

Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya

Nani Apriyani

Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Muhammadiyah Palangkaraya

*email: nani.apriyani@umpalankaraya.ac.id

ABSTRAK. Industri batik semakin meningkat setiap tahun seiring dengan kebutuhan konsumen. Peningkatan produksi batik juga berbanding lurus dengan banyaknya limbah yang dihasilkan. Limbah industri batik terdiri dari limbah padat, cair dan gas sebagai hasil samping dari serangkaian proses pengolahan batik. Limbah cair industri batik merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan dan berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Limbah cair ini dihasilkan akibat penggunaan pewarna sintetis dalam industri batik. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik limbah industri batik yang seringkali ditemukan melebihi baku mutu yang disyaratkan, khususnya untuk parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Dissolved Solid* (TDS) dan *Total Suspended Solid* (TSS). Upaya pengolahan limbah cair juga telah dilakukan dengan berbagai metode, baik secara fisika, kimia dan biologi, seperti elektroagulasi, sistem lumpur aktif, phytotreatment dan sebagainya.

Kata kunci: limbah cair, pewarna, batik.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri semakin meningkat dari masa ke masa, salah satunya adalah industri batik yang merupakan karya seni budaya bangsa Indonesia yang telah turun-temurun. Dalam industri batik, pewarnaan adalah proses yang sangat penting dan tidak mungkin ditinggalkan. Proses ini menggunakan pewarna tekstil yang menghasilkan limbah dan dapat mencemari lingkungan.

Keberadaan industri batik di Indonesia menempati kategori industri skala besar, menengah, kecil dan bahkan skala rumah tangga (home industry). Hal ini menyebabkan pencemaran yang ditimbulkan oleh industri batik tidak hanya terjadi pada kawasan industri, tetapi terjadi juga di pemukiman padat penduduk. Salah satu UKM Jogjakarta menghasilkan limbah cair sekitar 125 liter per kilogram batik

(Yulianto, 2012) dan di Pekalongan sekitar 100 liter per kilogram batik (Wicaksono, 2012).

Pencemaran terutama bersumber dari limbah cair yang berupa zat warna yang dihasilkan sisa bahan pewarna, proses pencucian dan pembilasan kain batik. Pada umumnya limbah industri batik terdiri dari dari sisa mori, ceceran lilin, sisa air pewarnaan, sisa lilin dan air pelorodan.

Pewarna yang umum digunakan adalah pewarna sintetis karena mudah didapat juga menghasilkan warna-warna cerah. Sebagai contoh adalah indigosol, naphtol dan indanthrene yang digunakan oleh industri Batik Trusmi (Casta dan Taruna, 2007), Penggunaan pewarna sintetis dan proses lainnya dalam pembuatan batik seperti pelepasan lilin, pencucian, perendaman, dan pembilasan akan menghasilkan limbah cair yang mengandung zat pewarna dan minyak.

Proses produksi batik memerlukan air dalam jumlah besar serta menghasilkan limbah yang kaya zat warna, mengandung residu pewarna reaktif dan bahan kimia, sehingga perlu adanya pengelolaan yang tepat sebelum dilepaskan ke lingkungan Ramesh dkk (2007). Beberapa penelitian telah dilakukan dalam rangka mengelola dan mengolah limbah yang dihasilkan dari industri batik, baik secara fisika, kimia dan biologi.

PEMBAHASAN

Bahan Baku Industri Batik

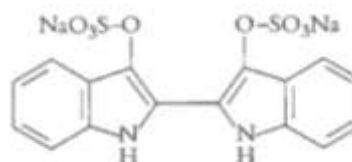
Industri batik adalah suatu cara penerapan corak di atas kain melalui proses celup, rintang warna dengan lilin (malam) sebagai medium perintangnya. Tahap-tahap pembuatan batik dimulai dengan persiapan, pemolaan, pemalaman, pewarnaan celup, pelorotan (penghilangan lilin batik) dan pekerjaan akhir (*finishing*).

Bahan baku yang digunakan adalah malam dan pewarna, baik pewarna alami dan buatan (sintetik). Malam batik terbuat dari campuran bahan organik sintesis maupun bukan sintesis, sebagai bahan perintang warna pada proses pembatikan (Susanto (1980) dalam Atika dan Haerudin (2013)). Bahan baku pembuatan malam batik terdiri dari tujuh macam, yaitu damar mata kucing, gondorukem/resina colophonium, kote (lilin lebah), parafin, microwax, kendal dan lilin bekas (residu dari proses pembatikan) (Susanto, 1980).

Pewarna alami berasal dari alam baik yang dari tanaman, hewan, maupun bahan metal. Zat warna dari tumbuhan yang biasanya digunakan antara lain: indigofera (warna biru), *Sp Bixa orrellana* (warna orange purple), *Morinda citrifolia* (warna kuning). Zat warna yang berasal dari hewan adalah Kerang (*Tyran purple*), Insekta (*Ceochikal*), dan Insekta warna merah (*Loe*).

Pewarna sintesis adalah zat warna buatan dengan bahan dasar buatan yaitu hidrokarbon, aromatik dan naftalena yang berasal dari batubara (Ismorningsih, 1978). Zat pewarna kimia tersebut dapat diklasifikasikan menjadi tujuh bahan warna

yaitu: Naphthol, Indigosol, Rapide, Ergan Soga, Kopel Soga, Chroom Soga, dan Procion (Budiyono, 2008).



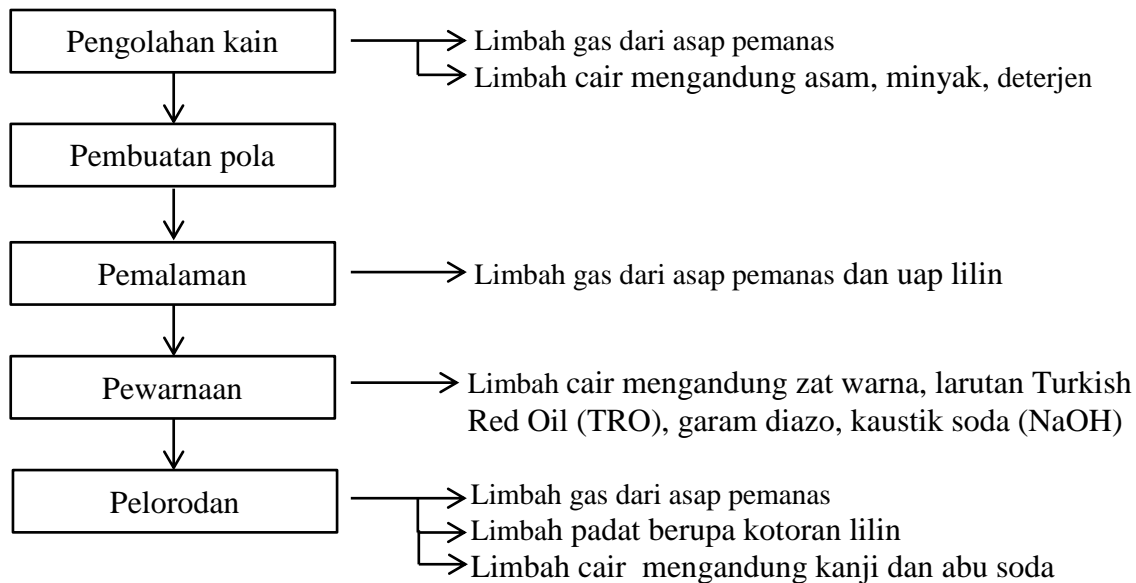
Gambar 1. Struktur kimia indigosol
(Sumber: Timar-Balazsy & Eastop, 2011)

Penggunaan pewarna sintetik lebih banyak digunakan karena zat warna jenis ini mudah diperoleh dengan komposisi yang tetap, mempunyai aneka warna yang banyak, mudah cara pemakaiannya dan harganya relatif tidak tinggi. Namun penggunaan zat warna ini seringkali menghasilkan limbah yang lebih berpotensi menceri lingkungan.

Karakteristik Limbah Cair Industri Batik

Limbah cair merupakan gabungan atau campuran air dan bahan pencemar yang terbawa oleh air baik dalam keadaan terlarut maupun suspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri (Soeparman dan Suparmin, 2001). Pada industri batik dihasilkan limbah berupa limbah cair, padat dan gas yang ditunjukkan pada gambar 2.

Dalam skema yang ditunjukkan pada Gambar 2, dapat diketahui bahwa limbah cair industri batik berasal dari kegiatan pengolahan kain, pewarnaan, dan pelorotan. Proses pengolahan kain dan pewarnaan, menghasilkan limbah cair yang mengandung zat-zat kimia yang berpotensi meningkatkan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan warna air limbah. Sedangkan pada kegiatan pelorotan, limbah cair yang dihasilkan memberikan kontribusi meningkatnya *Biological Oxygen Demand* (BOD) air limbah (Sembiring, 2008, Rashidi dkk, 2012, Kurniawan dkk., 2013).



Gambar 2. Skema Pembuatan Batik dan Sumber Limbah
(Sumber: Sembiring, 2008)

Keseluruhan proses produksi batik diindikasikan menggunakan bahan kimia mengandung logam berat, sehingga limbah yang dihasilkan juga masih mengandung logam berat (Sasongko, 2006). Pada umumnya, air limbah batik memiliki kadar organik tinggi dan bersifat basa. Zat warna dalam air limbah batik umumnya sukar terdegradasi karena sifatnya yang mampu menahan kerusakan oksidatif dari cahaya matahari (Manurung, 2004).

Karakteristik air limbah industri batik dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik meliputi warna, bau, suhu, dan padatan. Warna disebabkan adanya partikel terlarut dissolved, tersuspensi suspended, dan senyawa-senyawa koloidal. Suhu dapat mempengaruhi kadar Dissolved Oxygen (DO) dalam air.

Kenaikan suhu sebesar 10°C dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen sebesar 10%. Padatan yang terdapat di dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi floating, settleable, suspended atau dissolved, berbau menyengat, dan

kontaminan akan membuat air menjadi keruh. Adanya indikator-indikator tersebut cukup menunjukkan bahwa tingkat pencemaran yang terjadi cukup tinggi (Wardhana, 2001).

2. Karakteristik kimia

Karakteristik kimia meliputi pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Dissolved Oxygen* (DO). COD merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi. Nilai COD yang semakin tinggi menunjukkan bahwa semakin buruk kualitas air tersebut. DO merupakan ukuran banyaknya kandungan oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut ini merupakan hal yang paling penting untuk kelangsungan hidup biota air. Kematian biota air karena menurunnya kandungan oksigen dalam air dapat merupakan salah satu indikator tercemarnya air.

3. Karakteristik Biologis

Hampir semua air limbah mengandung mikroorganisme dalam berbagai jenis dengan konsentrasi 10⁵ sampai 10⁸

organisme/mL. Bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas air (Purwaningsih, 2008).

Beberapa penelitian menunjukkan adanya parameter kualitas air limbah industri batik yang cukup tinggi bahkan melebihi baku mutu yang disyaratkan, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa karakteristik limbah cair industri batik

No.	Peneliti, tahun	Sumber limbah	Karakteristik limbah	Keterangan
1.	Aryani dkk, 2004	Limbah cair industri batik cetak Yogyakarta	BOD 869 mg/l COD 2200 mg/l TSS 243 mg/l TDS 1857 mg/l	Baku mutu limbah cair untuk kegiatan industri batik menurut Peraturan Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (2010):
2.	Muljadi, 2009		Warna keruh dan berbusa pH 9,7 BOD 129,47 mg/l Diduga mengandung logam berat: krom (Cr), Timbal (Pb), Nikel (Ni), tembaga (Cu), dan mangan (Mn)	pH 6-9 BOD 50 mg/l COD 100 mg/l TSS 200 mg/l TDS 1000 mg/l
3.	Tuty dan Herni, 2009	limbah pabrik batik cap khas Palembang	COD 4230,366 mg/l Amoniak total 5,47 mg/l Fenol total 0,008 mg/l TSS 535 mg/l Sulfida 0,04 mg/l Krom total 0,1385 mg/l Besi 2,0587 mg/l Tembaga 0,2696 mg/l Seng 54,7175 mg/l Cadmium 0,0063 mg/l Timbal 0,2349 mg/l	Baku mutu: pH 6-9 COD 150 mg/l Amoniak total 8 mg/l Fenol total 0,5 mg/l TSS 50 mg/l Sulfida 0,3 mg/l Krom total 1 mg/l
4.	Octarina, 2015	limbah batik di Jetis, Sidoarjo	pH 8,77 BOD 261,25 mg/l COD 1066 mg/l warna 3050 Pt-Co	Baku mutu kualitas air limbah tekstil Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013: pH 6-9 BOD 60 mg/l COD 150 mg/l warna 50 Pt-Co (Berdasarkan KepMen LH No. 51 Tahun 1995)

Metode Pengolahan Limbah Industri Batik

Berbagai metode telah dikembangkan sebagai upaya mengatasi permasalahan yang diakibatkan oleh industri batik, baik secara

fisika, kimia dan biologi seperti sistem lumpur aktif, adsorpsi, proses oksidasi lanjutan, elektrodegradasi, fotodegradasi, elektrokoagulasi, phytotreatment. Beberapa

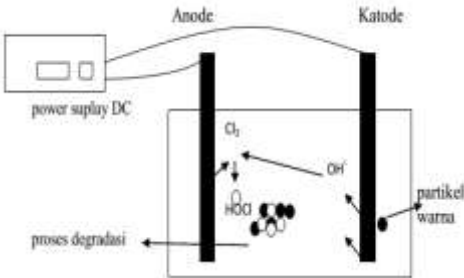
penelitian telah dilakukan untuk mengolah limbah batik, di antaranya reaksi fotokatalitik (Rashed & El-Amin, 2007), adsorpsi (Jannantin dkk., 2003), koagulasi (Sianita &

Nurchayati, 2008; Kobaya dkk., 2003). Metode-metode tersebut dalam dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Metode pengolahan limbah industri batik

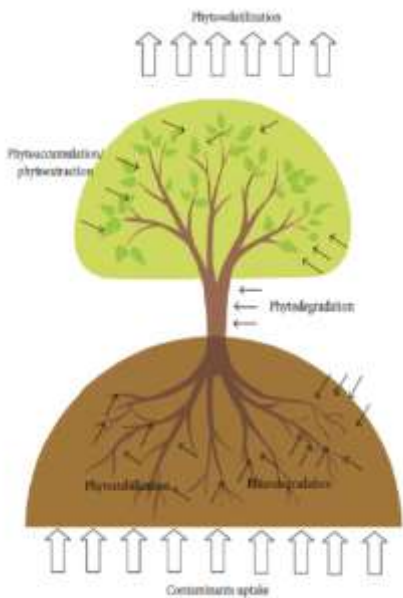
No.	Metode	Penelitian yang telah dilakukan
1.	<u>Sistem lumpur aktif</u> Penghilangan bahan organik terlarut oleh mikroorganisme / biomassa yang ditumbuhkan secara aerob dalam jumlah dan jenis yang beragam (Grady dkk., 1999).	Ratnani, 2008 Jenis mikrobia yang biasa terdapat dalam lumpur umumnya adalah Pseudomonas, Zooglea, Achromobacter, Flavobacterium, Nocardia, Bdellovobrio, Mycobacterium, Nitrosomonas, dan Nitrobacter.
2.	<u>Adsorpsi dan absorpsi</u> Menempelnya suatu molekul (adsorbat) pada permukaan suatu padatan penjerap (adsorben) atau pada seluruh bagian padatan penjerap yang disebut absorben.	Suprihatin dan N. S. Indrasti, 2010 Tingkat penyisihan Cr sekitar 97% dapat dicapai pada pH 10, dan tingkat penyisihan Hg dan Ag 97-99% pada pH 12 menggunakan karbon aktif. Ghomri, dkk., 2013 Bentonit dapat menurunkan kadar Cu ²⁺ , Zn ²⁺ , Ni ²⁺ dan Co ²⁺ dalam larutan. Putra, dkk., 2014 Nanopartikel Fe ₃ O ₄ dapat menyerap besi dalam pH basa. Adsorpsi maksimum Fe terjadi pada pH 12 yaitu sebesar 0,03 ppm dan 0,06 ppm dengan waktu pengadukan yang lama.
3.	<u>Proses oksidasi lanjutan</u> Proses oksidasi menggunakan oksidator kuat seperti ozon dan hidrogen peroksida, yang lebih dikenal dengan proses Advance Oxidation Processes (AOPs).	Nugroho dan Ikbal, 2005 Teknologi AOPs menggunakan ozon dan hidrogen peroksida dapat menghilangkan warna pada air limbah industry tekstil pada suhu optimum 70°C dan pH 12. Agustina, dkk., 2011 Putaran pengaduk 200 rpm dapat menurunkan zat warna Procion Blue MR sebesar 89% dan Procion Red MR sebesar 98%, dalam waktu 30 menit.

Tabel 2. Lanjutan ...

No.	Metode	Penelitian yang telah dilakukan
4.	<p>Elektrodegradasi Proses degradasi kontinyu menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrolisis, yaitu gejala dekomposisi elektrolit. Rangkaian alat elektrodegradasi ditunjukkan pada Gambar 2.</p>	<p>Sigit Nugroho, 2013 Kondisi optimum elektroda grafit (C) dari baterai bekas adalah pH 4, kuat arus 1 A dan konsentrasi elektrolit 0,5 M. Aplikasi kondisi ini mampu menurunkan konsentrasi zat warna indigosol golden yellow IRK sebesar 90%. Data GC-MS setelah elektrolisis menunjukkan Indigosol Golden Yellow IRK terdegradasi menjadi senyawa karbon rantai pendek.</p>
		<p>Panizza, dkk., 2006 Penggunaan dua anoda boron-doped diamond dan TiRuO2 dengan stainless steel sebagai katoda dapat menghilangkan warna sebesar 80% setelah 25 menit dengan kuat arus 60 mA cm-2 dengan konsentrasi Cl- 1,2g dm-3, serta menurunkan COD mendekati 0 mg setelah 200 menit.</p>
	<p>Gambar 2. Rangkaian alat elektrodegradasi</p>	<p>Rajkumar dan Kim, 2006 Penggunaan elektroda titanium untuk katoda dan stainless steel sebagai anoda mampu menghilangkan COD 39,5 sampai 82,8% dan TOC 11,3 sampai 44,7%, pada kondisi optimum konsentrasi NaCl 1,5 g/L dan kuat arus 36,1 mA cm-2.</p>
	<p>Prinsip kerja elektrodegradasi yaitu pemanfaatan reaksi redoks pada kedua elektroda.</p>	<p>Ghalwa dan Latif, 2005 Kondisi optimum elektrodegradasi zat warna Acid Green menggunakan elektroda PbO2 dan Ti adalah kuat arus sebesar 15 mA cm-2 dengan suhu 30°C dan waktu elektrolisis 10 menit, pH 2, konsentrasi NaCl 2 g l-1, menghasilkan larutan konsentrasi untuk zat warna 0 mg l-1 dan COD berkisar antara 0-22 mg.</p>
5.	<p>Elektrokoagulasi Proses destabilisasi suspensi, emulsi dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalirkan arus listrik searah (DC).</p>	<p>Lestari dan Agung Persentase penyisihan COD tertinggi mencapai 83.33% terjadi pada menit ke 180 dengan kuat arus 2,5 A dan persentase penyisihan TSS mencapai 90% serta zat warna mencapai 88.51% dengan waktu kontak 180 menit dan kuat arus 2,5 A.</p>

Tabel 2. Lanjutan ...

No.	Metode	Penelitian yang telah dilakukan
6.	<p><u>Phytotreatment</u> Pemanfaatan tumbuhan untuk membersihkan kontaminan yang terkandung di dalam air atau tanah (Valderrama dkk., 2013). Proses phytotreatment menggunakan sistem phytostabilization, rhizofiltration, rhizodegradation, phytoextraction, phytodegradation dan phytovolatilization seperti ditunjukkan pada Gambar 3 (Erakhrumen dan Agbontalor (2007).</p>	<p>Rahmawati, dkk., 2009 Potensial aplikasi seng bekas sebagai elektroda sebesar 7 volt dengan pH 12 dan waktu elektrolisis selama 20 menit. Pada temperatur kamar, elektrokoagulasi limbah cair batik memberikan penurunan absorbansi sebesar 97,64%, sedangkan penurunan kandungan COD, TSS dan kekeruhan masing-masing adalah 80,38%, 96,38% dan 97,61%.</p> <p>Puspita, dkk., 2011 Tumbuhan air mampu menjadi agen fitoremediator logam berat kromium. Di antara 3 tumbuhan air yang dicobakan, Eichornia crassipes merupakan tumbuhan yang paling mampu menurunkan kadar Cr air limbah batik, diikuti Pistia stratiotes dan Hydrilla verticillata dengan persentase penurunan secara berturut-turut : 49,56%, 33,61% dan 10,84%.</p> <p>Octarina, 2015 Scirpus grossus memiliki kemampuan lebih baik daripada Egeria densa dengan efisiensi penurunan BOD dan COD mencapai 90%.</p> <p>Ningsih, 2017 Scirpus grossus dan Iris pseudacorus dalam reaktor mixed dengan sistem pemaparan intermittent F/D 2:1 mampu menyisihkan COD sebesar 89%, BOD sebesar 97% dan warna sebesar 99%.</p>



Gambar 3. Mekanisme proses phytitreatment (Sumber: Tangahu dkk, 2011)

Tabel 2. Lanjutan ...

Tabel 2. Lanjutan ...

No.	Metode	Penelitian yang telah dilakukan
7.	Fotodegradasi Proses peruraian suatu senyawa organik dengan bantuan energi foton atau cahaya.	Riyani, dkk., 2012 Uji aktivitas fotokatalis dilakukan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi dengan lama penyinaran 5 jam. Penambahan Urea pada fotokatalis TiO ₂ dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis, perbandingan molar TiO ₂ : Urea optimum pada perbandingan 90:10, dengan persen penurunan BOD dan COD berturut-turut sebesar 48,4 % dan 72,73 % Aditya dan Sutanto, 2014 Lapisan bilayer ZnO/TiO ₂ mampu mendegradasi methylene blue sebesar 99,85%, methyl orange 50,86% dan pewarna batik 47,87%.

Berbagai penelitian masih terus dilakukan dan dikembangkan hingga saat ini, baik dari civitas akademika, praktisi dan pemerhati lingkungan. Hal tersebut sudah semestinya dilakukan sebagai upaya menjaga kelestarian lingkungan di tengah pesatnya perkembangan industri demi memenuhi kebutuhan manusia.

PENUTUP

Industri batik menghasilkan limbah baik berupa limbah cair, padat dan gas yang merupakan hasil samping dari rangkaian proses yang dilakukan. Proses dalam industri batik yang menghasilkan limbah terbanyak adalah proses pewarnaan. Karakteristik limbah cair industri batik meliputi parameter fisika, kimia dan biologi. Upaya pengolahan limbah cair industri batik masih terus dikembangkan dewasa ini guna menutupi kekurangan metode yang telah ada, seperti koagulasi, adsorpsi, phytotreatment dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, H. Y., dan Sutanto, H., 2014, Analisis sifat optik lapisan tipis bilayer ZnO/TiO₂ yang dideposisikan menggunakan metode sol-gel spray

coating dan aplikasinya sebagai fotodegrasai zat warna, *Younger Physics Journal*, 3 (3), 223-230.

Agustina, T. E., Nurisman, E., Prasetyowati, Haryani, N., Cundari, L., Novisa, A., dan Khristina, O., 2011, Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintetis Dengan Menggunakan Reagen Fenton, *Prosiding*, Palembang, Seminar Nasional AVoER ke-3, 260-266.

Ghalwa, A.M.N., dan Latif, M.S.A., 2005, Electrochemical Degradation of Acid Green Dye in Aqueous Wastewater Dye stuff Solutions Using a Lead Oxide Coated Titanium Electrode, *Journal of the Iranian Chemical Society*, 2(3), 238-243.

Ghomri, F., Lahsini, A., Laajeb, A., dan Addaou, A., 2013, The Removal of Heavy Metal Ions (Copper, Zinc, Nickel and Cobalt) by Natural Bentonite, *Larhyss Journal*, 37-54.

Jannatin, R. D., Razif, M., dan Mursid, M., 2003, Uji Efisiensi Removal Adsorpsi Arang Batok Kelapa Untuk Mereduksi Warna Dan Permanganat Value Dari Limbah Cair Industri Batik, *Laporan Penelitian*, Surabaya, Teknik Lingkungan Intitut Teknologi Surabaya.

- Kapti Riyani, K., Setyaningtyas, T., dan Dwiasih, D. W., 2012, Pengolahan Limbah Cair Batik menggunakan Fotokatalis TiO₂-Dopan-N dengan Bantuan Sinar Matahari, *Valensi*, 2 (5), 581-587.
- Kobaya, M., Tan, O. C., dan Bayramoglu, M., 2003, Treatment Of Textile Wastewaters By Electrocoagulation Using Iron And Aluminum Electrodes, *Journal of hazardous Materials*, B (100), 163-178.
- Lestari, N. D., dan Agung, T., Penurunan Tss Dan Warna Limbah Industri Batik Secara Elektrokoagulasi, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 6 (1), 37-44.
- Ningsih, D. A., 2017, Uji Penurunan Kandungan Bod,Cod, Dan Warna Pada Limbah Cair Pewarnaan Batik Menggunakan Scirpus Grossus Dan Iris Pseudacorus Dengan Sistem Pemaparan Intermittent, *Skripsi*, Surabaya, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nugroho, R., dan Iqbal, 2005, Pengolahan Air Limbah Berwarna Industri Tekstil Dengan Proses AOPs, *BPPT JAI*, 1 (2), 163-172.
- Nugroho, S., 2013, Elektrodegradasi Indigosol Golden Yellow Irik Dalam Limbah Batik Dengan Elektroda Grafit, *Skripsi*, Semarang, Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Octarina, E., 2015, Uji Penurunan kandungan BOD dan COD pada Limbah Cair Industri Batik menggunakan Scirpus grossus dan Egeria densa, *Skripsi*, Surabaya, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Panizza, M., Barbucci, A., Ricotti, R., dan Cerisola, G., 2006, Electrochemical Degradation Of Methylene Blue, *Laporan penelitian*, Genoa, Department of Chemical and Process Engineering University of Genoa.
- Puspita, U. R., Siregar, S.S., Hidayati, N. V., Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Yang Terdapat Pada Limbah Cair Industri Batik.
- Putra, D. E., Astuti, F. J., dan Suharyadi, E., 2014, Studi Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) pada Limbah Batik dengan Sistem Purifikasi Menggunakan Absorben Nanopartikel Magnetic (Fe₃O₄), Yogyakarta, *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY*, 250-252.
- Rahmawati, N. I., Suhartana, dan Gunawan, 2011, Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metoda Elektrokoagulasi Menggunakan Seng Bekas sebagai Elektroda, *Berkala Perikanan Terubuk*, 39 (1), 58-64.
- Rajkumar, D., dan Kim, J. G., 2006, Oxidation Of Various Reactive Dyes With In Situ Electro-Generated Active Chlorine For Textile Dyeing Industry Wastewater Treatment, *Journal of Hazardous Materials*, B(136), 203-212.
- Rashed, M.N., dan El-Amin, A.A., 2007, Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in Aqueous TiO₂ Under Different Solar Irradiation Source, *Int.j.Phys.Sci*, 2 (3), 73-81.
- Sianita, D., dan Nurcahyati, I. S., 2003, Kajian Pengolahan Limbah Cair Industri Batik, Kombinasi Aerob-Anaerob Dan Penggunaan Koagulan Tawas, *Laporan Penelitian*, Semarang, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Suprihatin dan Indrasti, N. S., 2010, Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi, *Makara Sains*, 14 (1), 44-50.