

PENGEMBANGAN INSTALASI PENGOLAH LIMBAH (IPAL) DIGITAL PORTABEL UNTUK LIMBAH CAIR BATIK BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)

Nurhidayah, Linda Handayani, Samsidar, Yoza Fendriani, Rustan*

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Muaro Jambi, 36361, Indonesia

*e-mail: rustan.rustan@unja.ac.id

ABSTRAK

Limbah cair batik merupakan limbah cair yang berasal dari aktivitas industri batik dan perlu diolah sebelum dibuang ke badan air agar tidak mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instalasi pengolah limbah untuk limbah cair batik. Metode yang digunakan adalah metode elektrokoagulasi. Sampel limbah cair diperoleh dari rumah pengrajin batik Jambi di kawasan Seberang Kota Jambi. Parameter fisis yang diperhatikan dalam penelitian ini adalah pH dan TDS. Kegiatan uji coba dilakukan dengan jarak elektroda 5 cm. Variabel waktu yang digunakan adalah 45 menit, 75 menit, dan 110 menit sedangkan tegangan listrik yang digunakan adalah 20V, 25V, dan 30V. Sistem pengolahan limbah dilengkapi dengan perangkat water level motoring berbasis IoT yang terdiri dari sebuah modul Esp8266 dan sensor ultasonik HC-SR04 yang digunakan untuk memonitoring ketinggian limbah dalam reaktor. Hasil yang diperoleh menunjukkan untuk limbah cair batik sebanyak 10 liter, variabel yang paling baik untuk digunakan adalah dengan menggunakan 30 volt, jarak elektroda 5 cm, dan lama proses 70 menit, menyebabkan penurunan TDS sebanyak 64,39% dan perubahan nilai pH dari 3 menjadi 6. Hal ini menunjukkan hasil pengolahan menghasilkan keluaran limbah yang sesuai baku mutu yang berlaku.

Kata Kunci: *Elektrokoagulasi; Limbah Batik; Limbah Cair*

ABSTRACT

[Title: Development of Portable Digital Waste Treatment Installation for Batik Liquid Waste Based on IoT (Internet of Things)] *Batik liquid waste is liquid waste that emerge from batik industry activities and needs to be processed before being discharged into water bodies so as not to pollute the environment. This study aims to develop a sewage treatment plant for batik liquid waste. The method used is the electrocoagulation method. Liquid waste samples were obtained from the batik home-industry in the Seberang of Jambi City. Physical parameters that are considered in this study are pH and TDS. Experimental activities were carried out with an electrode distance of 5 cm. The time variables used were 45 minutes, 75 minutes, and 110 minutes, while the voltages used were 20V, 25V, and 30V. The sewage treatment system is equipped with an IoT-based water level motoring device consisting of an Esp8266 module and an ultrasonic sensor HC-SR04 which is used to monitor the height of the waste in the reactor. The results obtained show that for 10 liters of batik liquid waste, the best variable to use is using 30 volts, 5 cm electrode distance, and 70 minutes of processing time, causing a decrease in TDS of 64.39% and a change in pH value from 3 to 6. This shows that the processing results produce waste output that is in accordance with the applicable quality standards*

Keywords: *Electrocoagulation; Batik Waste; Liquid Waste*

PENDAHULUAN

Limbah cair batik merupakan limbah cair yang berasal dari kegiatan pengolahan, pewarnaan, dan pelodoran pada industri batik. Proses pengolahan kain dan pewarnaan batik, 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 (Zuhria, 2014, Indrayani, 2019,

Tangahu dkk., 2019). Pada umumnya, limbah cair 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 (Naimah, 2014). Karakteristik limbah cair batik dapat digolongkan menjadi 3 yaitu karakteristik fisik, karakteristik kimia, dan karakteristik biologi. Karakteristik fisika meliputi warna, bau, suhu, dan jumlah padatan terlarut. Karakteristik kimia meliputi

pH, chemical oxygen demand (COD), dan dissolved oxygen (DO). Nilai COD yang tinggi menunjukkan rendahnya kualitas air sedangkan nilai DO yang tinggi menunjukkan kualitas air yang baik. Sedangkan karakteristik biologi limbah cair adalah konsentrasi mikroorganisme (Apriyani, 2018). Limbah cair batik harus diolah terlebih dahulu sampai memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke badan air dan lingkungan.

Salah satu metode pengolahan limbah cair yang efektif dan umum digunakan yaitu metode elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi adalah metode koagulasi untuk menggumpalkan partikel-partikel terlarut dengan memanfaatkan arus listrik melalui peristiwa elektrokimia (Feryl, 2012; Hanum dkk, 2015). Parameter penting pada metode ini adalah pemilihan jenis bahan elektroda dan kombinasi anoda katoda. Pada umumnya elektroda yang digunakan adalah aluminium, besi, baja, dan grafit dikarenakan harga yang murah, mudah didapatkan, dan tidak beracun (Akyol, 2012; Bouhezila, 2011). Efisiensi metode elektrokoagulasi sangat bergantung pada parameter-parameter seperti konduktivitas larutan, susunan elektroda, bentuk elektroda, jenis power supply, pH larutan, jarak antar elektroda, kecepatan agitasi, waktu elektrolisis, dan konsentrasi awal limbah (Khandegar, 2013). Bambang P dan Harsanti (2010) melakukan penelitian pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan metode elektrokoagulasi, menggunakan elektroda Aluminium – Aluminium 6 lembar pada tangki volume 5 liter. Hasilnya adalah penurunan kadar TSS sebesar 76.27% dengan waktu elektrolisis 15 menit, dan efisiensinya meningkat menjadi 80% saat waktu elektrolisis 30 menit. Dewi R, dkk (2013) melakukan penelitian pengolahan limbah industri kelapa sawit, dengan memasukkan sampel volume 500 mL, waktu elektrolisis 30 menit - 120 menit, variasi tegangan listrik 3 – 12 volt, dan jenis elektroda yang digunakan adalah aluminium dan besi. Terjadi penurunan kadar COD sebesar 84.57% dan 77.14% berturut-turut untuk elektroda aluminium dan elektroda besi dengan waktu elektrolisis 120 menit pada tegangan 12 volt. Berdasarkan karakteristik kimia, hasil proses pengolahan limbah melalui proses elektrokoagulasi juga memenuhi standar baku mutu dimana rata-rata kenaikan pH mencapai 80% dan menurunkan konsentrasi TDS (jumlah padatan terlarut) hingga 50,56% (Fendriani, 2020).

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian Research and Development (R&D). Penelitian R&D ini bertujuan untuk mengembangkan produk baru atau bahkan menyempurnakan produk yang telah ada namun harus dapat dipertanggungjawabkan. Alat dan

bahan yang digunakan antara lain reaktor elektrokoagulasi, elektroda besi, elektroda aluminium, aki, Arduino uno, sensor water level, sensor PIR, serbuk gergaji, kerikil, arang sekam, dan kawat sekat. Tahapan-tahapan penelitian ini meliputi preparasi sampel, karakterisasi awal limbah cair batik, desain dan validasi teknologi pengolahan limbah, pengujian, dan evaluasi.

Preparasi Sampel

Sampel limbah cair diperoleh dari industri batik rumahan di kawasan seberang Kota Jambi. Pada penelitian ini, tidak dibedakan jenis limbahnya. Penerapan metode elektrokoagulasi pada limbah yang tercampur ataupun yang dibedakan tiap jenisnya, tidak terlalu berpengaruh secara signifikan (Fendriani, 2020).

Karakterisasi Awal Limbah Cair Batik

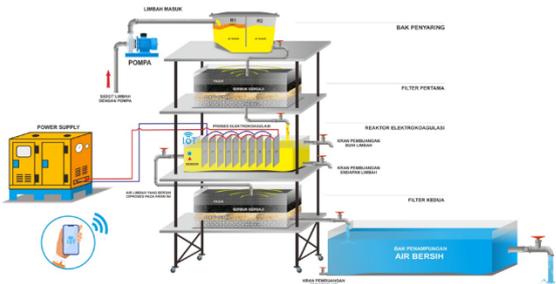
Sampe limbah cair batik dikarakterisasi sebelum diproses di reaktor pengolah limbah. Karakterisasi awal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi parameter fisis awal limbah. Parameter fisis yang diperhatikan dalam penelitian ini adalah BOD, COD, pH, TSS, dan TDS. Tujuan dari kegiatan karakterisasi awal limbah ini adalah untuk mengetahui kondisi awal limbah dan nantinya bisa dilihat perbedaan kondisi sebelum dan setelah diolah menggunakan reaktor limbah.

Desain Pengolah Limbah

Teknologi Reaktor portabel ini terdiri dari 4 bagian yaitu bak penyaring, bak filter, reaktor elektrokoagulasi, dan bak penyaring II serta ditambahkan satu bagian khusus untuk penampung air bersih. Bagian pertama adalah bagian untuk menyaring limbah dari industri sekaligus sebagai trap untuk minyak dan lemak karena limbah cair batik juga mengandung lilin (malam). Lilin ini harus disaring terlebih dahulu sebelum limbah ini masuk ke bagian selanjutnya. Setelah disaring, selanjutnya akan masuk ke bagian kedua yaitu filter alami. Filter ini bekerja dengan prinsip pasir lambat. Pada metode pasir lambat ini, material yang digunakan adalah pasir, serbuk gergaji, arang sekam, dan kerikil. Material tersebut sudah dipercaya dapat menjadi absorben dan juga bisa menjernihkan air (Margono, 2010). Metode pasir lambat ini hanya mengandalkan gaya gravitasi dalam proses perembesan airnya sehingga membutuhkan waktu yang lumayan lama pada prosesnya (Suryadi, 2019). Khusus bagian filter ini, sistem masukan air akan dibuat ke semua arah sehingga filter dapat berfungsi secara optimal.

Selanjutnya, limbah akan masuk ke bagian utama, yaitu bagian reaktor elektrokoagulasi. Pada

proses elektrokoagulasi, yang berfungsi sebagai Anoda adalah aluminium dan yang bertindak sebagai Katoda adalah besi. Arus kemudian dialirkan pada elektroda dan menyebabkan kation bergerak menuju katoda dan anion menuju anoda. Akibatnya, akan terbentuk floculen yang mengikat kontaminan limbah (Gunawan, 2016). Pada proses ini juga akan terjadi reaksi Reduksi Oksidasi. Reaksi reduksi terjadi di katoda dan selanjutnya mereduksi senyawa organik. Senyawa logam akan dioksidasi di anoda dan selanjutnya polutan akan menempel di dinding elektroda (Putri, 2018). Pada reaktor ini, akan ditempelkan dua sensor yang akan terhubung ke ponsel pengguna melalui sistem IoT. Sensor yang akan digunakan adalah sensor ketinggian air dan juga sensor penghitung waktu. Sensor ketinggian air ini berfungsi memberikan penanda bahwa volume air telah sampai pada batas maksimal. Selanjutnya, melalui ponsel pengguna bisa secara otomatis mematikan pompa air yang terhubung ke limbah. Sensor selanjutnya adalah sensor penghitung waktu. Sensor ini digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan untuk proses elektrokoagulasi. Saat proses elektrokoagulasi selesai, maka pengguna mendapat informasi melalui ponsel sehingga bisa melanjutkan proses selanjutnya. Secara umum desain alat pengolah limbah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain alat pengolah limbah batik

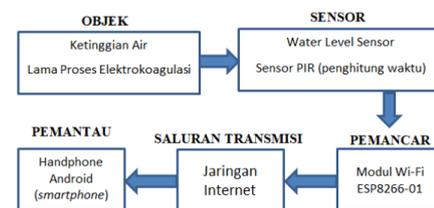
Teknologi Reaktor portabel ini terdiri dari 4, yaitu bak penyaring, bak filter, reaktor elektrokoagulasi, dan bak penyaring II serta ditambahkan satu bagian khusus untuk penampung air bersih. Bak penyaring untuk menyaring limbah dari industri sekaligus sebagai trap untuk minyak dan lemak karena limbah cair batik juga mengandung lilin (malam). Lilin ini harus disaring terlebih dahulu sebelum limbah ini masuk ke bagian selanjutnya. Setelah disaring, selanjutnya akan masuk ke bagian kedua yaitu filter alamia dengan prinsip pasir lambat. material yang digunakan adalah pasir, serbuk gergaji, arang sekam, dan kerikil. Material tersebut dapat menjadi absorben dan juga bisa menjernihkan air (Margono, 2010). Metode pasir lambat ini hanya mengandalkan gaya gravitasi dalam proses

perembesan airnya sehingga membutuhkan waktu yang lumayan lama pada prosesnya (Suryadi, 2019).

Selanjutnya, limbah akan masuk ke bagian utama, yaitu bagian reaktor elektrokoagulasi. Pada proses elektrokoagulasi, yang berfungsi sebagai Anoda adalah Aluminium dan yang bertindak sebagai Katoda adalah Besi. Arus AC kemudian dialirkan pada elektroda dan menyebabkan kation bergerak menuju katoda dan anion menuju anoda. Akibatnya, akan terbentuk floculen yang mengikat kontaminan limbah (Gunawan, 2016). Pada proses ini juga akan terjadi reaksi Reduksi Oksidasi. Reaksi reduksi terjadi di katoda dan selanjutnya mereduksi senyawa organik. Senyawa logam akan dioksidasi di anoda dan selanjutnya polutan akan menempel di dinding elektroda (Putri, 2018).

Desain IoT

Pada reaktor ini, akan diintegrasikan sensor yang akan terhubung ke ponsel pengguna melalui sistem IoT. Sensor yang akan digunakan adalah sensor ketinggian air limbah dalam reaktor. Secara umum, sistem IoT yang akan digunakan tergambar pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem IoT untuk Reaktor Limbah cair batik

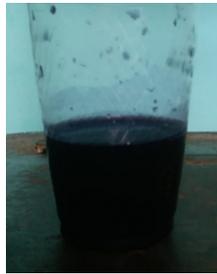
Tahap Pengujian

Kegiatan uji coba produk dilakukan dengan menggunakan jarak elektroda yaitu 5 cm. Variabel waktu yang digunakan adalah 45 menit, 75 menit, dan 110 menit sedangkan tegangan listrik yang digunakan adalah 20V, 25V, dan 30V. Setelah kegiatan percobaan dilakukan, data tersebut dianalisis untuk mengetahui parameter mana yang paling optimum dalam pengolahan limbah cair batik. Pada satu kali percobaan, limbah yang akan digunakan adalah 10 liter limbah cair.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan penelitian, langkah awal yang dilakukan adalah melakukan karakterisasi awal limbah cair batik. Parameter yang dianalisis adalah besarnya pH dan juga TDS. Pada penelitian ini, pH awal limbah cair batik adalah 3 dan nilai TDS nya adalah 2786 mg/l. Parameter tersebut tidak memenuhi standar limbah. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Kep-51/MENLH/10/1995, standar pH adalah 6 - 9.

Besaran TDS yang memenuhi standar baku mutu adalah 1000 mg/l. Besaran parameter limbah awal ini, menjadi suatu indikasi bahwa karakteristik awal limbah cair batik tidak memenuhi standar baku mutu, artinya limbah cair tersebut sangat berbahaya jika dibuang langsung ke lingkungan. Sampel limbah batik sebelum dilakukan treatment dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sampel limbah cair batik

Berdasarkan tabel 1, peningkatan nilai pH dan penurunan nilai TDS terbaik pada percobaan ke lima (5) dan enam (6), masing-masingnya memiliki keluaran limbah dengan pH 6 dan juga TDS di bawah 1000 mg/l. Percobaan 5 dan percobaan 6 masing-masingnya memiliki kenaikan pH hingga 100% dan juga penurunan TDS sebesar 64,21% dan 64,39%. Meskipun di percobaan lainnya ada yang memiliki parameter fisis pH yang bahkan nilainya 6,3 (Percobaan 2) namun nilai TDS-nya tidak memenuhi standar baku mutu. Proses penelitian ini memberikan gambaran bahwa proses pengolahan limbah dapat dilakukan dengan teknologi sederhana dengan menggunakan 2 elektroda yang berjarak 5 cm, maka parameter tegangan yang terbaiknya adalah 25 V & 30 V sedangkan parameter waktunya adalah 70 menit.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair sebelum dan sesudah treatment

No	Nama Sampel	Variasi Penelitian			Kondisi Sebelum		Kondisi Sesudah		Kenaikan Ph (%)	Per n T
		V (Volt)	d (cm)	t (menit)	pH	TDS	pH	TDS		
1	V20t45	20	5	45	3	2786	5	1087	66,67%	60
2	V25t45	25	5	45	3	2786	6,3	1003	110%	63
3	V30t45	30	5	45	3	2786	4,6	1053	53,33%	62
4	V20t70	20	5	70	3	2786	5,4	1026	80%	63
5	V25t70	25	5	70	3	2786	6	997	100%	64
6	V30t70	30	5	70	3	2786	6	992	100%	64
7	V20t110	20	5	110	3	2786	5,4	1010	80%	63
8	V25t110	25	5	110	3	2786	4,4	1089	46,67%	60
9	V30t110	30	5	110	3	2786	4,3	1066	43,33%	61

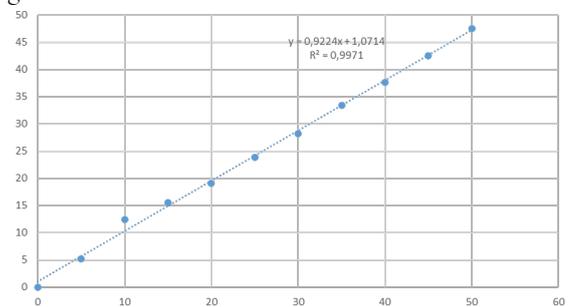
Secara fisik, limbah cair batik sebelum diolah menunjukkan warna hitam pekat, hal ini disebabkan tingginya kandungan TDS pada limbah tersebut. Setelah proses pengolahan, terjadi penurunan TDS dan warna limbah menjadi lebih jernih, seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Kondisi fisik limbah sebelum dan sesudah treatment.

Integrasi dengan IoT

Sistem pengolahan limbah ini dilengkapi dengan perangkat water level motoring berbasis IoT ini terdiri dari sebuah modul Esp8266 sebagai dan sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk memonitoring ketinggian limbah dalam reaktor. Hasil kalibrasi sensor ultrasonik ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Kalibrasi sensor ultrasonik

Pembacaan nilai jarak atau ketinggian muka limbah cair diawali dengan memberikan nilai tegangan pada pin trigger dengan minimal rentang waktu 60 uS, maka modul sensor ultra sonik akan otomatis mengirimkan sinyal yang akan dipancarkan oleh Transmitter dan akan diterima kembali oleh Receiver dan akan diteruskan melalui pin echo. Dengan menghitung lama waktu dan kecepatan gelombang ultrasonik diudara maka akan diperoleh jarak antara sensor dengan ketinggian muka limbah cair seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan GUI monitoring ketinggian limbah

KESIMPULAN DAN SARAN

Reaktor limbah sederhana ini mampu mengolah limbah cair batik dengan baik. Limbah sebanyak 10 liter, jika metode elektrokoagulasi yang digunakan, maka variabel yang paling baik untuk digunakan adalah dengan menggunakan tegangan 30 Volt, jarak elektroda 5 cm, dan juga lama prosesnya adalah 70 menit dan menghasilkan limbah cair batik yang sesuai baku mutu yang telah ditetapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Jambi tahun anggaran 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, Nani. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. 3. 21-29. 10.33084/mitl.v3i1.640.
- Akyol, A., 2012. Treatment of paint manufacturing wastewater by electrocoagulation. *Desalination* 285, 91e99.
- Angger Sulistyarningsih dan Tahu Agung. (2020). Peningkatan Efektivitas Elektrokoagulasi dan Fotokatalis pada Proses Degradasi Limbah Batik. *Jurnal Envirous* Vol 1 No 1.
- Bani-Melhem, K., Smith, E., 2012. Grey water treatment by a continuous process of an electrocoagulation unit and a submerged membrane bioreactor system. *Chem. Eng. J.* 198e199 (1), 201e210.
- Bouhezila, F., Hariti, M., Lounici, H., Mameri, N., 2011. Treatment of the OUED SMAR
- Budiany, R., Yayok, S. P., & Mohamad, M. (2014). Proses elektrokoagulasi pengolahan limbah laundry. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 6(1), 15-22.
- Can, O.T., Kobya, M., Demirbas, E., Bayramoglu, M., 2006. Treatment of the textile wastewater by combined electrocoagulation. *Chemosphere* 62 (2), 181e187.
- Fadli, R. K., Riswanto, S., & Widiasih, W. (2018). Aplikasi elektrokoagulasi untuk pengolahan limbah batik. *Jurnal Abdikarya: Jurnal Karya Pengabdian Dosen Dan Mahasiswa*, 1(2).
- Fendriani, Y., & Handayani, L. (2020). Pengaruh Variasi Jarak Elektroda Dan Waktu Terhadap Ph Dan Tds Limbah Cair Batik Menggunakan Metode Elektrokoagulasi: Pengaruh Variasi Jarak Elektroda Dan Waktu Terhadap Ph Dan Tds Limbah Cair Batik Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Journal Online of Physics*, 5(2), 59-64.
- Gunawan, D.A. 2016. "Elektrokoagulasi Menggunakan Aluminium sebagai Pretreatment pada Mikrofiltrasi Air Permukaan yang Mengandung NOM". *Teknik Kimia*, Institut Teknologi Bandung.