

KAJIAN BEBAN PENCEMARAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KECIL MENENGAH (IKM) BATIK KLASTER TRUSMI KABUPATEN CIREBON

(Study on Wastewater Pollution Load from Batik Small Medium Enterprises (SMEs) In Trusmi Cluster, Cirebon District)

Adi Sulaksono^a, Hefni Effendi^b, Budi Kurniawan^c

^a Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor, 16151, Telp (021) 53166141 / 087871766557 — adi.sulaksono@hotmail.com

^b Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Lembaga Penelitian dan Pengembangan kepada Masyarakat (PPLH-LPPM), Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

^c Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jalan D.I. Panjaitan Kav. 24. Kebon Nanas, Jakarta Timur, 13410

Abstract. Growing number of Indonesian Batik SMEs has been started since UNESCO announced batik as world heritage from Indonesia in 2009. However, this condition also brings negative impact related to water pollution. Huge variety of dyestuff always has been a challenge in estimating total pollution load from this sector. This study aim to estimate pollution load of some key parameters (BOD₅, COD and TSS) of wastewater generated by Batik SMEs in Trusmi cluster. By calculating pollution load factor per unit product (PLU) trough analyzing waste water quality and quantity in every step of batik making process and considering type of fabric (cotton and silk) and type of dyestuff (Naphtol and Indigosol) as variable, it can be concluded that the PLU factor for BOD₅ and TSS is associated to the type of fabric, meanwhile COD parameter is associated to the type of dyes. By multiplying the PLU factor with total production capacity from all SMEs in Trusmi cluster, it can be estimated that the total pollution load range in Trusmi area for BOD is at 5,9 – 39,5 ton/year; COD at 112-426ton/year; and TSS at 4,88-16,3ton/year.

Keywords: Batik, SMEs Cluster, pollution load factor, waste water

(Diterima: 16-02-2015; Disetujui: 31-03-2015)

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Setelah mendapatkan pengakuan dari UNESCO sebagai warisan dunia pada tahun 2009, industri batik di Indonesia makin berkembang pesat. Pada akhir tahun 2010 usaha Industri Kecil Menengah (IKM) pembatikan di Indonesia berjumlah 55.778 unit dengan total tenaga kerja yang terserap mencapai 916.783 orang (Jusri & Idris 2012). Berdasarkan data dari Kementerian Perindustrian tahun 2010, Industri batik di Indonesia selama lima tahun terakhir memiliki nilai produksi rata-rata mencapai Rp 3,94 triliun dan nilai ekspor rata-rata mencapai US\$ 65,58 juta.

Berdasarkan data dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Cirebon, pada tahun 2013 terdapat 530 IKM batik yang menyerap 4.408 tenaga kerja. Sebagian besar pengerajin batik tradisional tersebut terdapat di Desa Trusmi Wetan dan Trusmi Kulon, sehingga daerah ini berkembang menjadi Obyek Wisata belanja Batik Trusmi. Selain memberikan pengaruh positif IKM batik juga memberikan dampak negatif khususnya bagi pencemaran lingkungan. Hingga saat ini, sebagian besar proses produksi batik di Trusmi masih dilakukan dengan cara tradisional dan kurang memperhatikan kelestarian lingkungan. Ter-

lebih proses pewarnaan dengan teknik pencelupan seperti yang dilakukan di Cirebon lebih rendah produktivitas airnya dibandingkan dengan pewarnaan dengan teknik *padding* seperti yang dilakukan di Pekalongan (Sari et al. 2012)

Limbah cair dari industri tekstil memiliki dampak buruk terhadap lingkungan karena beberapa diantaranya bersifat tidak dapat diurai secara alami dan karsinogenik sehingga harus dikelola secara benar (Babu et al. 2007). Terlebih lagi buangan zat warna merupakan pencemar yang dampaknya paling cepat terdeteksi secara kasat mata walaupun kadarnya dibawah 1 ppm (Pareira & Alves 2012). Minimnya modal usaha, tekanan ekonomi pengerajin dan kesadaran lingkungan dari pemilik IKM batik yang telah beroperasi sejak lama membuat upaya pengolahan limbah cair belum menjadi prioritas.

Walaupun limbah cair dari IKM batik hanya dikeluarkan dari proses pewarnaan, pelepasan lilin (pelorodan), dan pencucian, namun variasi kualitas limbah cair yang dikeluarkan dari IKM batik sangat besar. Kondisi ini tentunya menyulitkan pembuat kebijakan untuk menetapkan besarnya faktor beban pencemar dari sektor ini (UGM 2013). Berdasarkan Chakraborty (2014) terdapat ribuan variasi warna yang dapat dihasilkan dari satu kelompok jenis zat warna Naphtol dan garam Diazoniumnya saja, se-

dangkan pada proses pewarnaan di IKM batik terdapat 12 kelompok jenis zat warna. Selain dari sisa zat warna, limbah cair yang dikeluarkan oleh IKM batik juga mengandung bahan kimia pendukung proses produksi seperti NaOH, NaNO₂, HCl, Na₂CO₃, dan Na₂O₃Si dengan konsentrasi yang bervariasi tergantung warna batik yang ingin dihasilkan.

Langkah awal dalam strategi pencegahan pencemaran sumber daya air adalah dengan melakukan audit dan karakterisasi dari limbah cair yang berasal dari kegiatan industri (Rathore 2012). Informasi terkait dengan faktor beban pencemar per unit produk dapat digunakan untuk mengestimasi secara cepat total beban pencemaran yang ada di suatu daerah sehingga bermanfaat untuk memecahkan masalah pengendalian pencemaran dari sektor tertentu (Kung & Yu 2000). Kajian tentang faktor beban pencemar limbah cair IKM batik perlu dilakukan dengan mempertimbangkan variabel produksi yang dapat memengaruhi besaran beban pencemar (Coreia et al. 1994). Besarnya beban pencemaran dari jenis industri tekstil sangat bervariasi dan tergantung dari jenis dan jumlah bahan kimia yang digunakan. elain itu tiap jenis serat kain memiliki karakteristik daya serap yang berbeda terhadap zat warna (Susanto 1974).

Berdasarkan Peraturan Menteri LH No 1 Tahun 2010 tentang tata laksana pengendalian pencemaran air, tahapan awal dalam pengendalian pencemaran air adalah dengan melakukan inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar air. Dalam rangka inventarisasi terkait dengan beban pencemaran air dari sektor IKM batik yang merupakan salah satu sektor unggulan di Kabupaten Cirebon, kajian mengenai total beban pencemar limbah cair perlu dilakukan. Oleh sebab itu, penelitian ini hanya fokus mengkaji parameter yang dipersyaratkan dalam Keputusan menteri LH No 51 Tahun 1995 sebagai bagian dari kegiatan inventarisasi, walaupun menurut Ritayanti (2011) terdapat beberapa zat warna jenis Naphtol yang masuk ke dalam kategori limbah bahan beracun berbahaya (B3) karena sifatnya yang karsinogenik.

1.2. Tujuan

Penelitian ini mencoba menghitung faktor beban pencemar per unit produk untuk parameter kunci limbah cair untuk industri tekstil yaitu BOD₅, COD dan TSS dengan mempertimbangkan jenis zat warna yang biasa digunakan di Cirebon (golongan Naphtol, dan golongan Indigosol) dan juga jenis kain (katun dan sutra). Dengan mengetahui nilai faktor beban pencemar ditambah dengan kapasitas produksi di tiap proses produksi IKM batik maka estimasi dari total beban pencemar limbah cair IKM batik Trusmi dapat diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis faktor beban pencemar limbah cair IKM batik klaster Trusmi.
2. Mengestimasi beban pencemaran akibat limbah cair dari industri batik Klaster Trusmi.

2. Metode

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di sentra IKM Batik Trusmi Kabupaten Cirebon Jawa Barat. Wilayah penelitian meliputi empat wilayah Desa yang meliputi Desa Trusmi Kulon, Desa Trusmi Wetan, Desa Wotgali, dan Desa Kali Tengah. Untuk analisis kualitas limbah cair dilakukan di laboratorium terakreditasi Akademi Kimia Analisis Bogor. Penelitian ini telah selesai dilakukan pada bulan Juni – Desember 2014.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi kain katun tipe G dan sutra tipe super yang telah dipotong 2 meter sebanyak 18 potong. Zat warna untuk menghasilkan warna merah, biru dan hitam dari jenis Naphtol dan Indigosol serta bahan laboratorium untuk menganalisis kualitas limbah parameter BOD₅, COD, dan TSS. Sedangkan alat yang digunakan meliputi peralatan produksi batik milik 12 IKM, peralatan sampling limbah cair termasuk pH meter, pengawet sampel dan GPS Android (software GPS Test Plus ver 1.5). Peralatan laboratorium untuk menganalisis kualitas limbah parameter BOD₅, COD, TSS. Serta alat ukur volume, panjang dan waktu.

2.3. Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan melalui tiga tahapan analisis, yaitu analisis nilai faktor beban pencemar dan estimasi nilai total beban pencemar.

a. Analisis Faktor Beban Pencemar

Faktor beban pencemar limbah cair IKM batik Trusmi dihitung untuk tiga dari tujuh parameter yang dipersyaratkan dalam KepmenLH No 51 Tahun 1995 tentang baku mutu limbah cair industri tekstil yang meliputi BOD₅, COD, dan TSS yang menyatakan bahwa ketiga parameter tersebut merupakan parameter kunci limbah batik yang kadarnya sering kali melampaui baku mutu yang ditetapkan pemerintah (Dinas Lingkungan Hidup Kab Cirebon 2007). Berdasarkan Indriyani (2004) pengukuran parameter BOD₅ dan COD sangat penting untuk mengetahui tingkat biodegradativitas dari limbah cair, sedangkan parameter TSS diperlukan untuk mengetahui jumlah padatan baik yang terendapkan secara alami maupun tidak dapat diendapkan. Ketiga parameter ini diperlukan dalam rancangan instalasi pengolahan air limbah yang sesuai.

Untuk parameter lainnya yang dipersyaratkan dalam KepmenLH No 51 Tahun 1995 (Minyak-Lemak, Fenol, Cr total, pH) pada umumnya berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan. Hal ini dikarenakan Minyak-Lemak dan Fenol dari malam dari proses pelorodan pada umumnya di-*recovery* untuk digunakan kembali pada proses pembatikan. Untuk parameter Cr total, menurut Cristy (2001) pada zat warna jenis

Naphtol dan Indigosol tidak mengandung logam Cr seperti jenis zat warna mordan yang digunakan dalam produk tekstil di industri besar. Sedangkan parameter pH hanya merupakan parameter indikator deraja keasaman limbah, dan tidak digunakan dalam perhitungan beban pencemaran.

Nilai faktor beban pencemar didapatkan melalui Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis kain (Katun tipe G dan Sutra tipe Super) dan faktor kedua adalah jenis zat warna (Naphtol dan Indigosol). Setiap perlakuan dilakukan di tiga IKM sebagai ulangan dimana setiap

IKM akan diberikan tiga potong kain sepanjang 2 meter yang sudah dibatik cap dengan motif ceplis, dengan demikian rancangan ini memiliki 36 unit percobaan untuk 3 parameter. Tiap IKM diminta mewarnai tiga potong kain masing-masing 1 warna (merah, biru, dan hitam) (UGM 2013). Zat warna yang akan digunakan untuk percobaan disiapkan berdasarkan hasil berdiskusi dengan IKM batik dengan mempertimbangkan kebiasaan yang paling sering dilakukan oleh IKM dengan ketentuan sesuai pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis zat warna yang digunakan dalam proses pewarnaan batik

Jenis Bahan Kimia	Warna Naphtol			Warna Indigosol		
	Merah	Biru	Hitam	Merah	Biru	Hitam
Zat Warna	AS-BS	AS-D	AS-BO AS-G	Sol. Abang	Sol Biru	Sol Abu
Zat Fixator	R	BB	G.Hitam G.Biru	NaNO ₂	NaNO ₂	NaNO ₂
Zat Pembantu	NaOH	NaOH	NaOH	HCl	HCl	HCl

Keterangan: Jumlah perbandingan Naphtol dan garam Diazonium adalah 15 g : 30 g; Jumlah perbandingan Indigosol dan NaNO₂ adalah 10 g: 20 g; AS-BS, AS-D, AS-BO, AS-G merupakan kode nama dagang zat warna Naphtol; R, BB, G. Hitam G. Biru merupakan kode nama dagang garam diazonium; Sol pada Sol. Abang, Sol Biru dan Sol. Abu merupakan singkatan sekaligus nama dagang darizat warna Indigosol.

Limbah cair kemudian diambil sampel air limbahn-yadari:

1. Proses pewarnaan (bak warna dan bak fiksasi) masing-masing 500 mL sehingga didapatkan total 3L komposit sampel limbah proses pewarnaan.
2. Proses pelorodan (setelah dingin dan lilin yang terapung disingkirkan) sebanyak 2L.
3. Proses pencucian (cuci warna dan cuci lorod dikompositkan) sebanyak 2L.

Sampel di setiap proses kemudian dibagi 2, dimasukkan kedalam jerigen 1L, diberi label, dan dipisahkan untuk dipreservasi menggunakan bahan pengawet yang berbeda. Sisa sampel 1 L dari proses pewarnaan dikembalikan ke tempat produksi untuk kemudian dibuang. Untuk parameter BOD₅ dan TSS didinginkan, dan parameter COD di tambahkan H₂SO₄ pekat sampai pH < 3. Proses sampling dilakukan pada hari yang sama dan ditransportasikan ke laboratorium uji AKA Bogor sehari sesudahnya. Analisis kualitas limbah untuk 3 parameter dilakukan dengan metode pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Metode analisis kualitas limbah cair

Parameter	Metode Uji	Prinsip Metode
BOD ₅	SNI 6989.72-2009	Titrimetri
COD	SNI 6989.73-2009	Titrimetri
TSS	SNI 06-6989.27-2005	Gravimetri

Analisis beban pencemaran dihitung berdasarkan beban pencemaran aktual dalam berat parameter (gram) per satuan produk (meter) yang disesuaikan untuk per tahapan proses. Hasil uji kualitas limbah kemudian dikalikan dengan volume limbah tiap proses untuk didapatkan nilai beban pencemar di masing-masing proses yang kemudian dianalisis dengan anova dua arah dengan selang kepercayaan 90% menggunakan software minitab versi 15 untuk melihat ada tidaknya pengaruh perlakuan pada tiap proses. Berdasarkan penurunan persamaan perhitungan beban pencemar yang dilakukan oleh Suhubawa (2008) terhadap parameter yang tidak dipengaruhi oleh variabel perlakuan, maka faktor beban pencemar dihitung dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$FBP_j = \{ \sum [C_{ij} \times V_i \times f] \} / n \dots \dots \dots (1)$$

- FBP_j (g/m) = Faktor Beban Pencemar Parameter j
- C_{ij} (mg/L) = Konsentrasi limbah cair proses i parameter j
- V_j (L) = Volume limbah pada proses i
- f = Faktor konversi (0,002)
- i = proses produksi (pewarnaan, pelorodan, pencucian)
- j = parameter limbah cair (BOD, COD, TSS)
- n = jumlah sampel (12 IKM)

Namun apabila terdapat pengaruh akibat faktor maka untuk mendapatkan nilai faktor beban pencemar

ditentukan berdasarkan rata-rata variabel yang berpengaruh (Hanafiah 2005).

b. Analisis Estimasi Total Beban Pencemar

Estimasi total beban pencemar ditentukan dari hasil perkalian faktor beban pencemar dengan total kapasitas produksi yang ada berdasarkan data sekunder yang didapat dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Cirebon. Dengan menggunakan asumsi tiap potong kain batik memiliki panjang 2,5 meter dengan rata-rata 3 warna di setiap potongnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Faktor Beban Pencemar

Analisis faktor beban pencemar merupakan salah satu pendekatan yang dilakukan untuk mengetahui nilai konstanta yang dapat dipakai untuk mengetahui besarnya beban per unit produk. Dengan mengetahui nilai faktor beban pencemar dari limbah cair untuk parameter BOD₅, COD, dan TSS diharapkan dapat membantu pembuat kebijakan untuk mengestimasi total beban pencemar secara cepat hanya dengan merujuk pada data total kapasitas produksi IKM batik.

Dalam sektor batik unit yang umum digunakan oleh pengerajin batik tradisional Trusmi adalah satuan

potong, hal ini disebabkan oleh panjang kain batik yang diproduksi berbeda-beda ukurannya. Namun menurut Susanto (1974) luas kain merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi sedikit banyaknya zat warna yang terserap, sehingga apabila satuan potong digunakan sebagai unit perhitungan faktor beban pencemar maka konsentrasi zat warna dalam limbah cair per potong kain menjadi tidak terkendali dan dapat menimbulkan bias. Oleh karena itu penentuan faktor beban pencemar pada penelitian ini ditetapkan dalam satuan gram/meter kain dengan asumsi lebar kain dianggap sama.

Hasil perhitungan beban pencemar untuk keseluruhan proses berdasarkan hasil analisis kualitas limbah cair dan volume limbah disetiap proses maka didapatkan rata-rata hasil seperti pada Tabel 3.

Nilai rata-rata faktor beban pencemar limbah cair batik yang tercantum pada Tabel 3 merupakan nilai umum yang dapat digunakan untuk mengestimasi secara kasar total beban pencemaran dari limbah cair IKM batik tanpa memperhitungkan proporsi jenis kain dan jenis zat warna yang digunakan. Untuk meningkatkan akurasi perkiraan total beban pencemar dengan mempertimbangkan faktor jenis kain dan zat warna, maka pendekatan nilai faktor dilakukan dengan uji statistik anova dua arah untuk setiap parameter uji.

Tabel 3. Rata-rata nilai faktor beban pencemar untuk 3 parameter untuk keseluruhan proses (gram/meter)

Perlakuan	BOD ₅	COD	TSS
Katun Naphtol (KN)	61,6	550	21,9
Katun Indigosol (KI)	21,7	182	16,1
Sutra Naphtol (SN)	79,7	928	51,6
Sutra Indigosol (SI)	88,3	408	29,5
Rata-rata	62,8 ± 39,4	517 ± 373	29,8 ± 20,7

a. BOD₅ (Kebutuhan Oksigen Biologi)

Menurut Indriyani (2004) BOD₅ didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang digunakan oleh organisme *nonfotosintetik* untuk melakukan metabolisme secara biologis terhadap senyawa-senyawa organik yang dapat terurai secara biologis pada suhu 20°C selama 5 hari. Walaupun nilai BOD₅ menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai yang ada di perairan. Hasil analisis faktor beban pencemar limbah cair IKM batik parameter BOD₅ untuk tiap tahapan proses dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa proses penyumbang nilai beban pencemar parameter BOD₅ tertinggi ada di proses pelorodan untuk perlakuan sutra Naphtol (SN) dan sutra Indigosol (SI). Hasil uji statistik anova 2 arah dengan selang kepercayaan 90% untuk BOD₅ juga menunjukkan hanya jenis kain yang memberikan pengaruh kepada nilai beban pencemar dengan P-value sebesar 0,079, sedangkan rata-rata untuk kain katun sebesar 41,6 g/m dan 84,0 g/m untuk

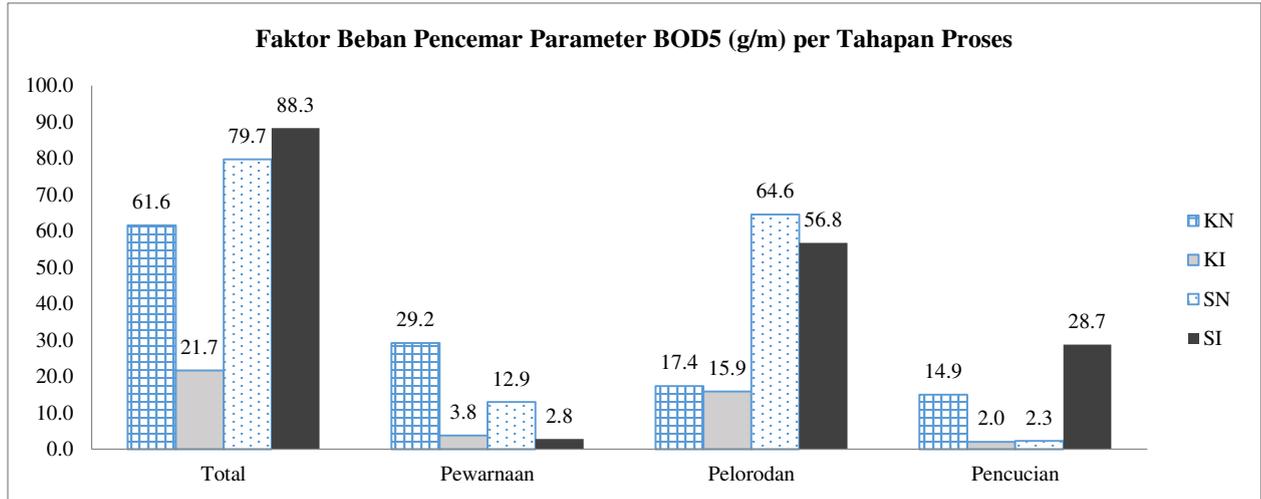
kain sutra. proses pelepasan lilin untuk kain sutra lebih sulit dibandingkan kain katun (Susanto 1974). Oleh karena itu IKM umumnya menambahkan soda abu (Na₂CO₃) berlebih pada proses pelorodan untuk kain sutra. Hal ini yang membuat nilai BOD₅ kain sutra menjadi lebih tinggi dari kain katun.

Pada Gambar 1 juga terlihat nilai yang cukup tinggi pada proses pencucian untuk perlakuan SI. Berdasarkan analisis dari data primer, nilai faktor tersebut meningkat akibat data yang dihasilkan pada salah satu IKM yang proses pencuciannya menggunakan water glass atau Natrium Silikat (Na₂O₃Si) untuk membantu melepaskan lilin yang tidak larut pada proses pelorodan. Hal ini dapat disimpulkan setelah melihat beban pencemar parameter TSS (Gambar 3) pada IKM yang sama, dimana nilainya paling rendah dibandingkan perlakuan yang lain pada proses yang sama. Berdasarkan sifat fisiknya, Natrium Silikat merupakan garam larut air, sehingga tidak berbentuk suspensi dan tidak memberikan pengaruh pada konsentrasi TSS (Effendi 2007).

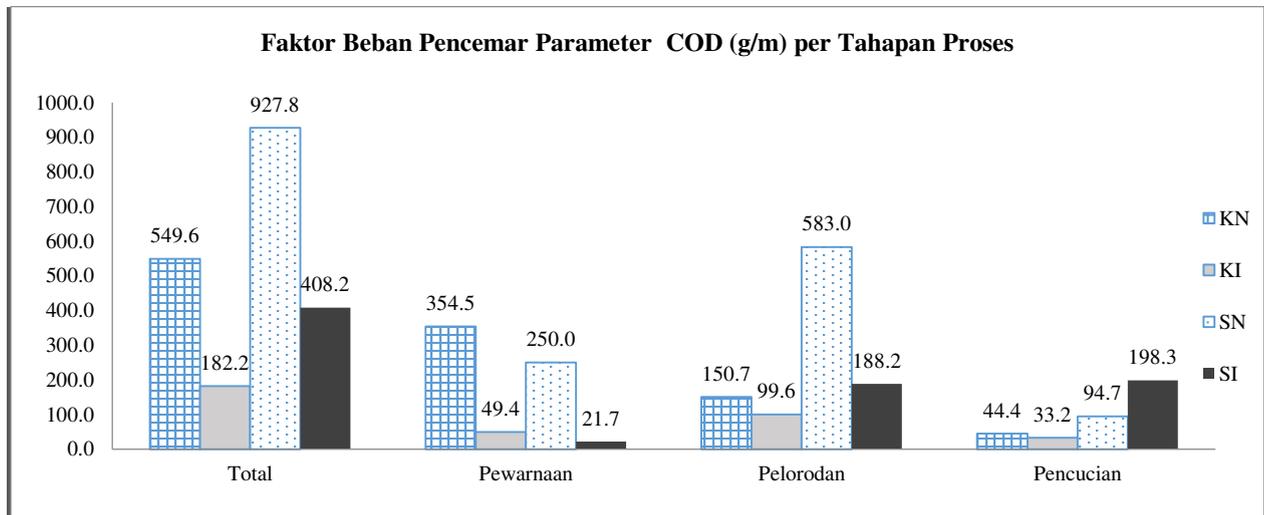
b. COD (Kebutuhan Oksigen Kimiawi)

Menurut SNI no 6989.73-2009 nilai COD menunjukkan jumlah oksidan $Cr_2O_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O untuk tiap 1000 mL larutan uji. Uji COD hanya merupakan suatu analisis yang menggunakan suatu reaksi oksidasi kimia yang menentukan/menirukan oksidasi biologis (yang sebenarnya terjadi di alam), sehingga merupa-

kan suatu pendekatan saja. Karena hal tersebut di atas maka tes COD tidak dapat membedakan antara zat yang teroksidasi secara biologis dan zat yang sebenarnya tidak teroksidasi secara biologis. Hasil analisis faktor beban pencemar limbah cair IKM batik parameter COD untuk tiap tahapan proses dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Grafik rata-rata faktor beban pencemar parameter BOD₅(g/m) untuk setiap tahapan proses, (KN) Katun Naphtol, (KI) Katun Indigosol, (SN) Sutra Naphtol, (SI) Sutra Indigosol



Gambar 2. Grafik rata-rata faktor beban pencemar parameter COD (g/m) untuk setiap tahapan proses, (KN) Katun Naphtol, (KI) Katun Indigosol, (SN) Sutra Naphtol, (SI) Sutra Indigosol

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai faktor beban pencemar tertinggi terdapat pada perlakuan sutra Naphtol. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan di Yogyakarta dimana limbah zat warna dari jenis Naphtol memiliki nilai COD yang lebih tinggi dibandingkan dengan zat warna Indigosol (UGM 2013).

Dengan menggunakan selang kepercayaan 90% pada analisis anova dua arah, maka variabel jenis zat warna dengan nilai p-value 0,040 merupakan variabel yang memberikan pengaruh terhadap nilai beban pencemar parameter COD, yaitu 739 g/m untuk kain

katun dan 295 g/m untuk kain sutra. Ditinjau dari struktur kimia dari zat warna jenis Naphtol akan stabil ketika sudah bereaksi secara kopling dengan garam diazonium dan membentuk senyawa berwarna yang tak larut air (Susanto 1974). Sedangkan warna Indigosol dibangkitkan melalui reaksi oksidasi menggunakan $NaNO_2$ dalam suasana asam membentuk senyawa keton ($-C=O$) (Susanto 1974). Hal ini menunjukkan bahwa dalam keadaan yang telah teroksidasi, sisa limbah zat warna Indigosol akan memberikan nilai COD yang relatif lebih kecil ketika bereaksi dengan Oksigen dari $Cr_2O_7^{2-}$. bila

dibandingkan dengan nilai COD dari zat warna Naphtol.

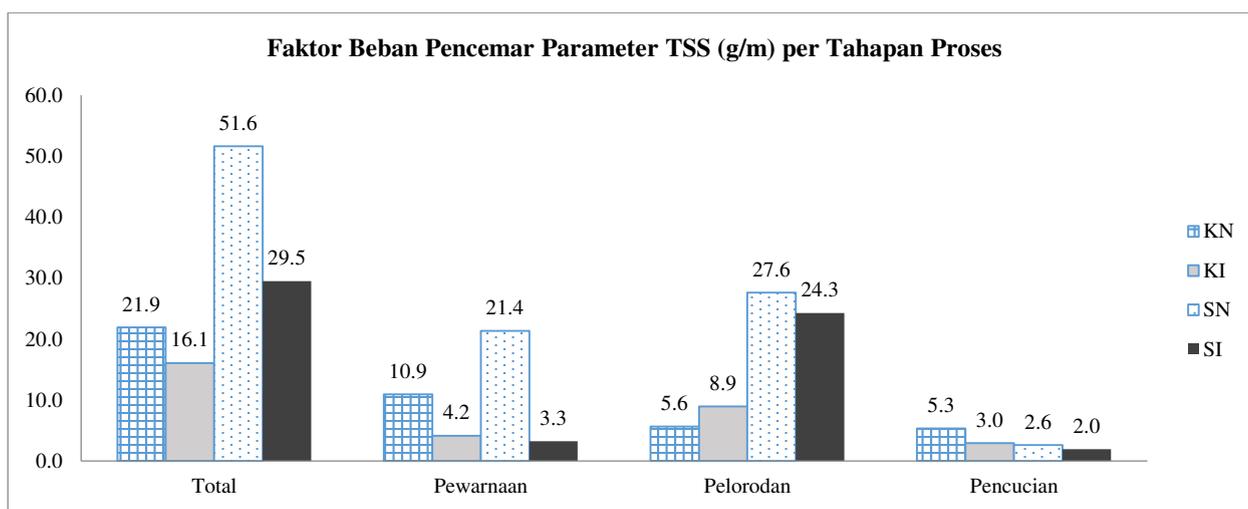
c. TSS (Padatan Tersuspensi Total)

TSS merupakan kombinasi jumlah mg padatan baik yang dapat diendapkan maupun yang tidak dapat diendapkan dalam tiap liter air limbah. Hasil analisis faktor beban pencemar limbah cair IKM batik parameter TSS untuk tiap tahapan proses dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil analisis anova dua arah dengan selang kepercayaan 90% terhadap hasil perhitungan beban pencemar limbah cair untuk parameter TSS didapatkan kesimpulan bahwa hanya variabel kain yang memberikan pengaruh terhadap nilai faktor

beban pencemar yaitu dengan P-value sebesar 0,089. Dengan demikian faktor beban pencemar yang digunakan menggunakan rata-rata dari variabel kain yaitu 19,0 g/m untuk katun dan 40,5 g/m dari kain sutra. Bila dilihat dari grafik pada Gambar 3, dapat diambil kesimpulan bahwa penyumbang nilai TSS terbesar pada kain sutra terdapat pada proses pelorodan.

Menggunakan argumen yang sama dengan parameter BOD₅, dapat diambil kesimpulan bahwa tingginya nilai TSS untuk kain sutra pada proses pelorodan berasal dari penambahan Na₂CO₃ yang berfungsi untuk mempercepat proses pelepasan lilin dari kain sutra.



Gambar 3. Grafik faktor beban encemar parameter TSS (g/m) per tahapan proses, (KN) Katun Naphtol, (KI) Katun Indigosol, (SN) Sutra Naphtol, (SI) Sutra Indigosol

3.2. Analisis Estimasi Total Beban Pencemar

Estimasi total beban pencemar sektor IKM batik di klaster Trusmi dihitung berdasarkan hasil perkalian antara kapasitas produksi dengan faktor beban pencemar. Faktor beban pencemar limbah cair IKM batik ditentukan dari rata-rata dan standar deviasi variabel yang memberikan pengaruh seperti dapat dilihat pada Tabel 4.

Besarnya nilai standar deviasi pada faktor beban pencemar disebabkan oleh minimnya jumlah pengulangan pada perlakuan yang terbatas sebanyak tiga kali. Kebiasaan pengerajin yang berbeda-beda dalam melakukan teknik pewarnaan membuat kisaran konsentrasi limbah cair menjadi tinggi. Untuk mendapatkan jumlah pengulangan yang lebih banyak, dibutuhkan tambahan personil pada tim pengambil sampel, sehingga sampel limbah cair dapat diambil pada hari yang sama. Dengan memperbanyak jumlah IKM maka diharapkan rentang nilai standar deviasi diharapkan akan menjadi lebih kecil. Hal ini akan berdampak pada peningkatan efektifitas perencanaan pengambilan kebijakan terkait dengan disain pengolahan air limbah

yang lebih efisien.

Berdasarkan data yang didapatkan dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Cirebon, pada tahun 2013 seluruh IKM yang berada di Desa Trusmi Wetan, Trusmi Kulon, Kali Tengah dan Wotgali berjumlah 302 IKM dengan total kapasitas produksi sebesar 454.625 meter per tahun. Menurut Hendratno¹ (2014) melalui komunikasi pribadi perbandingan penggunaan kain katun dan sutra untuk batik di Kabupaten Cirebon adalah 8 : 2. rasio penggunaan zat warna jenis Naphtol dan Indigosol sebesar 2 : 1 (CBI 2011). Berdasarkan analisis faktor beban pencemar maka total beban pencemar untuk tiap parameter dapat dilihat pada Tabel 5.

Dengan membagi nilai total beban pencemar limbah cair IKM batik hasil estimasi dengan total IKM yang ada di klaster Trusmi yang berjumlah 302 unit, maka kisaran beban pencemar yang dikeluarkan oleh tiap IKM batik dapat dilihat pada Tabel 6. Dari data tersebut dapat membantu Pemerintah Daerah dalam membuat perencanaan terkait dengan berapa

¹Kepala Subbidang industri Disperindag. Kab Cirebon

biaya yang dibutuhkan untuk mengelola limbah cair yang dikeluarkan oleh tiap IKM berdasarkan kapasitas produksinya. Selain itu dampak pencemaran yang

diterima oleh pengerajin dan masyarakat sekitar dapat diperkirakan.

Tabel 4. Faktor beban pencemar limbah cair IKM batik untuk parameter BOD₅, COD, dan TSS

VARIABEL	Kain				Warna			
	Katun		Sutra		Naphtol		Indigosol	
PARAMETER	Rata-rata	SD	Rata-rata	SD	Rata-rata	SD	Rata-rata	SD
BOD ₅ (g/m)	41.6	37.5	84.0	35.1	-	-	-	-
COD (g/m)	-	-	-	-	739	436	295	164
TSS (g/m)	19.0	9.29	40.6	25.8	-	-	-	-

Keterangan: Nilai dihitung menggunakan ANOVA dua arah menggunakan software minitab ver 15, SD adalah standar deviasi dari nilai beban masing masing variabel yang dihitung menggunakan software ms. excel 2010

Tabel 5. Estimasi total beban pencemar limbah cair IKM batik Trusmi

Parameter	Estimasi Total Beban Pencemar Limbah Cair (Ton / Tahun)
BOD ₅	5,9 – 39,5
COD	112 – 426
TSS	4,88 – 16,3

Tabel 6. Kisaran beban pencemar yang dikeluarkan Tiap IKM Batik per tahun

Parameter	Beban Pencemar Limbah Cair (Kg / Tahun)
BOD ₅	19,7 – 131
COD	371- 1412
TSS	16,1 – 15,0

Terkait dengan aspek toksikologi, beberapa penelitian menyatakan bahwa terkait limbah cair dari IKM batik memiliki dampak negatif terhadap kesehatan. Menurut Indriyani (2004) zat warna Naphtol bersifat toksik dan dapat mengakibatkan penyakit kanker kulit.. Selain itu kedutaan Besar RI untuk Belanda bagian Perdagangan telah memberikan surat peringatan kepada Dirjen Perdagangan Internasional Kementerian Perdagangan RI pada tahun 1996 terkait dengan peringatan pelarangan penggunaan sebagian zat warna Naphtol dan garam Diazonium yang telah diberlakukan di Negara Jerman karena dampaknya terhadap kesehatan. Menurut Timotius (2002) dalam Indriyani (2004) zat warna Naphtol yang termasuk dalam golongan azo merupakan senyawa xenobiotik yang sulit terdegradasi, dan apabila terdegradasi sering menghasilkan senyawa lain yang lebih beracun daripada senyawa induknya.

Terkait dengan zat warna indigosol, reaksi oksidasi pada proses pembangkitan warna menggunakan NaNO₂ dan HCl dapat menimbulkan gas yang dapat menyebabkan iritasi baik pada mata dan pernafasan. Berdasarkan pengamatan penulis, hampir seluruh pengerajin di Klaster trusmi yang menangani proses pewarnaan tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) baik berupa masker maupun sarung tangan.

Selain itu juga ditemui beberapa pengerajin batik di klaster Trusmi yang sering memiliki gangguan kesehatan terkait iritasi kulit dan infeksi saluran pernafasan atas (ISPA) setelah melakukan proses pematikan.

Untuk meminimalisir besarnya beban pencemaran limbah cair serta dampaknya terhadap kesehatan, pembuat kebijakan diharapkan dapat mengembangkan langkah minimisasi serta pengolahan limbah cair untuk setiap IKM di klaster Trusmi. Upaya produksi bersih (PB) terkait dengan pengendalian non produk output disetiap tahapan produksi dapat dilakukan melalui pelatihan dan pendampingan teknis untuk setiap IKM. Dengan mengusung konsep bersih, efisien, dan sehat, PB diharapkan dapat mengurangi beban pencemaran sekaligus meminimisasi dampak negatif terhadap kesehatan pekerja dan masyarakat.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

- Dari hasil rancangan percobaan terhadap kualitas dan kuantitas limbah cair IKM batik menggunakan anovadua arah maka dapat disimpulkan bahwa:
 - Variabel yang mempengaruhi besarnya nilai faktor beban pencemaran limbah cair IKM batik klaster Trusmi untuk parameter BOD₅ dan TSS adalah variable kain, dan untuk parameter COD adalah variabel zat warna.
 - Nilai faktor beban pencemar untuk parameter BOD₅ adalah $41,6 \pm 37,5$ g/m untuk kain katun dan $84,0 \pm 35,1$ g/m untuk kain sutra; nilai faktor beban pencemar untuk parameter TSS adalah $19,0 \pm 9,29$ g/m untuk katun dan $40,5 \pm 25,8$ g/m untuk kain sutra; dan faktor beban pencemar untuk parameter COD adalah sebesar 739 ± 436 g/m untuk zat warna Naphtol dan 295 ± 164 g/m untuk zat warna Indigosol.
- Berdasarkan kapasitas produksi IKM, total beban pencemar limbah cair di klaster Trusmi terhitung sebesar 5,9-39,5 ton/tahun untuk BOD₅, 112-426

ton/tahun untuk COD, dan 4,88-16,3 ton/tahun untuk TSS.

4.2. Saran

1. Memperkecil rentang nilai faktor beban pencemar limbah cair IKM batik untuk ketiga parameter (BOD₅, COD, TSS) dengan memperbanyak jumlah sampel pengulangan dalam rancangan percobaan, sehingga dapat meningkatkan efektifitas perencanaan pengendalian pencemaran.
2. Ekstrapolasi terhadap total nilai beban pencemar untuk daerah lain dapat dilakukan setelah dilakukan validasi terhadap nilai beban limbah cair di daerah tersebut.
3. Upaya minimisasi beban pencemar dapat dimulai dari tiap individu IKM dengan fokus pada optimasi proses produksi (produksi bersih) maupun pengolahan air limbah sederhana.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang telah membiayai penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Cirebon serta IKM batik sentra Trusmi yang membantu dalam kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Babu, B. R., A. K. Parande, S. Raghu, T. P. Kumar, 2007. Textile technology - an overview of wastes produced during cotton textile processing and effluent treatment methods. *Journal of Cotton Sciences* 11, pp. 110.
- [2] Chakraborty, J. N., 2014. *Fundamental and Practices in Coloration of Textiles*. Second Edition. Woodhead Publishing India in Textiles Pvt Ltd., New Delhi.
- [3] [CBI] Clean Batik Initiative, 2011. *Second Year Achievement Report*. Ekonid. CBI, Jakarta.
- [4] Correia, V. M., T. Stephenson, S. J. Judd, 1994. Characterization of textile wastewaters – a review. *Journal of Environmental Technology*, 15 (10), pp. 917-929.
- [5] Cristy, R. M., 2001. *Colour Chemistry*. Royal Society of Chemistry Paperbacks. Heriot Watt University, Scottish Borders Campus, Balasheets.
- [6] Dinas Lingkungan Hidup Kab. Cirebon, 2007. *Pengkajian Dampak Lingkungan Sentra Industri Batik Tradisional*. Pemda Kab. Cirebon, Cirebon.
- [7] Effendi, A. H., 2007. Natrium silikat sebagai bahan penghambat api aman lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 8 (3), pp. 245-252.
- [8] Hanafiah, K. A., 2005. *Rancangan Percobaan Teori & Aplikasi*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- [9] Indriyani, L., 2004. *Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik di Daerah Istimewa Yogyakarta*. Tesis. Institut Pertanian Bogor., Bogor.
- [10] Jusri, I. M., 2012. *Batik Indonesia Sokoguru Budaya Bangsa*. Kementerian Perindustrian, Jakarta.
- [11] Kung, C. L., J. T. Yu, 2000. Study on estimating unid loads of pollutants from industrial wastewater discharges. *Journal of the Chinese Institute of Environmental Engineering* 10 (3), pp. 241-248.
- [12] Parreira, L., M. Alves, 2012. *Dyes – Environmental Impact and Remediation*. University of Minho. pp.112-154.
- [13] Rathore, J., 2012. Studies on pollution load induced by dyeing and printing units in River Bandi at Pali, Rajasthan, India, *International Journal of Environmental Sciences* 3 (1), pp. 735-742.
- [14] Ritayanti, P., 2011. Hubungan kemampuan kognitif, nilai budaya, gaya hidup dengan empati lingkungan pada masyarakat wilayah sungai pembuangan limbah batik, survey pada masyarakat Kota Batik Surakarta. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan* 12.
- [15] Sari, D. A., S. Hartini, D. I. Rinawati, T. S. Wicaksono, 2012. Pengukuran tingkat eko-efisiensi menggunakan life cycle assessment untuk menciptakan sustainable production di industri kecil menengah batik. *Jurnal Teknik Industri* 14 (2), pp.137-144.
- [16] Suhubawa, L., 2008. Analisis dan prediksi beban pencemaran limbah cair industri kayu lapis PT. Jati Dharma Indah serta dampaknya terhadap kualitas perairan laut. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 15(2), pp. 70-78.
- [17] Susanto, S., 1974. *Seni Kerajinan Batik Indonesia*. Balai Penelitian Batik dan Kerajinan. Departemen Perindustrian, Yogyakarta.
- [18] [UGM] Universitas Gajah Mada, 2013. *Laporan Kajian Beban Pencemaran Industri Batik*. Lembaga Kerjasama Fakultas Teknik UGM. UGM, Yogyakarta.