

KARAKTERISASI DAN KOMPARASI PARAMETER PENCEMAR LIMBAH CAIR BATIK ZAT WARNA ALAM DAN ZAT WARNA SINTETIS GOLONGAN BEJANA

CHARACTERIZATION AND COMPARATION OF BATIK LIQUID WASTE PARAMETERS IN NATURAL DYES AND SYNTHETIC DYES OF VAT DYES

Maghfiroh, Sri Puji Astuti, dan Mutadin Kurdi

Program Studi Teknologi Batik, Fakultas Teknik, Universitas Pekalongan,

Jalan Sriwijaya No. 3 Pekalongan, 51119, Indonesia

E-mail: maghfiroh.chemistry@gmail.com

ABSTRAK

Keberadaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di industri batik warna alam tidak menjadi prioritas karena sementara ini, zat warna alam batik diklaim sebagai jenis zat warna ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi dan studi komparasi terhadap limbah cair batik zat warna sintetis (indantren navy blue) dan warna alam (indigo) golongan bejana. Parameter pencemar yang akan diteliti meliputi konsentrasi warna, nilai COD, TDS, dan pH. Analisis konsentrasi warna dianalisis dengan metode sesuai SNI 06-6989.80-2011, nilai COD dengan SNI 06-6989.2-2009, TDS dengan konduktiviti meter dan pH dengan SNI 06-6989.11-2004. Karakterisasi gugus fungsional dari kedua jenis zat warna dilakukan dengan FT-IR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur molekul dari kedua zat warna memiliki kemiripan, yang dibuktikan dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang pada daerah yang sama. Nilai konsentrasi warna, COD, TDS dan pH air sisa celupan dari zat warna indigo masing-masing adalah 8047,5 mg/L, 6697,5 mg/L, 22100 mg/L, dan 12,163, sedangkan untuk zat warna indantren navy blue masing-masing adalah 6697,5 mg/L, 157104 mg/L, 11700 mg/L, dan 12,567. Nilai dari semua parameter yang diuji dari kedua zat warna tersebut melebihi baku mutu air limbah industri tekstil menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tanggal 14 Desember 2001 Tentang Pengolahan Kualitas air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Kata kunci : batik, zat warna alam, zat warna golongan bejana, zat warna sintetis.

ABSTRACT

The existance of IPAL in the natural dyes batik industry is not a priority, because natural dyes are claimed to be environtmentally friendly. This study aims to characteriz and study comparative level for batik liquid waste of synthetic dyes and natural dyes of the vat dyes. Polutan parameters to be studied include color concentration, COD, TDS, and pH values. Color concentration is analyzed by SNI 06-6989.80-2011 methode, COD values with SNI 06-6989.2-2009 methode, TDS values with conductivitymeters, and pH values with SNI 06-6989.11-2004 methode. Characterization of functional group of two types of dyes carried out with FT-IR. The result showed that the molecular structure of the two dyes had similarities, as evidenced by the appearance of absorption in wave numbers in the same area. The color concentration, COD, TDS, and pH of the batik liquid waste of indigo dyes was respectively 8047.5 mg/L, 6697.5 mg/L, 22100 mg/L, and 12.163, while indantren

navy blue dyes was 6697.5 mg/L, 157104 mg/L, 11700 mg/L, and 12.567. The value of all tested parameters of two types dye exceeded the quality standards of textile industry liquid waste according to Central Java Provincial Regulation Number 5 of 2012 concerning Wastewater Quality Standards and Government Regulation Number 82 of 2001 14th December 2001 concerning Water Quality Management and Water Pollution Control.

Keywords : batik, natural dyes, vat dyes, synthetic dyes.

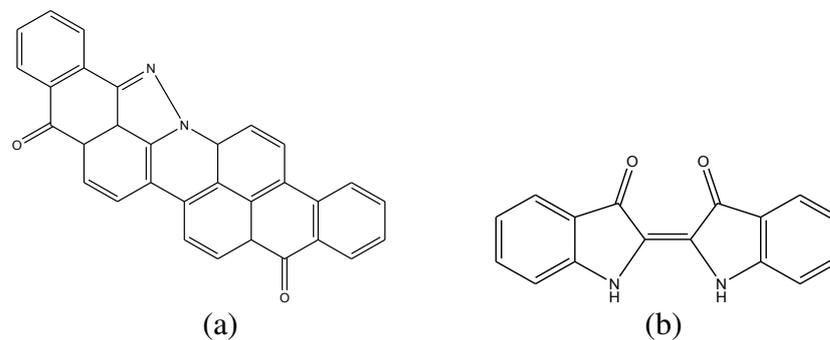
1. PENDAHULUAN

Sejak awal diciptakannya batik telah banyak mengalami perubahan. Batik saat ini berlomba-lomba untuk lebih *fashionable*. Nilai-nilai artistik dan estetik diutamakan, sedangkan nilai-nilai religi, klenik, mulai ditinggalkan. Misalnya saja, motif-motif yang sakral digunakan pada sofa. Hal itu menandakan kini fungsi batik sudah bergeser dari fungsi sebelumnya. Meskipun demikian, melalui modernisasi batik, batik kini memiliki kekuatan ekonomi yang besar. Perekonomian masyarakat di daerah-daerah sentra produksi batik naik secara signifikan. Industri batik mendorong perekonomian nasional. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian, selama tahun 2010, konsumen batik telah mencapai angka 72,86 juta jiwa di seluruh Indonesia. Tentu saja belum termasuk konsumen luar negeri. Dari jumlah itu, diketahui bahwa minat masyarakat terhadap batik semakin meningkat. Peningkatan itu terjadi setelah UNESCO menetapkan batik sebagai Warisan Kemanusiaan untuk Budaya Lisan dan Nonbendawi (*Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity*) sejak 2 Oktober 2009.

Meningkatnya minat masyarakat dengan batik mendorong produsen batik untuk berlomba-lomba melakukan inovasi dan kreasi dalam bidang batik. Salah satu upaya yang banyak dipilih oleh produsen batik adalah mengikuti tren mode dunia saat ini yang cenderung mengarah kepada *back to nature* atau kembali ke alam. Tren tersebut diikuti oleh para perajin batik dengan memproduksi batik warna alam karena warna alam dinilai lebih ramah lingkungan. Tindakan ini dilakukan menyusul maraknya isu-isu lingkungan terkait dengan pencemaran industri batik warna sintetis di beberapa daerah. Isu lingkungan mengenai pencemaran sungai akibat limbah cair dari proses produksi batik banyak dimuat di media massa baik lokal maupun nasional. Surat kabar Radar Pekalongan pada tanggal 7 April 2016 menyebutkan bahwa, dari lima sungai yang mengalir di Kota Pekalongan yaitu Sungai Loji, Sungai Meduri, Sungai Banger, Sungai Asem Binatur, dan Sungai Bremi, seluruhnya berwarna hitam pekat dan berbau menyengat akibat tercemar industri batik. Menurut data yang diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Pekalongan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sungai Loji tercatat sebesar 230 mg/L di bagian hulu dan 157 mg/L di bagian hilir. Menurut lampiran Peraturan Menteri Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, standar baku mutu untuk air limbah yang masuk ke dalam kelas 3 harus memiliki maksimal kandungan COD 50mg/L.

Warna alam untuk batik dapat diperoleh dari beberapa tanaman, seperti daun pohon nila (Mualimin, 2013), kulit pohon soga tingi, kayu tegeran, kunyit, teh, akar mengkudu, kulit soga jambal, kusumba, indigofera, daun jambu biji, ketapang (Susanto, 1980), mangrove (Nakpathom dkk., 2011), dan daun tembakau (Dyaninoor, 2012). Dari berbagai sumber pewarna alam yang digunakan, zat warna indigo merupakan zat warna alam yang paling banyak diminati masyarakat, karena warnanya yang cemerlang meskipun pada corak yang gelap (Syauqi, 2005). Zat warna golongan

bejana seperti zat warna indigo memberikan warna biru pada tekstil seperti pakaian yang terbuat dari kain katun dan jeans.



Gambar 1.1. Struktur molekul zat warna (a) indantren navy blue R dan (b) indigo (Isminingsih dan Djufri, 1978)

Zat warna golongan bejana dapat berupa zat warna sintetis dan zat warna alam. Zat warna alam yang termasuk ke dalam zat warna golongan bejana adalah zat warna indigo, sedang zat warna sintetis yang termasuk ke dalam zat warna bejana meliputi zat warna indantren, cibanon, benzantron, indigosol dan lain sebagainya (Isminingsih, 1978).

Berdasarkan struktur molekul pada Gambar 1.1, zat warna sintetis dan zat warna alam dari golongan zat warna bejana memiliki gugus fungsional yang sama, yaitu adanya gugus aromatik, karbonil, etilen, dan amida, artinya baik zat warna indigo (zat warna alam) maupun indantren navy blue R (zat warna sintetis) memiliki peluang yang sama dalam menyebabkan pencemaran ekosistem perairan. Asumsi ini diperkuat oleh Kasmudjo dan Saktianggi (2011) yang melaporkan bahwa kadar total fenol pada zat warna alam daun indigofera adalah 21,35%. Pada konsentrasi yang sangat rendahpun, fenol dapat bersifat toksik pada kehidupan biologi tingkat rendah/ mikrobial (Rintayati, 2011). Berdasarkan bukti tersebut, keamanan zat warna alam bagi lingkungan masih belum dapat dibuktikan. Walaupun zat warna alam berasal dari tanaman, tetapi penelitian terkait tingkat keamanan limbah cair batik yang berasal dari zat warna alam golongan bejana belum mendapat perhatian riset yang cukup. Oleh karena itu, penulis bermaksud untuk melakukan karakterisasi dan membandingkan beberapa parameter kualitas limbah cair batik yang berupa parameter fisika dan kimia yang disebabkan oleh zat warna sintetis dan zat warna alam dari zat warna golongan bejana.

2. METODE PENELITIAN

Objek dalam penelitian ini adalah limbah cair batik yang dihasilkan dari industri batik di Desa Sijambe Kecamatan Wonokerto Kabupaten Pekalongan dan Kelurahan Noyontaan Kecamatan Pekalongan Timur Kota Pekalongan, diambil sore hari sekitar jam 15.00 WIB.

2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg, kuvet (2,5 cm), buret 50 mL, gelas piala, erlenmeyer 500 ml, pipet volume 5 mL dan 10 mL, gelas ukur 25 mL, pipet tetes, labu ukur 100 mL, COD reaktor, *magnetic stirrer*, spektrofotometer UV-Vis, kaca arloji, pompa vakum desikator berisi silika gel, oven.

2.2 Bahan

Limbah cair industri batik di Desa Sijambe Kecamatan Wonokerto Kabupaten Pekalongan, air bebas mineral, larutan standar kalium bikromat $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N (Mr = 294,216 g/mol; merek = E. Merck), Ag_2SO_4 (Mr = 311,79 g/mol; merek = E. Merck), asam sulfat p.a. (H_2SO_4), indikator feroin, larutan standar FAS ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$) 0,1 N (Mr = 390,00 g/mol; merek = E. Merck), larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat (KHP), Merkuri sulfat ($HgSO_4$) bubuk atau kristal, dan kertas saring.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1. Analisis konsentrasi zat warna

Larutan induk dibuat dengan melarutkan masing-masing 100 g indantren navy blue R (zat warna sintetis) dan serbuk indigo (zat warna alami) ke dalam 1 L air bebas mineral. Deret larutan kerja dibuat dengan mengencerkan larutan induk dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 kadar yang berbeda secara proporsional yang berada pada rentang pengukuran. Analisa warna larutan kerja dan contoh uji ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang maksimum. Pengukuran konsentrasi warna ditentukan melalui Hukum Lambert-Beer.

2.3.2. Analisis COD

Uji COD dilakukan sesuai dengan metode SNI 6989.2:2009 yaitu: 1) proses *digestion* dilakukan dengan memipet volume contoh uji atau larutan kerja, tambahkan *digestion solution* dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat yang memadai ke dalam tabung atau ampul. Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen. Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu $150^\circ C$, lakukan refluks selama 2 jam; 2) membuat kurva kalibrasi; 3) pengukuran contoh uji, dengan cara contoh uji yang sudah direfluks didinginkan sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih. Ukur serapan contoh uji pada panjang gelombang yang telah ditentukan (600nm). Hitung kadar COD berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasi. Lakukan analisis duplo. Kadar COD dihitung dengan persamaan (2)

$$\text{Kadar COD (mg O}_2\text{/L)} = C \times f \quad (2)$$

Dimana C adalah nilai COD contoh uji (mg/L) dan f adalah faktor pengenceran.

2.3.3. Analisis TDS

Penetapan *Total Dissolved Solid* (TDS) pada penelitian ini dilakukan berdasarkan Metode Konversi dengan menggunakan alat yang bernama TDS meter yaitu suatu alat yang digunakan untuk mengukur kapasitas ion total dari larutan sampel yang konsentrasinya dinyatakan dalam mg/L dari ion-ionnya. Sampel yang akan diukur dimasukkan ke dalam piala gelas lalu dimasukkan elektroda yang telah dibilas dengan aquades dan dikeringkan dengan tissu. Angka yang muncul di dalam alat TDS meter kemudian dicatat.

2.3.4. Analisis pH

Pengukuran pH dilakukan dengan mencelupkan elektroda pH ke dalam sampel limbah, sebelum digunakan pH meter terlebih dahulu dikalibrasi dengan menggunakan buffer 4, buffer 7 dan buffer 10.

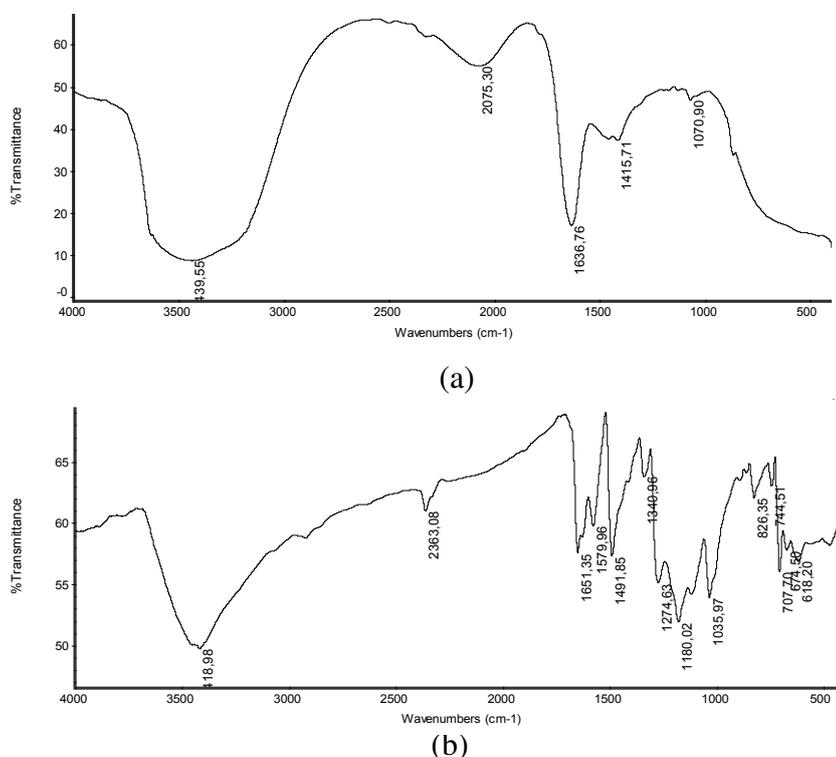
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis parameter pencemar dari sampel limbah cair yang didapatkan dari produsen batik di Kabupaten dan Kota Pekalongan yang memproduksi batik dengan menggunakan zat warna indigo dan indantren navy blue R. Secara umum, proses pembatikan yang dilakukan oleh perajin batik terdiri dari 5 tahapan, yaitu proses persiapan, pelekatan malam, pewarnaan, pelepasan malam, dan penyempurnaan. Limbah cair yang paling banyak berkontribusi terhadap pencemaran perairan secara umum adalah limbah dari proses pewarnaan. Proses pewarnaan terbagi atas tahapan pencelupan dan pembilasan. Air yang digunakan pada kedua tahap pewarnaan ini yang biasanya langsung dibuang ke perairan secara umum sebelum mengalami pengolahan.

Hasil nilai dari masing-masing parameter pencemar limbah cair batik yang diperoleh pada penelitian ini untuk selanjutnya dibandingkan dengan peraturan pemerintah yang berlaku, yaitu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tanggal 14 Desember 2001 Tentang Pengolahan Kualitas air dan Pengendalian Pencemaran Air.

3.1 Karakterisasi gugus fungsional zat warna

Zat warna alami indigo dan indantren navy blue R sama-sama menghasilkan warna biru muda pada kain pada satu kali pencelupan. Hal ini dapat diasumsikan bahwa kromofor yang dimiliki oleh kedua zat warna tersebut adalah sama atau serupa. Kromofor merupakan sekelompok zat warna yang mengemban warna karena menyerap pada daerah panjang gelombang cahaya tampak (Isminingsih, 1978). Analisis gugus fungsi dilakukan dengan uji FT-IR terhadap masing-masing zat warna (Gambar 3.1.).



Gambar 3.1. Spektra infra merah zat warna (a) indigo dan (b) indantren navy blue R

Zat warna indigo mempunyai serapan pada daerah $3439,55 \text{ nm}^{-1}$ yang menandakan bengkokan N-H dari gugus amina sekunder, serapan daerah $2075,30 \text{ nm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C-N, serapan $1636,76 \text{ nm}^{-1}$ mewakili regangan C=O untuk gugus keton, dan serapan $1415,71 \text{ nm}^{-1}$ yang menandakan regangan C-C=C untuk gugus aromatik. Tidak berbeda jauh dengan gugus zat warna indigo, zat warna indantren navy blue R memberikan serapan pada daerah $3418,98 \text{ nm}^{-1}$ yang menandakan bengkokan N-H dari gugus amina sekunder, serapan $2363,08 \text{ nm}^{-1}$ menandakan regangan gugus C=N, serapan $1651,35 \text{ nm}^{-1}$ untuk regangan C=O pada keton, dan serapan $1579,96 \text{ nm}^{-1}$ yang diperkuat dengan serapan $1491,85 \text{ nm}^{-1}$ menandakan regangan C-C=C untuk gugus aromatik.

3.2 Parameter konsentrasi zat warna

Analisis konsentrasi warna dari zat warna indigo dan indantren navy blue R dilakukan dengan metode spektrofotometri. Terlebih dahulu harus diketahui panjang gelombang maksimum dari kedua jenis zat warna. Panjang gelombang maksimum sampel air limbah industri batik ditentukan dengan mengukur besar absorbansi larutan pada panjang gelombang dari 200 hingga 800 nm. Perlakuan dilakukan dengan cara *scanning* panjang gelombang menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 390. Data panjang gelombang dengan absorbansi tertinggi pada daerah tampak menunjukkan panjang gelombang maksimum. Hasil dari *scanning* panjang gelombang, didapatkan bahwa keduanya memberikan serapan panjang gelombang maksimum pada 583 nm^{-1} yang menandakan kedua zat warna tersebut berwarna biru.

Analisis konsentrasi zat warna dilakukan pada larutan celup sebelum proses pencelupan, setelah proses pencelupan dan pada air bilasan. Berdasarkan pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis, didapatkan hasil seperti yang terlihat pada Tabel 3.1. Konsentrasi warna dari limbah cair batik menggunakan zat warna indigo (alam) dan indantren navy blue R (sintetis).

Tabel 3.1. Nilai parameter konsentrasi warna, COD, TDS, dan pH dari zat warna alam (indigo) dan zat warna sintetis (indantren blue navy)

No.	Parameter	Sampel air limbah	Zat warna alam	Zat warna sintetis	Baku mutu
1.	Konsentrasi warna	Air sisa celupan	8047.5 mg/L	6697.5mg/L	Tidak berwarna
		Air bilasan	6172.5 mg/L	1447.5 mg/L	
2.	COD	Air sisa celupan	163981 mg/L	157104 mg/L	150 mg/L
		Air bilasan	2628 mg/L	7459 mg/L	
3.	TDS	Air sisa celupan	22100 mg/L	11700 mg/L	1000 mg/L
		Air bilasan	183 mg/L	885 mg/L	
4.	pH	Air sisa celupan	12,163	12,567	6,0 - 9,0
		Air bilasan	7,971	8,201	

Berdasarkan Tabel 3.1. dapat dilihat bahwa konsentrasi zat warna pada zat warna indigo lebih besar dari pada zat warna sintetis. Pada proses satu kali celupan dari kedua zat warna tersebut memberikan konsentrasi zat warna air bilasan yang berbeda. Afinitas zat warna indigo pada kain lebih kecil dari pada zat warna sintetis, sehingga setelah proses pencelupan, akan lebih banyak zat warna indigo yang luntur pada air bilasan jika dibandingkan dengan zat warna sintetis. Kecilnya afinitas zat warna alam mengakibatkan perlu dilakukan frekuensi pencelupan yang lebih banyak untuk menghasilkan intensitas warna yang sama pada kain jika dibandingkan dengan zat warna sintetis.

3.3 Parameter COD

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, di mana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk limbah cair industri tekstil dan batik kadar maksimum COD dalam perairan umum sebesar 150 mg/L. Semua sampel yang diuji pada penelitian ini melebihi nilai ambang baku mutu air maka berarti ada indikasi pencemaran bahan organik di perairan tersebut. Hal ini disebabkan karena pada limbah cair industri batik dan tekstil mengandung banyak senyawa organik yang merupakan senyawa zat warna.

3.4 Parameter TDS

Total Dissolved Solid (TDS) atau padatan terlarut total adalah bahan-bahan terlarut dan koloid yang berupa senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 μm . Zat padat terlarut adalah zat padat yang lolos filter pada analisis zat padat terlarut dapat merupakan kelanjutan analisis zat padat tersuspensi. Pengukuran TDS ini menggunakan alat TDS meter, TDS meter ini akan menunjukkan jumlah TDS dalam *part per million* (ppm) atau sama dengan milligram per liter (mg/L). Sampel yang akan diukur harus dikocok terlebih dahulu, sehingga zat-zat yang terkandung didalamnya tersebar merata dan homogen. Sampel di ukur dengan TDS meter dan menghasilkan jumlah zat padat terlarut yang tinggi dapat dilihat pada Tabel 3.1 dengan demikian dapat diketahui bahwa jumlah zat padatan terlarut dalam limbah cair proses pewarnaan batik menggunakan zat warna indigo dan indantren navy blue R tersebut relatif besar. Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tanggal 14 Desember 2001 Tentang Pengolahan Kualitas air dan Pengendalian Pencemaran Air yang hanya memperbolehkan kandungan TDS sebesar 1000 mg/L di dalam air limbah sungai. Penurunan nilai TDS ini dapat dilakukan dengan mengolah limbah cair sisa proses pewarnaan sebelum dibuang, sedangkan air bilasan pada proses pewarnaan dapat langsung dibuang ke perairan permukaan.

3.5 Parameter pH

Penggunaan zat warna indigo dan indantren navy blue R akan mengubah pH air. Zat Warna indigo dan indantren navy blue membuat air menjadi basa. Hal ini dikarenakan pada proses pembuatan pasta indigo memerlukan kapur (CaCO_3) yang merupakan suatu senyawa garam yang bersifat basa. Diperlukan 30 – 40 gram kapur untuk 1 kilogram daun indigo pada pembuatan pasta indigo, sehingga limbah cair industri batik zat warna indigo akan bersifat basa. Berbeda dengan zat warna indigo, proses pewarnaan indantren navy blue R menggunakan zat bantu NaOH. Sisa air celupan dari kedua jenis zat warna tersebut memberikan perubahan pH yang sangat besar dari semula pH air bersih adalah 7. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk industri tekstil dan batik rentang pH yang masih diperbolehkan adalah 6,0 sampai 9,0. Berdasarkan peraturan tersebut, maka diperlukan pengolahan larutan celup sisa proses pewarnaan zat warna indigo dan indantren navy blue R sebelum dibuang ke perairan permukaan. Berbeda dengan larutan sisa pencelupan, air bilasan dari proses pewarnaan memberikan pH yang masih berada dalam rentang pH yang diperbolehkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai konsentrasi warna, COD, TDS dan pH air sisa celupan dari zat warna indigo masing-masing adalah 8047,5 mg/L, 6697,5 mg/L, 22100 mg/L, dan 12,163, sedangkan untuk zat warna indantren navy blue masing-masing adalah 6697,5 mg/L, 157104 mg/L, 11700 mg/L, dan 12,567.
2. Nilai konsentrasi warna, COD, TDS dan pH air sisa celupan dari zat warna indigo relatif lebih besar dari pada zat warna indantren navy blue. Nilai dari semua parameter yang diuji dari kedua zat warna tersebut melebihi baku mutu air limbah industri tekstil menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tanggal 14 Desember 2001 Tentang Pengolahan Kualitas air dan Pengendalian Pencemaran Air.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan bantuan dana untuk pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Dyaninoor, D. (2012). *Pewarna Alam pada Batik dari Bahan Daun Tembakau di Perusahaan Pesona Tembakau Temanggung Jawa Tengah*. Skripsi Program Studi Pendidikan Seni Kerajinan, Jurusan Pendidikan Seni Rupa Fakultas Bahasa dan Seni Universitas Negeri Yogyakarta.
- Isminingsih. (1978). *Pengantar Kimia Zat Warna*. Bandung: Institut Teknologi Tekstil.
- Kasmudjo dan Saktianggi, P.P. (2011). Pemanfaatan Daun Indigofera sebagai Pewarna Alami Batik, *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) XIV*, hal. 542-548, Universitas Gadjah Mada.
- Mualimin, A. A. (2013). *Pewarna Alami Batik dari Tanaman Nila (Indigofera) dengan Metode Pengasaman*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Nakpathom, M., Somboon, B., dan Narumol, N. (2011). Pigment printing of natural dye from red mangrove bark on silk fabrics, *Materials Science Forum*, 695, 279-282.
- Rintayati, P. (2011) Hubungan Kemampuan Kognitif, Nilai Budaya, Gaya Hidup dengan Empati Lingkungan pada Masyarakat Wilayah Sungai Pembuangan Limbah Batik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan*, 12(1).
- Susanto, S.K.S. (1980). *Seni Kerajinan Batik Indonesia*. Jakarta: Balai Penelitian dan Kerajinan, Lembaga Penelitian dan Pendidikan Industri Departemen Perindustrian.
- Syauqi, 2005. *Bikin Sendiri Kain Bermotif Khas Indonesia Batik Tulis*, Pikiran Rakyat, hal 4, 3 Mei 2005.