

EFISIENSI INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK CETAK DENGAN METODE FISIKA-KIMIA DAN BIOLOGI TERHADAP PENURUNAN PARAMETER PENCEMAR (BOD, COD, dan LOGAM BERAT KROM (Cr) (Studi Kasus di Desa Butulan Makam Haji Sukoharjo)

Muljadi

Program Studi Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Abstract : *Population growth and development dynamics is accompanied by development of public culture causes requirement of food, clothing and housing also increases. Industrial of printed batik besides yielding printed product which can fulfill requirement in clothing area, but also yields by product most off all in the form of liquid waste having physics characteristic (temperature, turbidity and colours), and chemistry characteristic (COD, BOD, chrome heavy metal (Cr) and exponent hydrogen (pH)) which if when is not managed carefully can generate contamination to environment, so that with the characteristic need to be done processing with method physical-chemistry and biology to reduce parameter in order not to destroy environment and endangers health before thrown to environment. Purpose of research is to determine level of physics liquid waste pollutant parameter (temperature, turbidity, colour), chemistry parameter (COD, BOD, chrome heavy metal (Cr) and exponent hydrogen (pH)). Installation efficiency of waste treatment of printed batik liquid and Freundlich constant for adsorption of zeolit in filtration unit. Research method applied is research of experimental that is by doing watcher, observation, and does attempt in installation unit of wastetreatment of industrial liquid of print batik in countryside Butulan Makam Haji Sub Province Sukoharjo. From research which has been done by result based on data analysis after processing with method physical-chemistry and biology, level physics parameter (temperature 26 °C, density 1.503 gr/ml, viscosity 0,010 cP. While average of chemistry parameter (COD mg/l, BOD mg/l, chrome heavy metal mg/l and hydrogen in exponent (pH)) in Fundamental laboratory Chemical Engineering UNS, and central laboratory UNS each as follow, with wash basin (181, 127, 02258 and 9.7), bar screen (95, 75, 0.2715, and 8,9), sedimentation basin I (75 . 63. 0.2715. and 7.6), flocculation basin (65. 53.6 . 0.2037. and 7.6) . sedimentation basin II (55 . 44. 0.2019. and 7.6) . filtration basin (42. 29. 0.088 and 7.4) and biology basin (29 . 19. 0.086 and 7.4). Level efficiency overall waste treatment of industrial liquid of print batik based on degradation of parameter COD, BOD and chrome heavy metal in the range of 80 – 84 %. Constanta Freundlich based on parameter COD ($k_F = 5.202 \times 10^{-5}$ analysis $n = 9,990$) . based BOD ($k_F = 3.432$ and $n = 2.323$) Based on inferential data analysis and solution that waste treatment of printed batik liquid with method physical-chemistry and biology to degradation COD, BOD and chrome heavy metal (Cr) inferential level of efficiency shifts 80-84 %*

Key word : *COD. BOD and chrome heavy metal, efficiency waste treatment process of industrial liquid of print batik*

PENDAHULUAN

Pembangunan pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan hidup rakyat, dilakukan melalui rencana jangka panjang yang bertumpu di bidang industri. Industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, bahan setengah jadi dan / atau barang jadi yang mempunyai nilai ekonomi rendah menjadi barang (*product*) dengan nilai ekonomi yang lebih tinggi dimana di dalamnya termasuk kegiatan rancang bangun (*design*) dan rekayasa (*engineering*)

Setiap berbicara industri pasti tidak lepas berpikir tentang suatu kegiatan bisnis untuk mencari keuntungan (*profit*). Pertambahan jumlah penduduk dan dinamika pembangunan serta perkembangan budaya yang semakin meningkat, akan mengakibatkan kebutuhan masyarakat baik di bidang pangan, sandang, papan dan sosial ekonomi juga meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan dalam bidang sandang, di Indonesia telah banyak berdiri industri tekstil dan batik.. Industri tekstil dan batik di Indonesia adalah industri yang

memproduksi bahan dan pakaian jadi (*garment*) yang merupakan penyumbang devisa nomor satu di sektor non migas dan nomor tiga setelah minyak dan gas bumi (Priyoatmaji dkk, 1999).

Industri batik di Indonesia, khususnya di Kota Surakarta maupun Kabupaten Sukoharjo. Salah satu penghasil batik di Solo adalah daerah Laweyan di Kalurahan Laweyan merupakan industri rumah tangga dengan rata-rata produksinya 400 m/hari/ perajin dan air limbah rata-rata sekitar 100 m³ /hari yang langsung dibuang ke sungai Premulung.

Mulai tahun 2006 Bidang Pembinaan Sarana Teknis dan Peningkatan Kapasitas, Bappedal Propinsi Jateng Pemkot Solo dan Forum Pengembangan Kampung Batik Laweyan telah membuat proyek percontohan (*pilot project*) yang memadukan produksi bersih (eko efisiensi) dengan pengolahan air limbah industri Batik yaitu dengan membuat Instalasi Pengoahan Limbah (IPAL) , (Solo Pos, Rabu 19 Maret 2008). Ekspor batik di Jawa Tengah tahun 2006 mencapai 24,4 juta dollar AS dan tahun 2007 naik 20 % menjadi 29,3 dollar AS, dimana 40 % berasal dari Solo dan sekitarnya dan motif-moif batik sejak 2 tahun lalu sudah di patenkan oleh Wali Kota Solo Ir. Joko Widodo (Solo Pos, 14-4-2008).

Untuk melindungi batik dan pengrajinnya, Pemerintah Kota Solo, mendaftarkan motif-motif batik untuk mendapatkan Hak Atas Kekayaan Intelektual (HAKI). Sebanyak 415 motif batik mendapatkan HAKI atas nama Pemkot Solo, dan tahun ini direncanakan 140 motif batik kembali akan didaftarkan untuk mendapat HAKI.. Industri pada umumnya dan khususnya industri batik cetak selain menghasilkan produk yang berguna dan bermanfaat bagi masyarakat, tetapi juga menghasilkan hasil samping yang berupa limbah baik padat, cair maupun gas. Ketiga jenis limbah ini dapat dikeluarkan sekaligus oleh suatu industri ataupun satu persatu sesuai dengan proses yang ada dalam industri maupun jenis industrinya (Sugiharto, 1987).

Pada proses industri batik cetak dari persiapan kain putih, pengkajian dan penghilangan kanji, pewarnaan (*deying*), pencetakan (*printing*), pencelupan, pengeringan, pencucian sampai penyempurnaan menghasilkan pencemar limbah cair dengan parameter BOD, COD dan bahan lain dari zat pewarna yang dipakai mengandung seperti zat organik, dan logam berat.

Menurut harian Joglo Semar (24 Nopember 2007), limbah batik perusahaan Laweyan

Surakarta, mencemari sungai dan air sumur warga sekitarnya, hal ini diungkapkan oleh Kasi Pemantauan Lingkungan Hidup Joko Susilo kepada Joglo Semar (23 – 11-2007). Joko Susilo menemukan warna merah pada air sumur milik warga Mujiono dan Sarsito, yang disebabkan karena buangan pabrik batik yang tidak dilengkapi dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Karakteristik limbah batik cetak adalah meliputi karakteristik fisika yaitu warna, bau, zat padat tersuspensi , temperatur, sedangkan karakteristik kimia yaitu bahan organik,anorganik, fenol, sulfur, pH, logam berat senyawa racun (nitrit), maupun gas.

Menurut Siregar (2005), limbah cair industri batik cetak tersebut diatas adalah karakteristik berwarna keruh, berbusa, pH tinggi, konsentrasi BOD tinggi, kandungan lemak alkali dan zat warna dimana didalamnya terdapat kandungan logam berat. Menurut Mahida (1984), senyawa logam berat yang bersifat toksis yang terdapat pada buangan industri batik cetak, diduga krom(Cr), Timbal (Pb), Nikel (Ni), tembaga (Cu), dan mangan (Mn). Menurut Prabang Setyono (2008) dan A.Tresna Sastrawijaya (1991) akan melibatkan beberapa asas ilmu lingkungan diantara

Asas I, adalah sesuai dengan hukum I termodinamika yang berbunyi bahwa semua energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan hanya dapat berubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. Asas II, adalah sesuai dengan hukum II termodinamika yang berbunyi didalam suatu ekosistem ternyata tidak ada sistem yang dapat mengubah energi yang betul betul efisien .

Asas III, menyangkut sumber alam meliputi materi, energi, ruang, waktu dan keanekaragaman

Asas VII . Asas yang menyangkut sifat keteraturan yang pasti dalam periode yang lama , dimana sifat ini adalah melibatkan entropi. Pemerintah sendiri telah menetapkan Undang-Undang RI No 23 Tahun 1997 Pasal 16 sampai Pasal 29 yang mengatur tentang usaha dan/atau kegiatan, yaitu bagaimana Tentang Usaha Pengelolaan Lingkungan Hidup (meliputi Pengelolaan Limbah B3, Perizinan, AMDAL dan AUDIT Lingkungan termasuk sanksi administrasi bagi pelanggaran aturan-aturan tersebut.).

Untuk mengatur pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, Menteri Lingkungan Hidup dengan Kepmen LH No 51 MENLH/10/1995, tentang baku mutu Limbah Cair bagi kegiatan industri serta ditindak lanjuti Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001

Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pemerintah Daerah Propinsi Jawa Tengah juga mengeluarkan peraturan Nomor 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah (termasuk limbah Batik dan Tekstil) oleh (Badan Pengelolaan dan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPPEDAL Propinsi Jawa Tengah , 2004)

Berdasarkan latar belakang dan studi di lapangan peneliti melihat ada industri Batik Cetak yang sudah ada unit pengolah limbahnya tetapi belum dimanfaatkan, sedangkan limbah cairnya dibuang langsung ke tanah persawahan penduduk yang ada di lingkungannya, sehingga penelitian ini ditujukan untuk menentukan "Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak dengan Metode Fisika, kimia dan Biologi terhadap Penurunan Parameter Pencemaran (BOD,COD dan Logam Berat)" (Studi kasus di Daerah Butulan Makam Haji Kabupaten Sukoharjo)

LANDASAN TEORI

Berdasarkan proses industri batik cetak, limbah cair batik cetak mempunyai karakteristik sebagai berikut yaitu :

- 1). Karakteristik fisika yang meliputi padatan terlarut (*suspended solids*), warna, bau , temperatur.dan warna.
- 2). Karakteristik kimia meliputi derajat keasaman (pH), alkalinitas, kesadahan, logam berat, bahan organik dan bahan anorganik,
- 3).Karakteristik biologi mikroorganisme termasuk bakteri, dan partikel-partikel halus organik.

Menurut Wisnu Arya Wardhana (1995), zat warna merupakan suatu bahan yang digunakan untuk mewarnai suatu substrat, misalnya tekstil, kapas, tembok, plastik, kulit ,bahan makanan dan sebagainya. Tersusun dari *Chromogen* dan *Auxochrome*

Chromogen adalah senyawa aromatik yang mengandung *chromopore*, yaitu zat pemberi warna yang berasal dari radikal kimia seperti nitroso(- NO), nitro (- NO₂), azo (- N = N), etilen (- C = C-), karbonil(- C = O), karbon -nitrogen (- C = NH dan - CH = N), belerang (- C = S dan - C - S - S - C -)

Gugus auksokrom adalah gugus yang mengaktifkan kerja kromofor dan memberikan daya ikat terhadap serat yang diwarnainya. Gugus auksokrom yang termasuk golongan kation : - NH₂ ; - NH⁺ ; - N Me₂ ; ⁺ N Me₂ Cl⁻ .dan gugus auksokrom yang termasuk golongan anion : - SO₃H ; - OH ; - COOH, seperti - O⁻ ; -SO₃(Ismingsih dan Djufri, R,1978).

Sumber logam berat Krom (Cr) dan Timbal (Pb) yang bersifat toksis, dapat berasal dari *zat pewarna* (CrCl₃, K₂Cr₂O₇) maupun sebagai *mordan* yaitu merupakan pengikat zat warna meliputi Cr(NO₃)₂ dan PbCrO₄ (Neng Sri Suharty, 1999).

Persamaan adsorpsi

Menurut Benny Chatib, dkk (1985), banyaknya zat yang diadsorpsi oleh butir-butir adsorben dapat diperkirakan dengan dua rumus empiris dari :

- a). Persamaan Freundlich

$$\frac{X}{M} = k C^{1/n} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : X = banyaknya zat (unsur) yang diadsorpsi, M = banyaknya adsorben yang digunakan, C = banyaknya unsur/zat yang tidak diadsorpsi k, n = konstanta yang dapat ditentukan dari percobaan

Dari rumus diatas dapat dibuat grafik log X/M versus log C sehingga diperoleh garis lurus dengan slope (kemiringan) = 1 / n dan intercept = k

- b). Persamaan Langmuir

$$\frac{C}{X/M} = \frac{1}{a b} + \frac{1}{a} C \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : X = banyaknya zat (unsur) yang diadsorpsi ; M = banyaknya adsorben yang digunakan dan C = banyaknya unsur yang tak teradsorpsi. a , b = konstanta yang dapat ditentukan secara empiris

Bila dibuat grafik C / X/M versus C , maka akan diperoleh garis lurus dengan slope (kemiringan) = 1 / a dan intercept = 1 / a b

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini dilakukan pada Industri batik Cetak di daerah desa Butulan Makamhaji Kabupaten Sukoharjo.

Langkah-langkah Kerja Penelitian

- 1.. Proses Pendahuluan

Sebelum dilakukan proses pengolahan limbah industri batik cetak perlu dilakukan proses pendahuluan beberapa proses dalam skala laboratorium diantaranya :

- a). Proses pengukuran pH

Proses pengukuran pH ini ditujukan untuk menentukan jenis koagulan yang sesuai dalam nilai pH terukur dan juga penentuan proses

- b). Proses jar test

Adalah ditujukan untuk menentukan baik jenis koagulan yang paling sesuai dan dapat memperkirakan berapa jumlah maksimum koagulan yang ditambahkan

Penentuan dosis bahan koagulan yaitu dengan percobaan *jar test* caranya

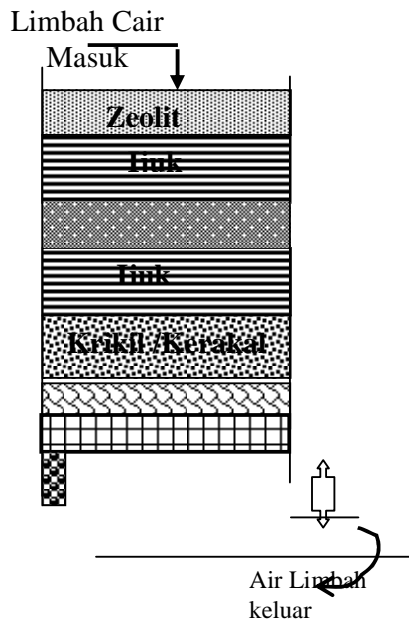
1). Tambahkan bahan koagulan dengan dosis yang bergradasi ke dalam beberapa bejana / beaker gelas (umumnya 6 buah) yang masing-masing berisi 1 liter air.

2). Dilakukan pengadukan secara cepat kurang dan diikuti pengadukan lambat sekitar dan seterusnya untuk memberi kesempatan terjadinya proses pengendapan flok yang terbentuk.

3). Lakukan analisis kekeruhan dengan mengambil sampel air pada lapisan atas (*supernatan*) dari masing-masing bejana.

4). Plotkan data-data kekeruhan ini pada kurve yang memberi hubungan antara dosis koagulan dengan tingkat kekeruhan yang terjadi. Secara visual, dosis optimum ditunjukkan oleh jumlah bahan koagulan yang ditambahkan kedalam percobaan yang menunjukkan kondisi air yang paling jernih atau kekeruhan yang paling rendah.

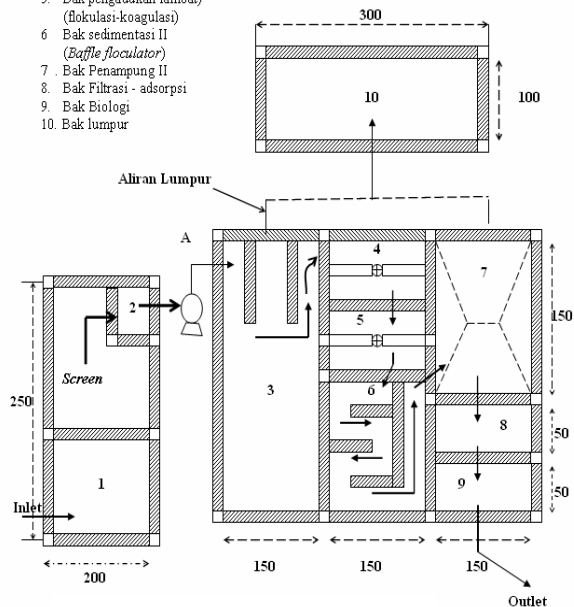
c). Analisis pendahuluan filtrasi tujuannya menentukan ketebalan dari bahan filter terutama variasi ketebalan zeolit dengan kondisi ketebalan pasir kuarsa, ijuk, maupun krikil dan krakal tetap



2. Proses pengolahan limbah cair batik cetak seperti terlihat pada gambar dibawah ini terdiri atas :

1. Bak penampung awal
2. Bak kontrol/ekualisasi
3. Bak Sedimentasi I
4. Bak pengadukan cepat (flokulasi-koagulasi)
5. Bak pengadukan lambat (flokulasi-koagulasi)
6. Bak sedimentasi II (*Baffle flocculator*)
7. Bak Penampung II
8. Bak Filtrasi - adsorpsi
9. Bak Biologi
10. Bak lumpur

Denah Skala 1 : 50



1). Bak penampung awal

Bak penampung awal berfungsi untuk menampung limbah cair batik cetak dari proses pencucian setelah proses pewarnaan (*deying*) dan pencetakan (*printing*) dengan kapasitas kira-kira 50 m³ /hari. Dalam bak penampung terdapat *bar screen* yang berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran besar.

2). Bak Ekualisasi/Bak Kontrol

Bak ekualisasi berfungsi untuk menyimpan sementara dan mengatur aliran air limbah batik cetak pada saat debit maksimum dan menambah volume keluaran pada saat debit minimum (Qipta Galang Kualita, 1999). Bak ekualisasi /bak kontrol adalah berfungsi untuk mengontrol homogenitas limbah batik cetak yang akan masuk ke bak sedimentasi I dan membantu kerja pompa agar tidak terlalu berat.

3. Bak Sedimentasi I

Air limbah cair batik yang berasal dari bak ekualisasi/bak kontrol dialirkan masuk ke bak sedimentasi I dengan bantuan pompa.

Air limbah cair dari bak ekualisasi/bak kontrol masuk ke bak sedimentasi I dengan waktu tinggal tertentu yang memberi kesempatan partikel yang ukuran lebih kecil yang tidak dapat terpisahkan dalam *bar screen* maupun bak ekualisasi dengan prinsip pemisahan secara gravitasi.

4. Bak Flokulasi-Kagulasi

Setelah dari bak sedimentasi I , secara *overflow* air limbah batik cetak mengalir ke bak flokulasi – koagulasi , di bak ini dilakukan penambahan bahan kimia koagulan yang sesuai dengan pH air limbah tersebut .

Sebelum dilakukan penelitian bak flokulasi koagulasi hanya ada satu bak, sedangkan pada saat penelitian bak dibagi menjadi dua yaitu bak pengadukan cepat dan pengadukan lambat. .Pengadukan cepat berlangsung sekitar 2- 5 menit dengan kecepatan sekitar 100 rpm selama 15 menit untuk memberi kesempatan terjadinya flok-flok, dan air limbah cair batik cetak mengalir secara luapan (*overflow*) ke bak pengadukan lambat dengan kecepatan pengadukan sekitar 60 rpm selama 20 menit agar terbentuk gumpalan –gumpalan yang lebih besar dan segera mengendap .

5. Bak Sedimentasi II

Setelah bak flokulasi–koagulasi air limbah batik cetak dialirkan ke bak sedimentasi II secara luapan/ *overflow* ,dimana memberi kesempatan partikel-partikel yang tidak terendapkan di bak flokulasi-koagulasi terendapkan di bak sedimentasi II. Bak sedimentasi II dilengkapi dengan penghalang (*baffle*) yang berfungsi memperlambat aliran , tetapi mempertinggi turbulensi dan membantu proses pemisahan. Di dalam bak sedimentasi II dengan penghalang (*baffle*) akan terjadinya kecepatan aliran secara horisontal dan vertikal setelah air limbah menumbuk penghalang sehingga akan membantu dalam proses pengendapan

6. Bak Kontrol

Setelah dari bak sedimentasi II air limbah industri batik cetak dialirkan secara *overflow* menuju bak kontrol

Bak kontrol ini untuk mengontrol seberapa jauh hasil pengolahan dari bak sedimentasi II .

7. Bak Filtrasi

Sesudah dari bak kontrol air limbah mengalir melalui pipa-pipa menuju ke bak filtrasi dan adsorpsi melalui pipa-pipa yang berada pada dinding batas antara bak kontrol dan bak filtrasi dan adsorpsi. Bak filtrasi dan adsorpsi yang didalam terdiri dari beberapa lapisan bahan adsorben yaitu zeolit yang berfungsi sebagai filter dan adsorben, ijuk, pasir kuarsa ijuk dan krikil dan krakal yang berfungsi sebagai filter dengan mencapai ketinggian maksimal 0,60 meter yang dilengkapi penyangga. Diharapkan di dalam bak filtrasi dan adsorpsi bahan-bahan partikel koloid dan tersuspensi yang terdiri bahan organik, anorganik serta logam berat (zat warna) dapat terserap dan terendapkan di media filter dan adsorben

8. Bak Pengolahan Secara Biologi

Air limbah batik Cetak dari bak filtrasi dan adsorpsi dialirkan ke bak pengolahan secara biologi . Bak pengolahan secara biologi berfungsi untuk lebih meningkatkan kualitas air limbah yang tidak dapat dilakukan di bak pengolahan secara fisika (yaitu bak sedimentasi I, filtrasi dan adsorpsi, sedimentasi II), bak proses pengolahan secara kimia (flokulasi-koagulasi) yang akan dibuang ke lingkungan sekitarnya. Untuk pengolahan secara biologi dilakukan dengan tumbuhan enceng gondok dan proses aerasi untuk mengikat partikel-partikel organik maupun anorganik yang ukurannya sangat lembut (halus)

9. Bak lumpur

Bak yang berfungsi menampung lumpur yang berasal dari bak sedimentasi I, bak flokulasi-koagulasi, dan bak kontrol yang dialirkan dengan bantuan pompa

Analisis Data

Efisiensi instalasi pengolahan limbah ditinjau dari penurunan parameter pencemar air buangan(BOD, COD dan logam berat krom(Cr) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E = \frac{Co - Ci}{Co} \times 100 \%$$

Dimana : E = Efisiensi (%)

Co = Konsentrasi parameter pencemar (BOD, COD, dan logam berat) sebelum diolah

Ci = Konsentrasi parameter pencemar (BOD, COD, dan logam berat) setelah diolah

HASIL dan PEMBAHASAN

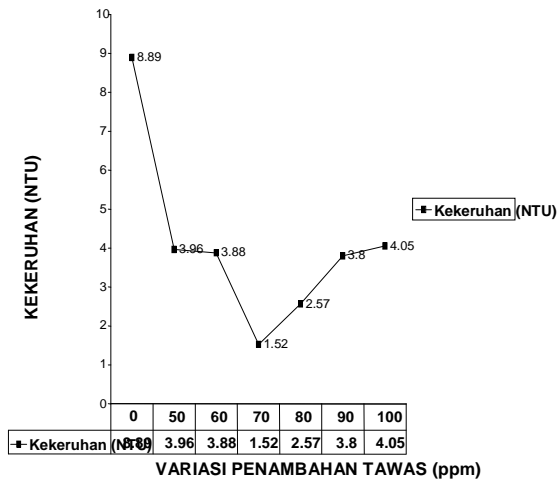
Analisis Pendahuluan

a. Menentukan dosis koagulan optimum dengan analisis jar tes diperoleh hasil sebagai berikut

Tabel 1. Hubungan antara jumlah penambahan koagulan tawas terhadap kekeruhan dalam NTU (*Nephelometry Turbidity Unit*)

Kondisi	Penambahan Tawas(ppm)	Kekeruhan (NTU)	pH
Awal	-	8,89	7,6
1	50	3,96	7,6
2	60	3,88	7,6
3	70	1,52	7,6
4	80	2,57	7,6
5	90	3,80	7,5
6	100	4,05	7,4

Dari tabel 1 bila dibuat grafik antara jumlah koagulan tawas (ppm) terhadap penurunan kekeruhan (NTU), seperti terlihat dalam gambar grafik 1 . berikut.



Gambar 1. Grafik pengaruh penambahan koagulan tawas terhadap penurunan kekeruhan

Dari tabel 1 dan grafik 1 ternyata penambahan koagulan tawas yang optimum terdapat pada jumlah koagulan 70 ppm terjadi penurunan kekeruhan 1,52 NTU. Penambahan 70 ppm ini yang digunakan sebagai dasar penambahan sesungguhnya di dalam Instalasi Pengolahan Limbah di Unit Flokulasi –Koagulasi.

b Penentuan tebal optimum lapisan zeolit, yaitu dilakukan dengan variasi tebal lapisan zeolit terhadap penurunan parameter COD dan BOD, sedangkan tebal lapisan ijuk, pasir kuarsa serta lapisan krikil dan krakal yang dibuat tetap diperoleh hasil seperti ditunjukkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Hubungan antara parameter COD dengan ketebalan lapisan zeolit

Sampel	Tebal zeolit (mm)	COD masuk (mg/l)	COD keluar (mg/l)
1	90	39,4	34,6
2	100	68,9	61,4
3	150	70,8	58,6
4	200	56,6	40,2

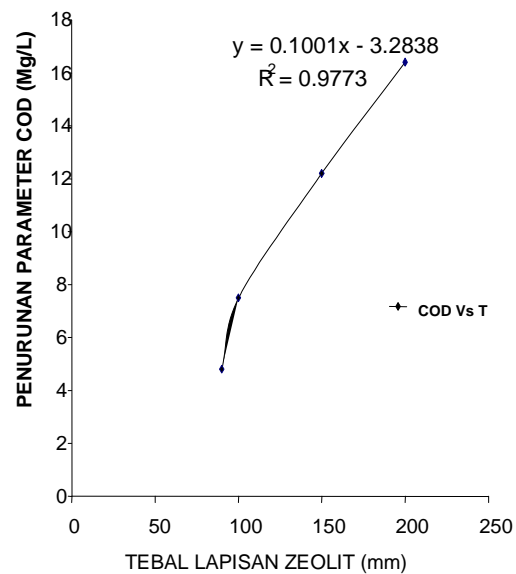
Tabel 3. Hubungan antara parameter BOD dengan ketebalan lapisan zeolit

Sampel	Tebal Zeolit (mm)	BOD Masuk (mg/l)	BOD Keluar (mg/l)
1	90	22,76	18,63
2	100	27,52	21,96
3	150	35,20	22,52
4	200	36,70	23,32

Tabel 4. Hubungan ketebalan zeolit (mm) dengan penurunan COD (mg/l):

Sampel	Tebal Zeolit (mm)	Penurunan COD (mg/l)
1	90	4,8
2	100	7,5
3	150	12,2
4	200	16,4

Dari tabel 4 dapat dibuat grafik 2 yang memberi hubungan antara tebal zeolit dengan penurunan COD



Grafik 2. Hubungan tebal zeolit dengan penurunan parameter COD

2) Penentuan konstanta Freundlich k_F dan n persamaan isoterm Freundlich berdasarkan parameter COD

$$q = \frac{X}{M} = k_F C^{1/n} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana : X = konsentrasi zat teradsorpsi ,
 M = berat zeolit kering

k_F dan n = konstanta Freundlich , C = konsentrasi parameter COD

$$q = \frac{V(C_o - C)}{S} \dots\dots\dots (4)$$

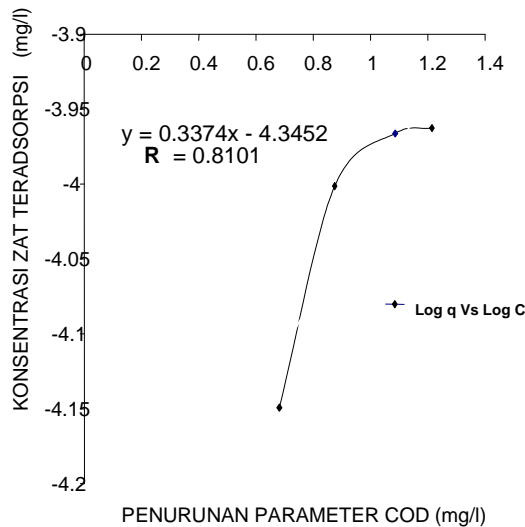
Dimana : V = volume air limbah
 C_o = konsentrasi limbah cair masuk lapisan adsorben ; C = konsentrasi limbah cair keluar adsorben.

S = berat adsorben yang ditambahkan dalam basis kering.

q = perbandingan zat teradsorpsi terhadap berat adsorben

Debit (Q) = 2,25 m³/jam, waktu tinggal 1 jam; ρ Zeolit = 1,51 g/cc, panjang bak filtrasi = 1,90 m dan lebar = 0,59 m, Volume limbah (V) = 2,25 m³ = 2250 liter = 2250000 cm³

Konstanta Freundlich k_F & n persamaan (1) dalam bentuk log sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Hubungan antara log q dan log ΔC

$$\log q = \log k_F + \frac{1}{n} \log C \quad (3)$$

Konstanta Freundlich k_F = intercept dan n = kemiringan (slope) dari pers (3) dari persamaan isotherm Freundlich

Tabel 5 Harga konstanta Freundlich berdasarkan parameter COD

Log k _F	k _F	1/n	n
-4,3452	k _F = 10 ^{-4,3452}	0,3374	2,964
	4,516 x 10 ⁻⁵	n = 1 / 0,3374	

3). Penentuan tebal lapisan zeolit optimum terhadap penurunan BOD

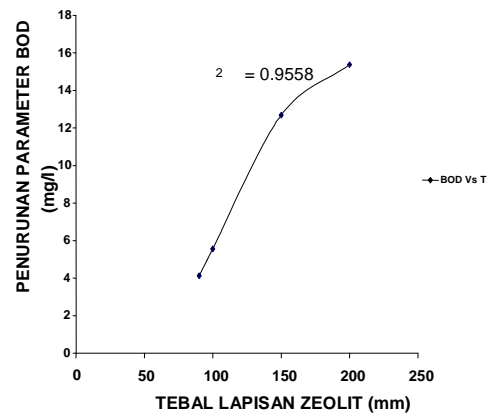
Berdasarkan tabel 3 yang dilengkapi data-data ukuran panjang dan lebar dari unit filtrasi seperti terlihat dalam tabel 6.

Tabel 6. Hubungan antara penurunan parameter BOD dengan tebal zeolit

Tebal Zeolit (mm)	Panjang Bak Filtrasi (mm)	Lebar Bak Filtrasi (mm)	Densitas (ρ) mg/mm ³
90	1900	590	1,51
100	1900	590	1,51
150	1900	590	1,51
200	1900	590	1,51

Berat =S (mg)	Volume (liter)	ΔC, BOD mg/l
152343900	2250	4,13
169271000	2250	5,56
253906500	2250	12,68
338542000	2250	15,38

Dari table 7 bila dibuat grafik hubungan antara tebal zeolit dengan penurunan BOD seperti terlihat dalam gambar grafik 4 berikut :



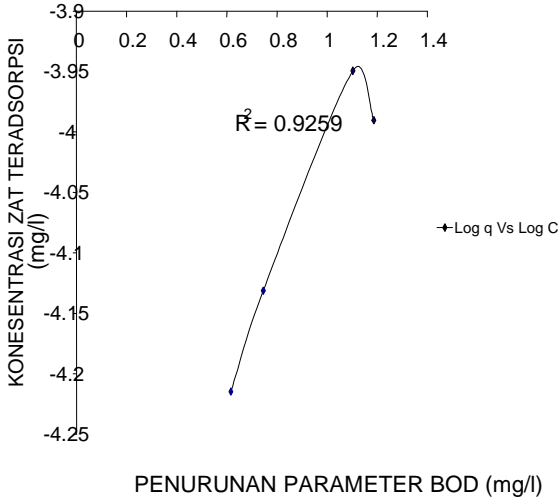
Gambar 4. Grafik hubungan tebal zeolit dengan penurunan parameter BOD

3. Penentuan konstanta Freundlich berdasarkan penurunan parameter BOD, seperti terlihat dalam tabel 8.

Tabel 7. hubungan log q dan log ΔC

ΔC, BOD mg/l	Log ΔC, BOD	VΔC q = ----- S	Log q
4,13	0,61595052	6.09969E-05	-4,2146925
5,56	0,745074792	7.39052E-05	-4,1313253
12,68	1,103119254	0,000112364	-3,94937205
15,38	1,186956335	0,000102216	-3,9904737

Dari tabel 8 dapat dibuat grafik 5 hubungan log q dan log ΔC, yang dapat digunakan untuk menentukan konstanta Freundlich k_F dan n



Gambar 5. Grafik hubungan log q dan log ΔC (BOD)

Dari gambar grafik 5 dapat ditentukan konstanta freundlich seperti terlihat dalam tabel 8 berikut :

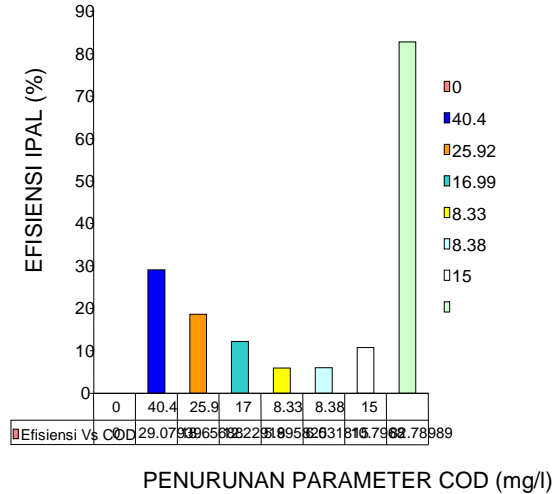
Log k_F		k_F
-4,4644	$k_F = 10^{-4,4644}$	$3,432 \times 10^{-5}$
1/ n		N
0,4035	$n = 1 / 0,4035$	2,4783

4. Penentuan efisiensi berdasarkan penurunan parameter COD

Tabel 9. Menunjukkan hubungan penurunan parameter COD terhadap efisiensi setiap unit pengolahan limbah

Unit pengolahan	COD (mg/l)	ΔC	Efisiensi IPAL
B.Pencuci	138,93	0	0
Bar Screen	98,53	40,4	29,07939
B.Sedimentasi I	72,61	25,92	18,656877
B. Flok-Koagulasi	55,62	16,99	12,229180
B. Sedimentasi II	47,29	8,33	5,9958252
B.Filtrasi	38,91	8,38	6,0318145
B. Biologi	23,91	15,	10,796804
	Total		82,789894

Dari tabel 9 dapat dibuat grafik 6 yang memberikan hubungan antara efisiensi Instalasi pengolahan limbah cair industri batik cetak terhadap penurunan parameter COD



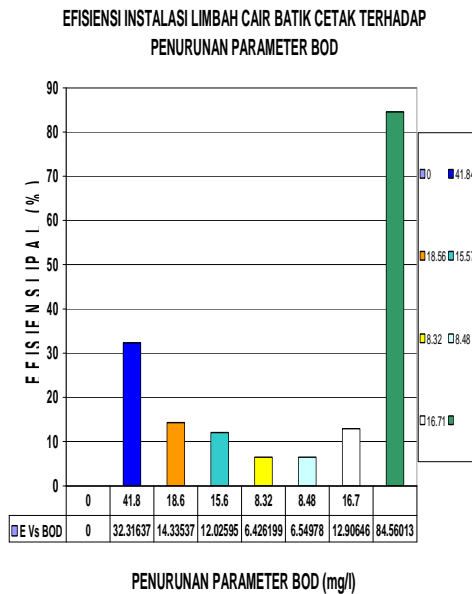
Gambar 6. Grafik hubungan antara efisiensi instalasi pengolahan limbah cair industri batik cetak terhadap penurunan parameter COD

5. Penentuan efisiensi berdasarkan penurunan parameter BOD

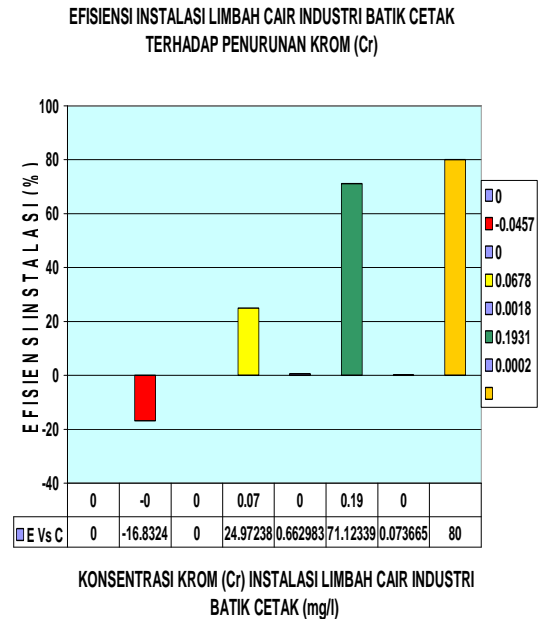
Tabel.10 Menunjukkan hubungan penurunan parameter BOD terhadap efisiensi setiap unit pengolahan limbah

Unit pengolahan	BOD (mg/l)	ΔC	Efisiensi IPAL
B.Pencuci	129,47	0	0
Bar Screen	87,63	41,84	32,316366
B.Sedimentasi I	69,07	18,56	14,335367
B. Flok-Koagulasi	53,5	15,57	12,025952
B. Sedimentasi II	45,18	8,32	6,4261991
B.Filtrasi	36,7	8,48	6,5497798
B. Biologi	19,99	16,71	12,906465
	Total		84,560129

Dari tabel 10 dapat dibuat grafik 7 yang memberikan hubungan antara efisiensi Instalasi pengolahan limbah cair industri batik cetak terhadap penurunan parameter BOD



Gambar 7. Grafik hubungan antara efisiensi instalasi pengolahan limbah cair industri batik cetak terhadap penurunan parameter COD



Gambar 8. Grafik hubungan antara efisiensi instalasi pengolahan limbah cair industri batik cetak terhadap penurunan parameter logam berat krom (Cr)

5. Penentuan efisiensi berdasarkan penurunan parameter logam berat krom (Cr)

Tabel 11. Menunjukkan hubungan penurunan parameter logam berat krom (Cr) terhadap efisiensi setiap unit pengolahan limbah

Unit pengolahan	Konsentrasi Krom (Cr) (mg/l)	ΔC	Efisiensi IPAL
B. Pencuci	0,2258	0	0
Bar Screen	0,2715	-0,0457	-16,8324
B. Sedimentasi I	0,2715	0	0
B. Flok-Koagulasi	0,2037	0,0678	24,97237
B. Sedimentasi II	0,2019	0,0018	0,662983
B. Filtrasi	0,0088	0,1931	71,12339
B. Biologi	0,0086	0,0002	0,073665
Total			80

Dari tabel 11 dapat dibuat grafik 8 yang memberikan hubungan antara efisiensi Instalasi pengolahan limbah cair industri batik cetak terhadap penurunan parameter logam berat krom (Cr)

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian mulai dari tahap pengumpulan data, perhitungan, analisis data, pembahasan dari penelitian berhubungan dengan "Efisiensi Instalasi pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak dengan metode fisika-kimia dan biologi terhadap penurunan parameter pencemar (COD, BOD dan logam berat krom(Cr))" dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besarnya parameter limbah cair fisika rata-rata , temperatur 26 °C, viskositas 0,0100 cP, densitas 1,053 gr/ml, sedangkan parameter kimia COD mg/l, BOD gr/ml, krom (Cr) gr/ml dan pH masing-masing unit Bak pencucian (181, 127 , 0,228, dan 9,7), Bar screen (95, 75, 0,2715, 8,9), bak sedimentasi I (75,63, 0,2715, dan 7,6), bak flokulasi-koagulasi (65, 53,6, 0,2715, dan 7,6), bak sedimentasi II(51, 44, 0,2019, dan 7,6) bak filtrasi (42, 29, 0,0880 , dan 7,4) dan bak biologi (29, 19, 0,086 dan 7,4)
2. Besarnya efisiensi instalasi pengolahan limbah industri batik cetak dengan metode fisika, kimia dan biologi berdasarkan penurunan parameter pencemar COD, BOD dan logam berat krom (Cr) rata-rata 80 – 84 %

3. Besarnya konstanta Freundlich di dasarkan atas tebal zeolit dalam unit filtrasi terhadap
- a. Penurunan COD mendapatkan persamaan isoterm Freundlich
 $y = 0,1001 X - 3.2838$ ($R^2 = 0,97730$)
 Konstanta Freundlich $k_F = 5,202x 0^{-3}$ dan $n = 9,99$
- b. Penurunan BOD mendapatkan persamaan isoterm Freundlich
 $y = 0,1001 X - 3.2838$ ($R^2 = 0,9773$)
 Konstanta Freundlich $k_F = 3,432x 0^{-5}$ dan $n = 2,323$

SARAN

1. Perlu industri pada umumnya dan khususnya industri batik cetak yang mempunyai kontribusi menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan perlu melakukan pengelolaan yaitu dengan membuat instalasi pengolahan limbah (IPAL) bagi yang belum dan bagi yang sudah perlu mengoperasikannya.
2. Pemerintah terutama dinas lingkungan hidup perlu mengadakan inspeksi terhadap industri-industri, dan memberi teguran, sanksi, terhadap industri yang memberikan pencemaran terhadap lingkungan
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan zat warna dan perlu analisis kandungan klor pada industri batik cetak atau industri batik yang lain

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005 " *Tanaman Obat Indonesia Kelor (Moringgo Oliefera), Lamk*", <http://iptek.net/id/Ind/pd/tanobat/view.php/id/144>.
- A.Tresna Sastrawijaya, 1991, " *Pencemaran Lingkungan*", PT RINEKA CIPTA, Jakarta
- Benny Chatib, dkk, 1985, " *Sanitasi Lingkungan* " Kerja Sama Direktorat Jendral Migas dan Lap- ITB Bandung
- Budi Kamulyan, 2000, " *Teknik Lingkungan II* ", Jurusan T.Sipil, F.Teknik UGM Yogyakarta
- Djarwanti, 1993, " *Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka cara Kimia –Fisika*", APHA Company pres, hal 2-57, 2-58.
- Djatmiko, dkk, 2000, " *Pendayaan Industrial Waste Management* ", Penerbit Citra Aditya Bakti Bandung.

- Duong D .Do, 1998, " *Adsorption Analysis :Equilibria and Kinetics* ", Imperial College Departement of Chemical Engineering University of Queensland , Australia
- Brown Granger George, 1961, " *Unit Operation* " Third edition, New York, John Wiley & Sons, Inc
- Hasim, 2003, " *Enceng Gondok Pembersih Polutan Logam Berat* " Harian Kompas. <http://dampak.kegunaan.enceng.gondok.com/reviews/item/3www.wikipedia.org>
- Koesnadi Hardjasoemantri, 2005, " *HukumTata Lingkungan* ", edisi VII, Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Otto Soemarwoto , 1994 , *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangun* ", edisi keenam Penerbit Djambatan , Bandung..
- .Peavy . Howard S, et al, 1985," *Environmental Engineering* ", Civil Engineering Series Mc. Graw Hill International Edition,
- Philip Kristanto, 2002, " *Ekologi Industri* ", Universitas Kristen Petra Surabaya, Penerbit Andi Yogyakarta .
- Prabang Setyono, 2008, " *Cakrawala Memahami Lingkungan* ", Diterbitkan Kerjasama LPP dan UPTPenerbitan Dan Pencetakan UNS(UNS Press), Surakarta
- Sugiharto, 1987, " *Dasar-dasar Pengelolaan Limbah Industri* " Cetakan Pertama, Jakarta. Penerbit UI-Press
- Suparman-Suparmin, 2002, " *Pembungan Tinja dan Limbah Cair* ", Cetakan I, Penerbit Jakarta Buku Kedokteran.
- Tri Handini Ajuningtias,2000, " *Kemampuan Mikroba Rhizosfer dari Perakaran Enceng Gondok dalam Penyisihan Konsentrasi Warna C.I, Acid Blue 113* ", Tesis Magister Program Magister Teknik Lingkungan ITB Bandung
- Winarno, Fg, " *Biji kKleor Untuk Membersihkan Air Sungai* ", Unika Atmajaya, Kompas (8 Maret 2007) : [/http:// www ampl or id-isi/pustaka.php/kod](http://www.ampl.or.id/isi/pustaka.php/kod)
- Wisnu Arya Wardhana, 1995, " *Dampak Pencemaran Lingkungan* ", Penerbit Andi Offset Yogyakarta