

**ANALISIS PENERAPAN *TOTAL QUALITY ENVIRONMENTAL*  
*MANAGEMENT* PADA PROSES PENGELOLAAN LIMBAH CAIR  
PRODUKSI**

**Daftar Penulis:** Ayu Sukmawati<sup>1</sup>, Eka Bambang Gusminto<sup>2\*</sup> Didik Pudjo Musmedi<sup>3</sup>, Chaerul Saleh<sup>4</sup>, Ketut Indraningrat<sup>5</sup>

- 1: Jurusan Manajemen **Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember**  
**Jln. Kalimantan no. 37, Jember 68121, Indonesia**
- 2: Jurusan Manajemen: **Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember**  
**Jln. Kalimantan no. 37, Jember 68121, Indonesia**
- 3: Jurusan Manajemen: **Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember**  
**Jln. Kalimantan no. 37, Jember 68121, Indonesia**
- 4: Jurusan Manajemen: **Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember**  
**Jln. Kalimantan no. 37, Jember 68121, Indonesia**
- 5: Jurusan Manajemen: **Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember**  
**Jln. Kalimantan no. 37, Jember 68121, Indonesia**

\*Corresponding author: [eka.bambang@unej.ac.id](mailto:eka.bambang@unej.ac.id)

**Abstract**

*Waste management in the batik making industry is very important. Apart from complying with the regulations made by the government, waste management is also one way to improve the environmental ecosystem around the industry. Based on the results of interviews conducted at Dewi Rengganis Batik Industry House, there are problems regarding industrial waste management. It is known that Dewi Rengganis Batik Industry House does not carry out waste management properly, due to the absence of WWTP and not knowing how to properly manage waste. The research objective was to determine the quality standards of waste owned by Dewi Rengganis Batik Industry using the Total Quality Environmental Management (TQEM) method. This type of research is descriptive. The results of this study indicate that the waste quality standards in Dewi Rengganis Batik Industry House have not reached the optimal standard in waste quality standards. This is caused by 6 parameters. The six parameters are pH, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Sulfide, and Oil and Fat. The factors causing the failure of waste management at Dewi Rengganis Batik Industry House include material, human, tools, and method factors. The recommendation for improvement at Dewi Rengganis Batik Industry House is to carry out waste management using methods, biology, physics and chemistry. It is hoped that the batik industry will not use chemical dyes so as not to produce waste that is harmful to the environment.*

**Keywords:** *Batik, Waste Industry, Total Quality Environmental Management (TQEM).*

**Abstrak**

Pengelolaan limbah pada industri pembuatan batik sangatlah penting. Selain mematuhi peraturan yang dibuat pemerintah, pengelolaan limbah juga salah satu cara memperbaiki ekosistem lingkungan yang ada di sekitar industri. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan di Rumah Industri Batik Dewi Rengganis, terdapat permasalahan tentang pengelolaan limbah industri. Diketahui bahwa Rumah Industri Batik Dewi Rengganis tidak melakukan pengelolaan limbah dengan benar, dikarenakan tidak adanya IPAL dan tidak mengetahui cara pengelolaan limbah dengan benar. Tujuan penelitian ialah untuk mengetahui standar baku mutu limbah yang dimiliki oleh Rumah Industri Batik Dewi Rengganis menggunakan metode *Total Quality Environmental Management* (TQEM). Jenis penelitian berbentuk deskriptif. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa standar baku mutu limbah yang berada di Rumah Industri Batik Dewi Rengganis belum mencapai standar optimal dalam baku mutu limbah. Hal tersebut disebabkan oleh 6 parameter. Enam parameter tersebut adalah pH, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Sulfide, serta Minyak dan Lemak. Faktor penyebab dari kegagalan dari pengelolaan limbah pada Rumah Industri Batik Dewi Rengganis diantaranya adalah faktor *material, human, tools, dan method*. Rekomendasi perbaikan pada Rumah Industri Batik Dewi Rengganis adalah melakukan pengelolaan limbah dengan metode, biologi, fisika dan kimia. Industri batik diharapkan tidak menggunakan pewarna kimia agar tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan.

**Kata Kunci:** *Batik, Waste Industry, Total Quality Environmental Management (TQEM).*

## **Pendahuluan**

Batik merupakan salah satu produk karya seni asli Indonesia yang ditetapkan oleh UNESCO pada tanggal 2 oktober 2009. Sejak saat itu pemerintah menjadikan setiap tanggal 02 oktober sebagai hari batik nasional (Harususilo, 2019). Limbah yang dihasilkan oleh usaha batik adalah limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Industri batik menimbulkan dampak berupa limbah cair organik dengan volume yang besar, warna yang pekat, berbau menyengat dan memiliki suhu, keasaman (pH), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan-bahan kimia dan zat warna dalam proses produksi batik.

Rumah Industri Batik Dewi Rengganis berdiri sejak tahun 2011 dan berlokasi di Dusun Kuripan – Krajan, Desa Jatiurip, Kecamatan Krejengan, Kabupaten Probolinggo. Rumah industri ini memproduksi batik tulis dan batik cap khas Probolinggo. Motif khas batik Probolinggo yang di produksi beraneka ragam, mulai dari mangga, anggur, bayu, daun anggur, ikan, kupu-kupu, ayam berkisar, 3 bunga teratai, bunga seribu taman, penjor dan kali banger. Rumah Industri Batik Dewi Rengganis berada dibawah naungan Pemerintah dan bekerjasama dengan Dinas Lingkungan Hidup sebagai penilik sistem pengolahan limbah pada industri di Kabupaten Probolinggo. Namun, sayangnya Dinas Lingkungan Hidup belum melakukan follow up terhadap sistem pengolahan limbah di Rumah Industri Batik Dewi Rengganis. Diketahui pula bahwa Rumah Industri Batik Dewi Rengganis belum melakukan pengolahan limbah cair hasil produksi dikarenakan tidak memiliki IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Limbah cair hasil produksi langsung dibuang ke sungai tanpa melalui proses penampungan maupun penyaringan, sehingga hal tersebut akan berdampak pada pencemaran lingkungan dan kerusakan ekosistem.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pengolahan limbah produksi belum optimal dan belum sesuai dengan Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007, hal tersebut disebabkan oleh manusia, metode, mesin, dan material. Maka dilakukan pengendalian kualitas pada proses pengelolaan limbah cair produksi dalam upaya meningkatkan kualitas lingkungan Rumah Industri Batik Dewi Rengganis hal ini nantinya juga akan memiliki tujuan mengetahui standar baku mutu limbah dari proses pengelolaan limbah cair produksi Rumah Industri Batik Dewi Rengganis.

## Kajian Pustaka

Pengertian kualitas menurut *American Society For Quality* yang dikutip oleh Heizer & Render (2006:265) adalah keseluruhan corak dan karakteristik dari produk atau jasa yang berkemampuan untuk memenuhi kebutuhan yang tampak jelas maupun yang tersembunyi. Menurut Prawirosentono (2007:5), pengertian kualitas suatu produk adalah keadaan fisik, fungsi, dan sifat suatu produk bersangkutan yang dapat memenuhi selera dan kebutuhan konsumen dengan memuaskan sesuai dengan nilai uang yang telah dikeluarkan.

Menurut Prihantoro (2012:6) pengendalian mutu adalah suatu sistem kendali yang efektif untuk mengoordinasikan usaha-usaha penjagaan kualitas, dan perbaikan mutu dari kelompok-kelompok organisasi produksi, sehingga diperoleh suatu produksi yang sangat ekonomis serta dapat memuaskan kebutuhan dan keinginan konsumen.

Manajemen lingkungan merupakan kegiatan komprehensif yang mencakup perencanaan, pelaksanaan kegiatan, pengamat untuk mencegah pencemaran (Hidayat, 2015). Adapun baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh Pemerintah dan telah berlaku adalah sebagai berikut.

- a. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

**Tabel 1. Baku Mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019**

Parameter	Kadar Paling tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD <sub>5</sub>	60	6
COD	150	15
TSS	50	5
Fenol Total	0,5	0,05
Krom Total (Cr)	1,0	0,1
Amonia Total (NH <sub>3</sub> -N)	8,0	0,8
Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03
Minyak dan Lemak	3,0	0,3
Ph	6,0 – 9,0	
Debit Limbah Paling Tinggi	100 m <sup>3</sup> /ton produk tekstil	

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

Berdasarkan data Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, terdapat beberapa parameter yang memiliki kadar paling tinggi dan beban

pencemaran paling tinggi. Kesimpulan dari tabel di atas adalah debit limbah paling tinggi 100 m<sup>3</sup>/ton produk tekstil, jika volume limbah melebihi data diatas maka akan mencemari lingkungan dan memberikan dampak buruk bagi ekosistem. Limbah industri dapat menjadi sesuatu yang sangat berbahaya bagi lingkungan hidup dan manusia. Keseimbangan lingkungan menjadi terganggu apabila jumlah hasil buangan limbah tersebut melebihi ambang batas toleransi lingkungan. Jika konsentrasi dan kuantitas melebihi ambang batas, keberadaan limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah.

b. *Total Quality Environmental Management (TQEM)*

*Total Quality Control/Total Quality Management* dapat digunakan untuk memperbaiki daya lingkungan dengan menghilangkan limbah atau mengurangi dampaknya (Khadour, 2010). Aplikasi perangkat dan filosofi ini untuk memperbaiki kinerja lingkungan dikenal sebagai *Total Quality Environmental Management (TQEM)*. TQEM pertama kali diluncurkan oleh *Global Environment Management Initiatives (GEMI, 2001)*.

TQEM secara umum adalah sistem pengelolaan lingkungan dengan menerapkan prinsip-prinsip kualitas total; yakni fokus pada pelanggan, perbaikan terus-menerus, kerja tim, dan sistem manajemen (Khadour, 2010). Elemen dasar TQEM adalah identifikasi pelanggan, fokus pada perbaikan terus menerus, kerjakan pekerjaan yang tepat dari awal, gunakan pendekatan sistem (GEMI, 2001:3).

c. *Statistical Process Control (SPC)*

*Statistical Process Control* adalah sebuah teknik statistik yang digunakan untuk mengukur kinerja sebuah proses yang memastikan sudah memenuhi standar ataukah tidak. *Statistical Process Control* adalah sebuah proses yang digunakan untuk mengawasi standar, membuat pengukuran dan mengambil tindakan perbaikan selagi sebuah produk atau jasa sedang diproduksi (Heizer dan Render, 2006:286).

d. *Fault Tree Analysis (FTA)*

FTA atau Analisis Pohon Kegagalan adalah sebuah proses secara bertahap yang memiliki tujuan untuk menyelesaikan suatu kejadian yang tidak seharusnya terjadi ataupun suatu kejadian yang tidak diinginkan langsung pada penyebab utamanya (Vesely, 2002). Fault Tree Analysis

(FTA) juga sering disebut diagram logika yang digunakan untuk mewakili masing-masing dampak dari suatu peristiwa dan kontribusi yang menyebabkan suatu peristiwa.

**Metode Penelitian**

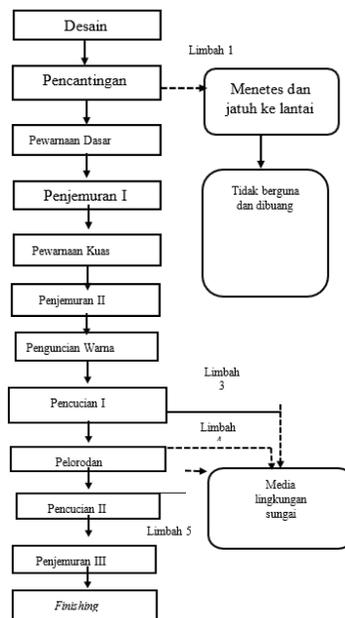
Penelitian ini akan menganalisis proses pengolahan limbah cair produksi dengan menggunakan metode penelitian kualitatif, yang mana lebih bersifat deskriptif. Penelitian ini akan dilaksanakan di Rumah Industri Batik Dewi Rengganis di Kecamatan Krejengan, Kabupaten Probolinggo – Jawa Timur. Penelitian ini akan dilakukan selama 30 hari kerja, terhitung dari tanggal 02 Desember 2019 – 07 Januari 2020.

**Metode Analisis Data**

Metode analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan alat bantu yang terdapat pada 7 tools, yakni Diagram Proses (*Process Flow Chart*) dan Lembar Pencatatan (*Check Sheet*), serta *Fault Tree Analysis* (FTA).

**Hasil Penelitian**

a. Diagram Proses



**Gambar 1. Proses Produksi dan Pengelolaan Limbah Rumah Industri Batik Dewi Rengganis**

Sumber: Rumah Industri Batik Dewi Rengganis (2019).

Berdasarkan gambar 1, dapat disimpulkan bahwa limbah 1 yang dimaksud adalah limbah padat dari lilin/malam yang menetes dan jatuh ke lantai sudah tidak dapat digunakan kembali. Sedangkan limbah 3, 4, dan 5 merupakan limbah cair yang berasal dari penggunaan bahan kimia yang dibuang langsung ke media lingkungan yaitu sungai.

b. Lembar pemeriksaan limbah cair

Berikut merupakan data laporan produksi Rumah Industri Batik Dewi Rengganis selama 30 hari kerja.

**Tabel 2. Pengumpulan Data Terkait Limbah Cair dengan *Check Sheet***

Hari Ke-	Tanggal 2019-2020	Pelorodan (Liter)	Pencucian I dan II (Liter)
1	2-Des	-	-
2	3-Des	240,21	1.800
3	4-Des	-	-
4	5-Des	-	-
5	6-Des	240,21	1.800
6	7-Des	-	-
7	8-Des	-	-
8	9-Des	-	-
9	10-Des	240,21	1.800
10	11-Des	-	-
11	12-Des	-	-
12	13-Des	240,21	900
13	14-Des	-	-
14	15-Des	-	-
15	16-Des	-	-
16	17-Des	-	-
17	18-Des	240,21	1.350
18	19-Des	-	-
19	20-Des	-	-
20	21-Des	240,21	1.350
21	22-Des	-	-
22	23-Des	-	-
23	24-Des	-	-
24	25-Des	-	-
25	26-Des	240,21	2.250
26	27-Des	-	-
27	28-Des	240,21	450
28	29-Des	-	-
29	30-Des	-	-
30	31-Des	240,21	1.800
31	1-Jan	-	-
32	2-Jan	-	-
33	3-Jan	240,21	1.800
34	4-Jan	240,21	450
35	5-Jan	-	-
36	6-Jan	-	-
37	7-Jan	240,21	1.800

Jumlah	2.882,52	17.550
Rata-Rata	240,21	1.462,5

Sumber: Rumah Industri Batik Dewi Rengganis (2019).

Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa Rumah Industri Batik Dewi Rengganis menghasilkan limbah cair selama 12 hari kerja. Limbah cair tersebut dihasilkan oleh pelorodan yang mencapai total 2.882,52 L dengan rata-rata menghasilkan 240,21 L limbah cair dalam sehari. Pembuangan limbah hasil pelorodan berasal dari panci besar yang berdiameter 60 cm sebagai media untuk melakukan proses pelorodan. Untuk proses pencucian terdapat dua tahapan yakni pencucian I dan II dengan total pembuangan limbah selama 12 hari kerja sebanyak 17.550 L dan rata-rata per hari untuk pembuangan limbahnya sebanyak 1.462,5 L. Perlu diketahui bahwa pembuangan limbah dari proses pencucian berasal dari bak pencucian yang berukuran panjang 150 cm, lebar 100 cm, dan tinggi sebesar 30 cm.

c. Hasil Uji Laboratorium

**Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Limbah Cair Rumah Industri Batik Dewi Rengganis**

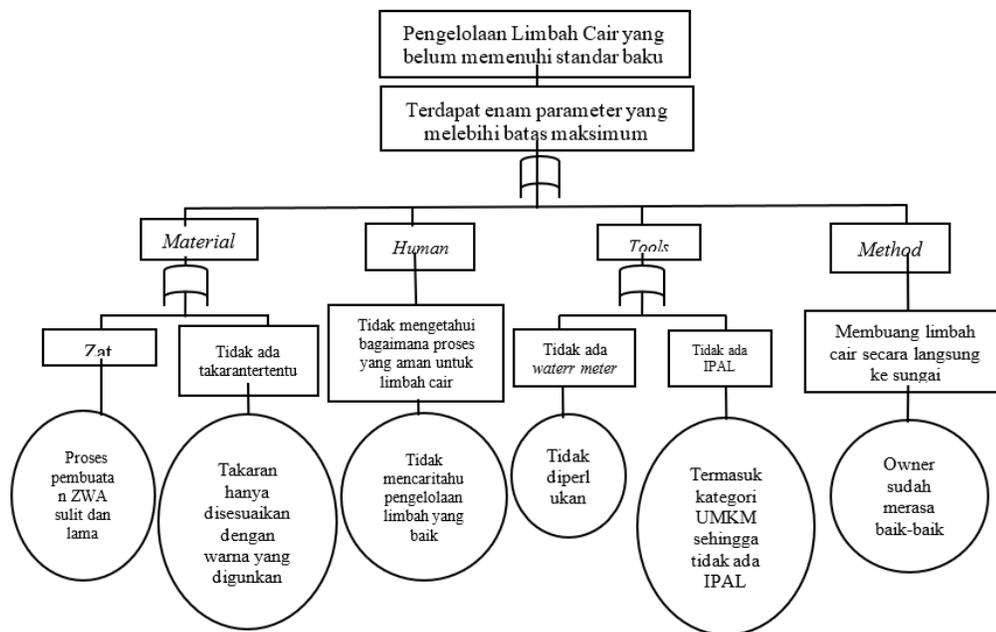
No.	Parameter	Baku Mutu Maksimum Menurut Permen LHK P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/20 19 dan Pergub Jatim Nomor 72 Tahun 2013 (mg/L)	Hasil Uji Laboratorium (mg/L)
1.	Volume limbah cair persatuan produk	100 m <sup>3</sup> /ton produk	-
2.	Suhu*	-	-
3.	pH	6 – 9	<b>11,75</b>
4.	BOD <sub>5</sub>	60	<b>224,71</b>
5.	COD	150	<b>8.057,90</b>
6.	TSS	50	<b>5.160</b>
7.	Fenol	0,5	<0,2
8.	Chromium (Cr)	1,0	<LD
9.	Ammonia	8,0	1,818
10.	Sulfide	0,3	<b>117,131</b>
11.	Minyak dan lemak	3,0	<b>60,8</b>

Sumber: UPTD Laboratorium Lingkungan Banyuwangi (2020).

Hasil uji laboratorium dengan perbandingan kedua peraturan tersebut dari sepuluh parameter di atas menyatakan bahwa terdapat enam parameter dengan nilai melebihi batas maksimum. Lima parameter tersebut adalah pH, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Sulfide, serta Minyak dan lemak. Terdapat pulaa tiga parameter dengan nilai di bawah batas maksimum, yakni, Fenol, Amonia dan Chromium (Cr). Sedangkan parameter yang tidak dapat diketahui nilainya ada satu yakni debit limbah.

Terdapat 6 parameter yang nilai hasil ujinya melebihi batas maksimum baku mutu limbah cair yang telah tertera pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 dan Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013. TSS pada limbah cair Rumah Industri Batik Dewi Rengganis adalah sebesar 5.160 mg/L; minyak dan lemak sebesar 60,8 mg/L; BOD<sub>5</sub> sebesar 224,71 mg/L; COD sebesar 8.057,90 mg/L; Sulfide sebesar 117,131 mg/L serta pH sebesar 11,75 mg/L. Parameter yang tidak dapat diketahui nilainya adalah debit limbah dan suhu, karena pada Industri Batik Dewi Rengganis tidak memiliki *watermeter* (alat pengukur debit air) dalam pengelolaan limbah cair yang dihasilkan.

d. *Fault Tree Analysis*



**Gambar 2. *Fault Tree Analysis* Kegagalan Pengelolaan Limbah Cair pada Proses Produksi Rumah Industri Batik Dewi Rengganis**

Sumber: Data Primer *Brainstorming* dengan Pihak Batik Dewi Rengganis (2020).

Berdasarkan *Fault Tree Analysis* di atas menunjukkan bahwa kegagalan dalam pengelolaan limbah cair yang belum memenuhi standar baku mutu limbah disebabkan oleh adanya hasil uji laboratorium yang menyatakan bahwa enam parameter melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 dan Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013. Kegagalan tersebut disebabkan oleh empat faktor, yakni *material*, *human*, *tools*, dan *method*. Kegagalan dalam proses pengelolaan limbah cair sebaiknya benar-benar perlu mendapatkan perhatian khusus baik dari lingkup

perusahaan dan pemerintah termasuk DLH (Dinas Lingkungan Hidup), karena keberhasilan dari suatu usaha bukan hanya diukur dari produk dan laba yang dihasilkan, tetapi juga dilihat dari limbah yang dihasilkan. Limbah yang baik dan aman akan menjadikan lingkungan sekitar tempat produksi menjadi nyaman. Sebaiknya dapat dilakukan usaha-usaha dalam perbaikan kualitas lingkungan oleh limbah produksi.

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa limbah cair Rumah Industri Batik Dewi Rengganis berasal dari proses pencucian dan pelorodan selama 12 hari kerja dalam 1 bulan. Pada proses pewarnaan tidak menghasilkan limbah, karena zat warna yang digunakan tidak sampai menetes pada lantai dan tidak dibuang secara langsung ke sungai. Hal ini disebabkan oleh zat warna tersebut mampu digunakan berkali-kali. Berdasarkan hasil uji laboratorium yang dilakukan di UPTD Laboratorium Lingkungan, Kabupaten Banyuwangi, limbah cair yang dihasilkan oleh Rumah Batik Dewi Rengganis tidak dapat memenuhi standar baku mutu limbah. Hal tersebut dikarenakan terdapat 6 parameter yang melebihi batas maksimum diantaranya pH, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Sulfide, serta Minyak dan Lemak.

Saran yang dapat diberikan kepada Rumah Industri Batik Dewi Rengganis yaitu menggunakan Zat Warna Alam untuk proses pewarnaan batik, membuat takaran yang pasti dalam penggunaan zat pewarna kimia, melakukan pengkajian ulang terhadap proses pengelolaan limbah cair yang telah diterapkan selama ini, serta mencari tahu bagaimana proses pengelolaan limbah yang aman sehingga menghasilkan limbah cair yang sesuai dengan peraturan-peraturan yang telah ditetapkan oleh Pemerintah yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

## Daftar Pustaka

- Gaspersz, V. 2005. *Total Quality Manajemen*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Global Environmental Management Initiatives. 2001. *Environment Value to The Top Line*. Washington DC: GEMI.
- Gubernur Jawa Timur. 2013. *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. Surabaya: Gubernur Jawa Timur.
- Harususilo. 2019. Hari Batik Nasional, Kemendikbud Imbau Sekolah Ini. Koran Elektronik. <https://edukasi.kompas.com/read/2019/10/02/07435041/hari-batik-nasional-kemendikbud-imbau-sekolah-lakukan-3-hal-ini> [17 Januari 2020].
- Heizer, J. dan Barry R. 2006. *Second Edition Principles Of Operations Management*. Singapore : Prentice Hall International, Inc.
- Hidayat. 2015 Pengaruh Lingkungan Kerja dan Disiplin Kerja serta Motivasi Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Perusahaan PDAM Kab. Lumajang. *Jurnal WIGA*. 2 (1):22-30
- Khadour, L. 2010. Total Quality Environmental Management (TQEM) Framework Towards Sustainability (UK Novated D&B Principal Contractors). *Journal Of Management*. 5 (2):104-109.
- Kurniawan, M.W., P. Purwanto, dan S. Sudarso. 2013. Strategi Pengelolaan Air Limbah Sentra UMKM Batik yang Berkelanjutan di Kabupaten Sukoharjo . *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 11(2):62-72.
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta: Menteri Lingkungan Hidup.
- Nasution, M. N. 2005. *Manajemen Mutu Terpadu*. Bogor: Ghalia .
- Prawirosentono, S. 2007. *Filosofi Baru Tentang Manajemen Mutu Terpadu Abad 21 “Kiat Membangun Bisnis Kompetitif”*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Prihantoro, Rudy. 2012. *Konsep Pengendalian Mutu*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Vesely. 2002. *Fault Tree Analysis (FTA): Concepts and Application*. NAS.