengharapkan tidak adanya tambahan biaya operasional dalam penggunaan

teknologi reaktor fotokatalisis agar harga jasa yang ditawarkan tidak berubah.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini pada akhirnya bertujuan untuk membantu wirausaha laundry mengolah limbah buang airnya secara mandiri agar tidak mencemari lingkungan khususnya air tanah khususnya menggunakan teknologi fotokatalisis dan fotoreaktor. Manfaat dan dampak dari kegiatan ini adalah mengurangi potensi pencemaran lingkungan oleh aktivitas ekonomi warga khususnya wirausaha laundry. Terlebih, apabila teknologi ini berhasil diadopsi dan digunakan secara berkelanjutan, maka tidak menutup kemungkinan wirausahawan lainnya akan mengadopsi teknologi yang

sama dan pencemaran lingkungan air tanah oleh limbah buang cuci dapat direduksi.

REALISASI PROGRAM PENGABDIAN

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini secara ringkas diterangkan dalam diagram alir pada Gambar 3.

Dapat dilihat pada Gambar 3, aktivitas pertama dalam program ini adalah survei detil lokasi untuk instalasi reaktor fotokatalisis. Langkah pertama ini diperlukan sebab ketersediaan luas lahan terbuka yang dimiliki oleh mitra program menjadi batasan dalam menentukan disain reaktor dan beberapa parameter operasional. Lampu LED-UV digunakan untuk aktivasi katalis ZnO dan TiO₂ yang memiliki karakteristik energi pita celah $E_g \sim 3.3$ eV, sementara pompa digunakan untuk sirkulasi limbah cair dalam reservoir yang dipasang bersama reaktor fotokatalisis. Hasil perakitan fotoreaktor dapat dilihat pada Gambar 4 dan gambaran teknologinya dijelaskan sebagai berikut:

Reaktor fotokatalisis tipe *fixed bed* ini terdiri dari reaktor kaca yang dilengkapi dengan *baffle* (batas perintang) yang terhubung dengan reservoir limbah di bagian bawah. Alas reaktor akan dilengkapi oleh mantel yang dilapisi oleh katalis ZnO/TiO₂. Bahan mantel yang dipilih adalah *polyester*. Metode pelapisan/deposisi material katalis pada alas reaktor dilakukan dengan metode *drop coating/casting* pasta ZnO/TiO₂ dengan pelarut air/ethanol yang kemudian dikeringkan dengan panas matahari. Limbah cair dari reservoir akan dipompa ke reaktor fotokatalisis dan terdegradasi secara parsial yang kemudian dikeluarkan dan bercampur kembali dengan limbah yang tersimpan dalam reservoir. Pencampuran ini menyebabkan terjadinya pengenceran/dilusi konsentrasi polutan dalam reservoir dan sirkulasi melalui reaktor akan mempercepat proses degradasi polutan. Retensi limbah dalam fotoreaktor diatur oleh bukaan keran (*valve*) pada pipa input dan output fotoreaktor.

Setelah reaktor fotokatalisis selesai dibangun, uji coba fotodegradasi limbah buang pencucian dilakukan bersama dengan mitra program. Pemilik usaha dan karyawan akan diberikan pelatihan singkat tentang mekanisme pengoperasian reaktor termasuk dengan bagaimana penanganannya apabila terjadi gagal fungsi sistem. Dalam pelaksanaan pelatihan dan pendampingan, mitra program akan diberikan beberapa fasilitas diantaranya: (1) Modul tertulis dasar sains fotokatalisis yang dirangkum dalam bahasa sederhana mengacu pada literatur dan hasil studi yang dikembangkan di Laboratorium Material Fungsional Maju, Departemen Teknik Fisika ITS (Ernawati et al., 2019); (Wahyuono et al., 2016); (2) Video dan buku pedoman pengoperasian dan *trouble shooting* permasalahan dalam pengoperasian reaktor fotokatalis (Gambar 5). Buku pedoman berisikan prosedur-prosedur perakitan, penggunaan dan perawatan.

Hasil dari penyuluhan dan survey secara daring terkait penggunaan dan pengoperasian reaktor fotokatalisis tipe *fixed bed* kepada mitra program pengabdian terangkum pada Tabel 1. Pada dasarnya, pemilik laundry Azzah memiliki kepedulian terhadap lingkungan sekitar, namun pengetahuan terkait potensi pencemaran yang ditimbulkan akibat pembuangan air limbah cuci terhadap air tanah sangat minimal.

KESIMPULAN

Pengenalan teknologi fotoreaktor untuk degradasi limbah buang air cucian dari wirausaha laundry telah dilakukan dalam program pengabdian kepada masyarakat. Tujuan pelaksanaan program ini adalah untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan bahaya pencemaran air dan air tanah oleh limbah buang air yang tidak memperoleh penanganan yang tepat. Hasil pelaksanaan program menunjukkan bahwa mitra program selaku pemilik wirausaha laundry pada dasarnya memiliki kepedulian terhadap lingkungan. Namun demikian, ketidakcukupan pengetahuan tentang pencemaran air tanah menjadikan sedikit abai isu lingkungan ini. Adapun komitmen untuk memperbaiki perilaku pembuangan limbah buang air cucian dapat ditingkatkan pada wirausaha laundry secara umum apabila teknologi pengolahan limbah buang pencucian ini dapat dikembangkan hingga kondisi *no operational cost* atau *very low operational cost* agar tidak menambahkan biaya operasional yang membebani proses operasi laundry.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DRPM) ITS skema Pengabdian kepada Masyarakat Dana Departemen dengan perjanjian pelaksanaan program pengabdian masyarakat No: 1787/PKS/ITS/2020. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Hanifah selaku pemilik laundry Azzah atas kerja samanya sebagai mitra program pengabdian kepada masyarakat.

REFERENSI/DAFTAR PUSTAKA

- Ernawati, L., Wahyuono, R. A., Muhammad, A. A., Nurislam Sutanto, A. R., Maharsih, I. K., Widiastuti, N., & Widiyandari, H. (2019). Mesoporous WO₃/TiO₂ nanocomposites photocatalyst for rapid degradation of methylene blue in aqueous medium. *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*, 32(10), 1345–1352. <https://doi.org/10.5829/ije.2019.32.10a.02>
- Lizama, C., Bravo, C., Caneo, C., & Ollino, M. (2005). Photocatalytic degradation of surfactants with immobilized TiO₂: Comparing reaction systems. *Environmental Technology*, 26(8), 909–914. <https://doi.org/10.1080/09593332608618496>
- Nageswara Rao, N., & Dube, S. (1996). Photocatalytic degradation of mixed surfactants and some commercial soap/detergent products using suspended TiO₂ catalysts. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 104(3), L197–L199. [https://doi.org/10.1016/1381-1169\(95\)00259-6](https://doi.org/10.1016/1381-1169(95)00259-6)
- Oyama, T., Aoshima, A., Horikoshi, S., Hidaka, H., Zhao, J., & Serpone, N. (2004). Solar photocatalysis, photodegradation of a commercial detergent in aqueous TiO₂ dispersions under sunlight irradiation. *Solar Energy*, 77(5), 525–532.

<https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.04.020>

Raissa, D. G., & Tangahu, B. V. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) [Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya]. In *Jurnal Teknik ITS* (Vol. 6, Issue 2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25092>

Wahyuono, R. A., Schmidt, C., Dellith, A., Dellith, J., Schulz, M.,

Seyring, M., Rettenmayr, M., Plentz, J., & Dietzek, B. (2016). ZnO nanoflowers-based photoanodes: Aqueous chemical synthesis, microstructure and optical properties. *Open Chemistry*, *14*(1), 158–169. <https://doi.org/10.1515/chem-2016-0016>

Yuhanditya, A. . (2019). Evaluasi Implementasi Green Manufacturing Usaha Laundry fi Daerah Mranti Kabupaten Purworejo, Skripsi Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Indonesia, 2019.