

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Anaerobik *Horizontal Roughing Filter* ini dimulai dengan melalui suatu proses penumbuhan bakteri pada media kerikil yang berukuran 15-11 mm, atau proses ini dikenal dengan istilah *seeding*. *Seeding* ini dilakukan dengan cara merendam media kerikil ke dalam air *septic tank* selama 21 hari dimulai pada tanggal 27 April 2006. Selama proses ini, dilakukan pula penambahan gula yang berfungsi sebagai sumber karbon dan urea yang berfungsi sebagai nutrisi tambahan untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri.

Disamping adanya penambahan gula dan urea, ditambahkan pula air perasan rumen sapi. Dimana dapat diketahui bahwa di dalam rumen terdapat populasi mikroba yang cukup banyak jumlahnya. Mikroba rumen dapat dibagi dalam tiga grup utama yaitu bakteri, protozoa dan fungi. Bakteri rumen dapat diklasifikasikan berdasarkan substrat utama yang digunakan, karena sulit mengklasifikasikan berdasarkan morfologinya. Kebalikannya protozoa diklasifikasikan berdasarkan morfologinya sebab mudah dilihat berdasarkan penyebaran silianya. Beberapa jenis bakteri tersebut adalah:

- (a) Bakteri pencerna selulosa (*Bacteroides succinogenes*, *Ruminococcus flavafaciens*, *Ruminococcus albus*, *Butyrivibrio fibrisolvens*),
- (b) Bakteri pencerna hemiselulosa (*Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides ruminocola*, *Ruminococcus sp.*),
- (c) Bakteri pencerna pati (*Bacteroides ammylophilus*, *Streptococcus bovis*, *Succinimonas amylolytica*),
- (d) Bakteri pencerna gula (*Triponema bryantii*, *Lactobasilus ruminus*),
- (e) Bakteri pencerna protein (*Clostridium sporogenus*, *Bacillus licheniformis*).

Protozoa rumen diklasifikasikan menurut morfologinya yaitu: *Holotrichs* yang mempunyai silia hampir diseluruh tubuhnya dan mencerna karbohidrat yang fermentabel, sedangkan *Oligotrichs* yang mempunyai silia sekitar mulut umumnya merombak karbohidrat yang lebih sulit dicerna. Dengan adanya mikroba pada rumen, maka tidak menutup kemungkinan bahwa mikroba akan dapat ikut berkembang pada saat proses *seeding* berlangsung.

Setelah proses *seeding* dilakukan, maka proses selanjutnya adalah memasukkan air limbah batik yang berasal dari Industri Batik Nakula Sadewa secara bertahap, yaitu sebanyak 25%, 50%, 75% dan 100%. Tujuan memasukkan limbah secara bertahap ini adalah untuk membentuk kemampuan bakteri dalam menyesuaikan diri dengan kondisi limbah yang diolah. Setelah limbah 100% dimasukkan, dilakukan penelitian selama 10 hari yang dimulai pada tanggal 7 Juni hingga 16 Juni 2006. Dari penelitian yang telah dilakukan tersebut diperoleh hasil penelitian terhadap parameter uji yaitu COD dan warna, sebagai berikut :

#### 4.1.1. Hasil Penelitian Terhadap Parameter COD

Pengukuran COD dalam penelitian ini dilakukan setiap 2 hari satu kali. Berikut ini data yang diperoleh beserta efisiensi dari pengukuran COD, dapat ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Konsentrasi COD dan Efisiensinya

No.	Waktu (hari)	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	Rata Inlet (mg/l)	Rata Outlet (mg/l)	Efisiensi (%)
1	1a	20990.6	9646.6	19261.05	11859.45	38.42
	1b	17531.5	14072.3			
2	3a	5678.7	5933.1	6161.95	6416.35	-4.12
	3b	6645.2	6899.6			
3	5a	3847.4	846.1	5526.1	1736.3	68.58
	5b	7204.8	2626.5			
4	7a	24755	21448.5	20914.3	20838.05	0.36
	7b	17073.6	20227.6			
5	10a	28977.2	25060.2	28519.4	26713.5	6.33
	10b	28061.6	28366.8			
Rata-rata				16076.56	13512.73	21.91

Keterangan : Tanda (-) menunjukkan kenaikan konsentrasi COD

a : waktu pengambilan sampel kesatu

b : waktu pengambilan sampel kedua

#### 4.1.2. Hasil Penelitian Terhadap Parameter Warna

Pengukuran Warna dalam penelitian ini dilakukan setiap satu kali satu hari. Berikut ini data yang diperoleh beserta efisiensi dari pengukuran Warna, dapat ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Konsentrasi Warna dan Efisiensinya

No.	Waktu (hari)	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	Rata Inlet (mg/l)	Rata Outlet (mg/l)	Efisiensi (%)
1	1a	2916.6	3110.9	2973.45	3212.8	-8.04
	1b	3030.3	3314.7			
2	2a	3082.5	2930.8	3058.8	2883.4	5.73
	2b	3035.1	2836			
3	3a	1613.3	2129.9	1857.35	2039.85	-9.82
	3b	2101.4	1949.8			
4	4a	679.6	1878.7	1298.1	1227.05	5.47
	4b	1916.6	575.4			
5	5a	954.5	997.2	985.3	1042.2	-5.77
	5b	1016.1	1087.2			
6	6a	1182	964	1246	959.25	23.01
	6b	1310	954.5			
7	7a	1395.3	1186.7	1366.85	1260.15	7.80
	7b	1338.4	1333.6			
8	8a	1689.1	1603.8	1606.15	1660.65	-3.39
	8b	1523.2	1717.5			
9	9a	3807.6	2855	3821.8	3139.35	17.85
	9b	3836	3423.7			
10	10a	6565.9	4712.8	6345.5	6499.55	-2.42
	10b	6125.1	8286.3			
Rata-rata				2455.93	2392.42	3.04

Keterangan : Tanda (-) menunjukkan kenaikan konsentrasi warna

a : waktu pengambilan sampel kesatu

b : waktu pengambilan sampel kedua

#### **4.2. Analisa Data**

Data - data dari hasil penelitian dianalisa dengan menggunakan Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t).

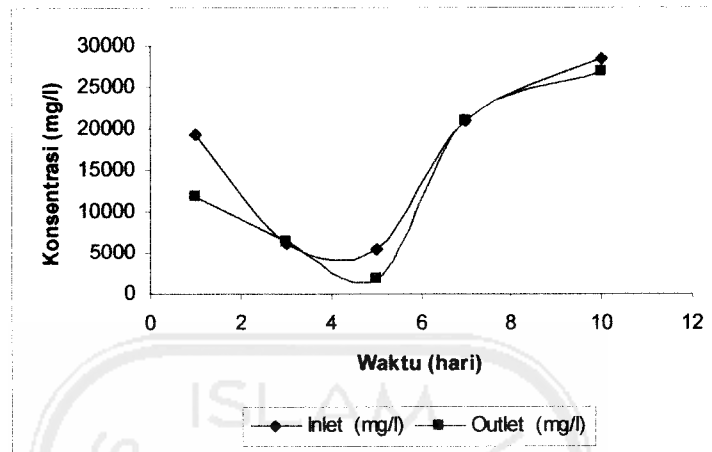
##### **4.2.1. Analisa COD**

Analisa COD menggunakan Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t) bertujuan untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata-rata sampel).

##### **Uji t-Test untuk Inlet dan Outlet**

Dari perhitungan diperoleh  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq +t \text{ tabel}$  atau  $-2.26 < 2.04 < 2.26$  (lampiran 2), maka terima  $H_0$  artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD bagian inlet dan outlet.

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan konsentrasi COD.



Gambar 4.1 Grafik konsentrasi COD

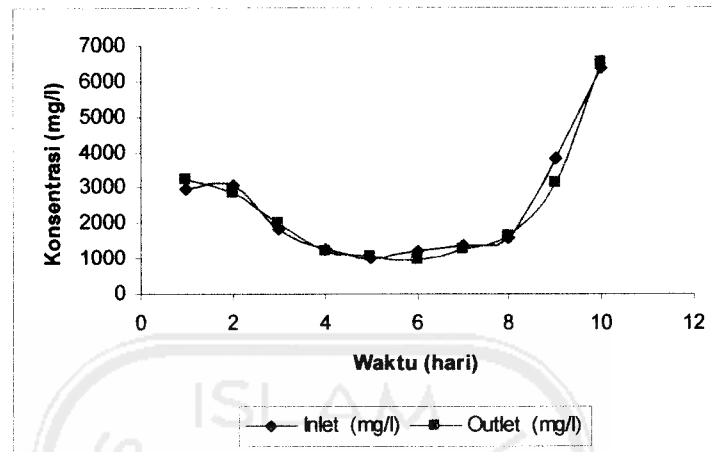
#### 4.2.2. Analisa Warna

Analisa warna menggunakan Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t) bertujuan untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata-rata sampel).

#### Uji t-Test untuk Inlet dan Outlet

Dari perhitungan diperoleh  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq +t \text{ tabel}$  atau  $-2.09 < 0.34 < 2.09$  (lampiran 2), maka terima  $H_0$  artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi warna bagian inlet dan outlet.

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan konsentrasi Warna.



Gambar 4.2 Grafik konsentrasi warna

#### 4.3 Pembahasan

Dari uji statistik yang dilakukan dengan menggunakan perbandingan dua variabel bebas (uji t) untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata-rata sampel), diperoleh penurunan konsentrasi COD yang tidak signifikan pada tiap pengambilannya. Demikian pula hasil uji yang dilakukan terhadap konsentrasi warna yang menunjukkan tidak signifikannya penurunan konsentrasi yang terjadi. Penurunan yang tidak signifikan ini diduga karena mikroorganisme di dalam reaktor belum bekerja secara optimal, sehingga efisiensi *Roughing Filter* juga menjadi kurang optimal. Kurang optimalnya efisiensi *Roughing Filter* dalam menurunkan konsentrasi COD dan warna dari air limbah batik dipengaruhi oleh terbentuknya lapisan biofilm yang masih tipis (lampiran 4), sehingga kemampuan

mikroorganismenya dalam menguraikan material organik menjadi kecil. Disamping itu, dapat pula disebabkan karena kurangnya waktu kontak antara limbah dengan lapisan biofilm pada media kerikil. Menurut Davis (1991) waktu kontak air buangan pada media *filter* berpengaruh pada kemampuan *adsorpsi* air limbah pada lapisan biofilm. Semakin lama waktu kontak dapat meningkatkan *adsorpsi* material organik dalam air limbah pada lapisan biofilm, dimana dengan waktu kontak yang lama maka memberikan kesempatan pada mikroorganismenya untuk melakukan penguraian terhadap bahan pencemar dalam limbah, sehingga efisiensi dapat meningkat pula. Kurangnya waktu kontak dapat disebabkan oleh besarnya diameter media (kerikil) yang menyebabkan timbulnya rongga antar media, sehingga air limbah lebih mudah mengalir dan mengurangi waktu kontak.

Berikut ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai adanya perbedaan kenaikan dan penurunan dari tiap parameter yang diuji.

#### 4.3.1 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Tolak ukur COD dapat digunakan untuk mengetahui banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik. Makin besar kadar oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik maka COD juga akan semakin tinggi. Dari data yang telah diperoleh selama penelitian dengan menggunakan *Roughing Filter* dalam mengolah air buangan industri batik Nakula Sadewa menunjukkan adanya penurunan konsentrasi COD. Penurunan konsentrasi COD pada kenyataannya belum memenuhi standar baku mutu limbah



cair untuk industri batik yang ditetapkan oleh Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No: 281/KPTS/1998, yang mana kadar maksimum COD adalah 100 mg/l (lampiran 1). Dari tabel 4.1 diketahui bahwa penurunan konsentrasi COD terbesar adalah 68.58%. Di dalam *Roughing Filter* ini konsentrasi COD dapat turun karena adanya proses *adsorpsi* bahan organik yang terlarut dalam air limbah oleh lapisan film atau lapisan lendir pada media kerikil sehingga terjadi proses degradasi terhadap polutan yang ada pada air buangan, yang menyebabkan beberapa padatan tersuspensi juga akan terdegradasi. Proses degradasi bahan organik ini dilakukan oleh mikroorganisme untuk memenuhi kebutuhan nutrisi maupun energi bagi pertumbuhan dan perkembangbiakannya. Hal tersebut akan mengakibatkan penurunan COD pada air limbah. Disamping adanya proses adsorpsi, penurunan/perbaikan konsentrasi COD pada air buangan dapat juga terjadi dengan memanfaatkan biofilter yang ada sehingga menyebabkan unsur-unsur organik dalam air limbah secara fisik tersaring pada media *Roughing Filter*. Dari hasil penyaringan tersebut air buangan yang keluar cenderung dengan kondisi atau kualitas air yang lebih baik. Hal tersebut dapat ditunjukkan dengan angka COD yang merupakan ukuran pencemar air oleh zat-zat organik secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

Disamping adanya penurunan konsentrasi COD, terjadi pula kenaikan konsentrasi, dengan kenaikan maksimum sebesar 4.12%. Hal ini dapat terjadi karena adanya sedikit kesalahan pada saat melakukan penelitian. Kesalahan terjadi diperkirakan pada waktu pengambilan sampel uji, dimana botol sampling

dimungkinkan telah terisi udara terlebih dahulu. Disamping itu pula dapat disebabkan karena terjadinya aerasi pada saat memasukkan sampel uji dari kran reaktor ke dalam botol sampling, sehingga kedua hal tersebut dapat mempengaruhi konsentrasi pada air limbah yang akan diuji. Dari hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa efisiensi penurunan konsentrasi COD rata-rata sebesar 21.91%.

Penurunan konsentrasi COD yang kurang optimal ini dapat disebabkan karena kurangnya waktu tinggal sehingga menyebabkan waktu kontak antara limbah dengan lapisan film yang terbentuk pada media *Roughing Filter* menjadi lebih singkat, sehingga kesempatan mikroorganisme pada biofilm dalam mendegradasi bahan organik menjadi kurang optimal pula. Menurut Jenie (1993), efisiensi yang ditunjukkan oleh sistem saringan *up-flow* anaerobik cukup baik yaitu mampu menguraikan kadar limbah hingga 90% dengan waktu detensi lebih dari 18 jam yaitu untuk limbah yang mengandung COD 2.000 mg/l dan suhu proses yang digunakan adalah 25 °C. Sedangkan pada penelitian ini yang digunakan adalah 6 jam dengan konsentrasi rata-rata inlet sebesar 16076.56 mg/l. Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa lama waktu kontak akan dapat meningkatkan penyerapan material organik dalam air limbah ke dalam lapisan biofilm sehingga efisiensi dapat meningkat. Disamping kurangnya waktu kontak, dapat pula disebabkan hadirnya senyawa toksik dalam limbah. Fenol yang merupakan senyawa organik mengandung hidroksil (OH) yang terikat pada atom benzena, hadir dalam limbah. Fenol mempunyai kelarutan yang tinggi, sehingga mudah menyebar. Kemampuan fenol untuk melepas ( $H^+$ ) akan membentuk senyawa baru

yaitu fenoksida. Fenol termasuk dalam senyawa aromatik yang bersifat toksik dan dapat mempengaruhi kerja mikroorganisme walaupun kehadirannya dalam konsentrasi kecil, karena mikroorganisme mempunyai tingkat toleransi yang berbeda terhadap senyawa toksik, sehingga menimbulkan dampak terhadap prosentase penurunan yang terjadi.

Menurut Benefield dan Randall (1980) pengolahan air buangan secara anaerob sangat efektif untuk mengatasi kandungan organik yang ada. Penguraian kandungan organik di dalam air buangan itu dilakukan oleh mikroorganisme fakultatif yang dapat bekerja dalam keadaan dengan atau tanpa oksigen, dan mikroorganisme anaerobik yang bekerja dalam keadaan tidak ada oksigen dengan hasil akhir berupa gas karbondioksida dan metan.

#### 4.3.2 Warna

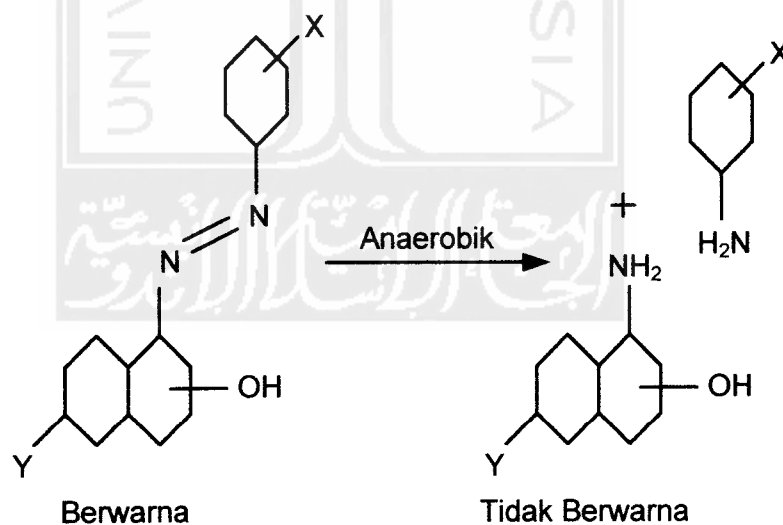
Industri batik banyak menghasilkan bahan pencemar yang keberadaannya sangat mengganggu lingkungan, apalagi parameter visualnya yakni warna yang pekat. Warna ini berasal dari sisa-sisa zat warna yang merupakan suatu senyawa kompleks. Pada umumnya warna yang digunakan pada industri batik adalah warna sintetis, demikian pula pada industri batik Nakula Sadewa ini yang menggunakan warna sintetis yaitu naphtol. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan terhadap konsentrasi warna diperoleh efisiensi penurunan konsentrasi warna sangat kecil yaitu dengan prosentase penurunan rata-rata sebesar 3,04% dengan konsentrasi inlet rata-rata sebesar 2455.93 mg/l dan konsentrasi outlet sebesar 2392.42 mg/l.

Berdasarkan tabel 4.2, diketahui bahwa terjadi penurunan dan peningkatan konsentrasi warna. Hal ini dapat disebabkan karena nilai pada *inlet* yang selalu berubah-ubah sehingga nilai penurunan menjadi tidak diketahui. Kenaikan dapat terjadi karena mengingat air limbah yang diolah adalah air limbah yang berasal dari seluruh proses dari pembuatan batik yang menghasilkan limbah cair, sehingga pada bak pengumpul terjadi proses *homogenisasi* ( pencampuran ) dari limbah batik tersebut yang kemudian berpotensi membentuk zat kimia baru. Namun pada saat pengambilan contoh uji sebagai hasil pengujian pertama zat tersebut belum terdeteksi atau zat tersebut belum terbentuk secara sempurna, dan pada saat proses di *Roughing Filter* inilah zat kimia tersebut terbentuk karena sebelum limbah masuk dalam reaktor, limbah berkontak dengan oksigen yang menjadi oksidator untuk membentuk senyawa kimia baru. Sehingga diduga oksigen masih terkandung dalam air limbah pada saat memasuki reaktor. Oleh karena itu pada pengambilan contoh uji yang kedua senyawa kimia baru dalam limbah batik terdeteksi.

Konsentrasi warna pada limbah cair yang mengandung kadar naphtol, setelah mendapat perlakuan dari *Roughing Filter* terjadi penurunan. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya proses penyerapan naphtol. Penyerapan ini terjadi karena adanya interaksi antara naphtol dengan biosubstrat pada biofilm. Berdasarkan hal tersebut, sehingga diketahui bahwa mikroorganisme dalam biofilm mempunyai kemampuan untuk menurunkan warna dengan melakukan penyerapan melalui permukaan selnya, dimana partikel-partikel warna akan menempel pada

permukaan terluar sel karena adanya proses adsorpsi. Setelah itu zat warna akan diserap masuk oleh sel.

Disamping adanya proses adsorpsi, penurunan warna dapat juga disebabkan oleh terputusnya ikatan zat warna azo ( $-N=N-$ ) yang merupakan gugus terbentuknya warna naphtol. Perlakuan secara anaerobik pada dasarnya sebagai pengolahan pendahuluan limbah cair yang mengandung bahan organik tinggi dan sukar untuk didegradasi. Pada proses anaerobik terjadi pemutusan molekul-molekul yang sangat kompleks menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Mekanisme yang terjadi bermula dari penyisihan warna dari kromofor azo yang dicapai dengan reduksi dari ikatan azo ( $-N=N-$ ). Pada kondisi anaerob, ikatan azo direduksi dan dipecah menjadi aromatik amine. Proses degradasi warna secara anaerob yang terjadi, sebagai berikut :



Keterangan : X dan Y adalah variasi COOH atau SO<sub>3</sub>H

Gambar 4.3. Proses Degradasi Warna Secara Anaerob

Pada kondisi anaerobik proses penghilangan warna pada campuran azo terdiri dari dua tahapan. Tahap pertama reaksi yang terjadi tidak stabil, karena masih ada molekul oksigen dalam media. Setelah molekul oksigen yang ada dalam media habis maka proses perombakan zat warna akan stabil. Hal ini dapat terjadi karena warna azo bertindak sebagai akseptor elektron akhir bila tidak ada oksigen yang hadir dalam media. Mekanisme dasar pemutusan ikatan azo terjadi bersamaan dengan reoksidasi dari nukleotida yang dibangkitkan secara enzimatik. Selama nukleotida direduksi sistem pengangkutan elektron, zat warna berperan sebagai oksidator. Elektron yang dilepas oleh nukleotida yang mengalami oksidasi akan diterima oleh campuran azo, sehingga zat warna dapat direduksi menjadi amina-amina yang bersesuaian. Proses pemutusan ikatan azo ini membutuhkan waktu yang cukup lama, oleh karena itu diperlukan waktu kontak yang lama pula untuk memperoleh penurunan warna yang optimal.

