

KAJIAN PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK, KOMBINASI AEROB – ANAEROB DAN PENGGUNAAN KOAGULAN TAWAS

Dwi Sianita (L2C306024) dan Ika Setya Nurchayati (L2C306034)
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro (12pt)
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058
Pembimbing: Ir. Agus Hadiyanto, MT

Abstrak

Berbagai cara pengolahan limbah cair industri batik telah dilakukan untuk mendapatkan kadar COD yang sesuai dengan standart baku mutu. Penelitian ini dilakukan terhadap limbah cair industri batik Lawean Solo dengan mengkombinasikan proses aerob – anaerob dan koagulan tawas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami proses pengolahan limbah cair industri batik secara biokimia – kimia berdasarkan waktu tinggal sel yang dikombinasikan dengan pengendapan menggunakan koagulan. Pengolahan secara aerob menggunakan lumpur aktif PT. RPI dan anaerob menggunakan Effective Microorganisms type 4 (EM₄) dilakukan secara batch. COD hasil pengolahan aerob diukur setelah 1 sampai 6 jam, sedangkan pada kondisi anaerob diukur setelah 1 sampai 6 hari. Untuk mengendapkan padatan tersuspensi digunakan koagulan tawas. Analisa yang dilakukan menggunakan analisa permanganometri (KMnO₄). Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah penurunan kadar COD pada proses aerob hingga 76, 59 % dan pada kondisi anaerob hingga 69,43 %, masing – masing pada waktu tinggal sel 6 jam dan 6 hari.

Kata kunci: aerob – anaerob; industri batik; koagulan tawas; waktu tinggal sel.

Abstract

Various methods waste water of Batik Industry preparation already to do to get suitable COD with standard of quality. This research has been doing to waste water of Batik Industry Lawean Solo to combine aerob - anaerob process and tawas as a coagulan. The purpose of this research is to understand the preparation process of waste water of Batik Industry according to chemical – biochemical based on cell residence time when combined with sedimentation using coagullan. The aerob preparation using activated sludge from PT. RPI and the anaerob preparation using Effective Microorganisms type 4 (EM₄) on batch. COD from the result of aerob preparation has been measured after cell residence time 1 to 6 hours, whereas on anaerob condition has been measured after 1 to 6 days. To settling suspended solid used tawas as coagullan. Analyze in this research using permanganometry (KMnO₄) analyze. The result from this research is the decrease of COD quality of aerob process has 76,59% and anaerob is 69,43% each by cell residence time 6 hours and 6 days.

Key Words: aerob- anaerob; batik industry; cell residence time; tawas as a coagullan.

1. Pendahuluan

Sumber daya alam bagi makhluk hidup merupakan suatu sistem rangkaian kehidupan dalam arti setiap kondisi alam akan mempengaruhi pertumbuhan atau perkembangan kehidupan. Apabila suatu ekosistem telah tercemar oleh suatu limbah yang tidak ramah lingkungan, akan menurunkan tingkat pertumbuhan. Begitupula pada suatu industri yang menghasilkan limbah dengan membuang ke lingkungan sekitar tanpa pengolahan khusus terlebih dahulu dengan standart baku mutu yang aman bagi lingkungan.

Industri batik merupakan industri penghasil cemaran yang dapat merusak ekosistem alam. Limbah cair industri batik dijadikan suatu penelitian dalam pengolahan limbah dengan proses aerob dan anaerob yang menggunakan koagulan tawas untuk menurunkan kadar COD agar ramah lingkungan.

Limbah cair industri batik Lawean Solo yang diambil sampel ini, diambil dari limbah bekas celupan yang dalam proses pengolahan limbahnya tidak perlu melakukan pretreatment. Pengolahan limbah ini diproses secara aerob dengan menggunakan lumpur aktif dan anaerob menggunakan effective microorganisms type 4 (EM₄),

sedangkan koagulan yang digunakan adalah tawas karena selain murah, mudah didapat, ternyata mampu mengendapkan zat – zat organik lebih cepat dibanding dengan koagulan Poly Aluminium Clorida (PAC) dan Ferric Chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Batik adalah suatu cara penerapan corak diatas kain melalui proses celup, rintang warna, dengan malam sebagai medium perintangnya (Indonesia Indah “Batik”, 2006).

Tahap – tahap pembuatan batik:

1. Persiapan
2. Pemolaan
3. Pemalaman
4. Pewarnaan Celup
5. Pelorodan (penghilangan lilin batik)
6. Pekerjaan akhir (finishing)

Pengolahan Secara Aerob

Salah satu pengolahan secara biologi adalah dengan proses aerob menggunakan lumpur aktif. Pengolahan limbah cair secara biologis dengan menggunakan lumpur aktif pada dasarnya adalah pengolahan terhadap limbah cair sehingga memenuhi syarat bagi perkembangbiakan mikroorganisme ”bakteri” sebagai decomposer benda-benda organik yang terlarut dalam air dan membentuk lumpur aktif (activated sludge) dapat digunakan kembali untuk mengolah air yang masuk ke instalasi pengolahan.

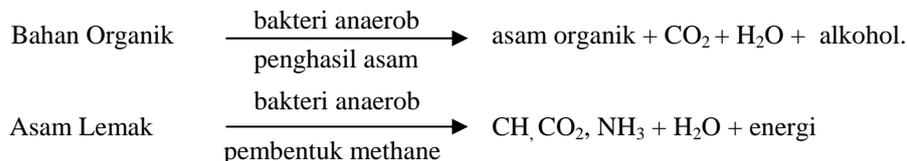
Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme yang mampu melaksanakan proses metabolisme benda-benda organik sehingga merupakan bagian yang terpenting dalam rantai makanan dan pengolahan air limbah. Bakteri akan mensintesis unsur-unsur organik yang terlarut dalam air tetapi tidak semua unsur organik dapat digunakan oleh bakteri, oleh sebab itu partikel-partikel organik berukuran lebih besar disintesa oleh protozoa.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah cair dengan lumpur aktif :

- a. Oksigen
- b. Nutrient
- c. Komposisi mikroorganisme
- d. pH
- e. Temperatur

Pengolahan Secara Anaerob

Pada prinsipnya proses pengolahan secara anaerob adalah mengubah bahan organik dalam limbah cair menjadi methane dan karbon monoksida tanpa adanya oksigen. Perubahan ini dilakukan dalam dua tahap dengan dua kelompok bakteri yang berbeda. Pertama, zat organik diubah menjadi asam organik dan alkohol yang mudah menguap. Kedua, melanjutkan perombakan senyawa asam organik menjadi methane.



Zat methane tidak menarik oksigen. Agar proses pembusukan anaerobik berfungsi sangat memuaskan kadang-kadang ditambahkan nitrogen dan fosfor.

Selama proses operasi, udara tidak boleh masuk. Masuknya udara akan mempercepat produksi asam organik, menambah karbondioksida tetapi mengurangi methane. Pengaturan keasaman sangat perlu sebab zat methane sangat sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH diusahakan berkisar antara 6 dan 8 agar perkembangan mikroorganisme sangat pesat. Namun pada kecepatan produksi gas pengaruh variasi pH sangat nyata untuk lebih mengaktifkan kegiatan mikroba. Temperatur sangat berpengaruh, kecepatan fermentasi meningkat bila temperatur mendekati 30°C .

Bila pencampuran atau kontak yang baik dilaksanakan secara tepat, alkalinitas dapat diatur dan temperatur bisa dikontrol dan tersedia bahan makanan bagi mikroba (Perdana Gintings, 1992).

Kelebihan Pengolahan Limbah Cair Secara Anaerob:

1. Energi yang Dibutuhkan
2. Produksi Lumpur yang Dihasilkan
3. Nutrisi yang Dibutuhkan
4. Menghasilkan Produksi Gas Metan
5. Pada proses pengolahan secara anaerob, dihasilkan produksi gas metan yang sangat bermanfaat sebagai sumber energi.
6. Volume Reaktor yang Dibutuhkan
7. Pada proses pengolahan secara anaerob, volume reaktor yang dibutuhkan lebih kecil dari pada proses pengolahan secara aerob.

8. Polusi Udara
Pada proses pengolahan secara anaerob, terjadinya polusi udara karena timbulnya gas-gas dapat dieliminasi.
9. Pada proses pengolahan secara anaerob, substrat dengan cepat dapat langsung digunakan setelah sekian lama tidak dilakukan feeding.
10. Umumnya pada pengolahan air limbah dengan kandungan konsentrasi COD yang tinggi dan dengan temperatur yang tinggi, penggunaan proses pengolahan secara anaerob lebih ekonomis.

Kekurangan Pengolahan Limbah Cair Secara Anaerob :

1. Membutuhkan waktu yang lama dalam start – up perkembangan biomassa yang akan digunakan.
2. Membutuhkan penambahan alkali.
3. Membutuhkan pengolahan lanjutan.
4. Tidak memungkinkan untuk mendegradasi nitrogen dan fosfor.
5. Memberikan efek yang kurang baik pada temperatur rendah pada saat reaksi.
6. Lebih rentan untuk mengolah limbah yang toksik.
7. Berpotensi untuk menghasilkan bau dan gas korosi.

Proses Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi merupakan pengadukan secara cepat untuk menggabungkan koagulan dengan air sehingga didapat larutan yang homogen. Koagulasi disebabkan oleh ion – ion yang mempunyai muatan berlawanan dengan muatan partikel koloid. Ion – ion tersebut berasal dari koagulan. Penambahan ion – ion yang mempunyai muatan yang berlainan akan menimbulkan ketidakstabilan partikel koloid.

Koagulan adalah bahan kimia yang mempunyai kemampuan menetralisasi muatan partikel koloid dan mampu untuk mengikat partikel koloid tersebut membentuk gumpalan / flok. Efektivitas dari kerja koagulan tersebut tergantung pH dan dosis dari pemakaian dan sifat air limbah.

Sedangkan flokulasi yaitu pengadukan secara lambat untuk menggabungkan partikel – partikel koloid yang telah mengalami destabilisasi, sehingga terbentuk flok yang dapat dengan mudah terendapkan. Kecepatan penggumpalan koloid ditentukan oleh banyaknya tumbukan – tumbukan yang terjadi antar partikel koloid dan efektivitas tumbukan yang terjadi melalui tiga cara, yaitu :

1. Kontak yang diakibatkan oleh adanya gerak thermal
2. Kontak yang diakibatkan oleh pengadukan
3. Kontak yang terjadi akibat kecepatan mengendap masing – masing partikel tidak sama

Pada proses flokulasi, gugus yang terbentuk akan diabsorpsi ke seluruh permukaan partikel koloid dengan cepat. Untuk mempermudah terjadinya penggabungan partikel – partikel yang telah mengalami destabilisasi maka kontak antara partikel dibantu dengan pengadukan. Secara garis besar mekanisme pembentukan flok terdiri dari empat tahap, yaitu :

1. Tahap destabilisasi partikel koloid
2. Tahap pembentukan partikel koloid
3. Tahap penggabungan mikro flok
4. Tahap pembentukan makro flok

Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Proses Koagulasi dan Flokulasi

1. Kualitas air
2. Temperatur air
3. Jenis koagulan
4. pH air
5. Jumlah garam – garam terlarut dalam air, tingkat kekeruhan air baku
6. Kecepatan pengadukan
7. Waktu pengadukan
8. Dosis koagulan
9. Inti flok yang terbentuk
10. Alkalinitas

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami proses pengolahan limbah cair batik secara biokimia – kimia berdasarkan waktu tinggal sel dan konsentrasi koagulan. Manfaat penelitian adalah hasilnya dapat digunakan sebagai alternatif cara untuk mengolah limbah cair batik agar ramah lingkungan.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan penelitian ini adalah limbah cair industri Batik Lawean Solo, untuk proses aerob digunakan lumpur aktif dari PT. Rimba Partikel Indonesia (RPI) dan untuk anaerob digunakan Effective Microorganisms type 4 (EM₄). Sebagai nutrisi digunakan pupuk NPK. Variabel tetap :
Jenis limbah cair industri batik Lawean Solo, range pH sekitar 7 – 8, waktu koagulasi 10 detik, waktu flokulasi 10 menit, dan jenis koagulan yang digunakan adalah tawas (Al₂(SO₄)₃. 18H₂O)

Variabel berubah :

- Waktu sedimentasi : 20 menit dengan $\Delta\theta = 20$ menit sampai dengan 60 menit
- Waktu tinggal sel (Aerob) : $\Delta\theta = 1$ jam sampai dengan 6 jam
- Waktu tinggal sel (Anaerob) : $\Delta\theta = 1$ hari sampai dengan 6 hari
- Konsentrasi koagulan : 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm
- Mikroorganisme : Lumpur aktif (aerob); EM₄ (anaerob)

Respon yang diamati

Respon yang diamati adalah penurunan kadar COD_{Mn} dengan menggunakan proses anaerob dan aerob dengan penambahan koagulan tawas dalam berbagai konsentrasi.

Cara Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari percobaan laboratorium ini adalah hubungan antara konsentrasi koagulan dengan jumlah COD_{Mn}. Data hasil percobaan diolah dan dianalisa dengan metode *Deskriptif* yaitu menggambarkan kecenderungan hasil penelitian dengan menggunakan bantuan tabel dan grafik.



Gambar 1.1 Jartester

Proses Pengolahan Limbah secara aerob

Cara mengolah air limbah industri batik yaitu dengan mencampurkan air limbah dengan biomassa mikroba kedalam bak aerob. Kemudian air limbah yang telah dicampur dengan mikroba diaerasi dengan variasi waktu tinggal sel 1 jam hingga 6 jam delta waktu 1 jam . Kemudian air limbah, di koagulasi-flokulasi dengan penambahan koagulan dengan variasi konsentrasi 50ppm, 100 ppm, 150 ppm dengan waktu koagulasi 10 detik dan waktu flokulasi 10 menit kemudian dianalisa COD_{Mn}nya.

Proses Pengolahan Limbah secara anaerob

Cara mengolah air limbah industri batik yaitu dengan mencampurkan air limbah industri batik yaitu dengan mencampurkan air limbah dengan biomassa mikroba kedalam bak anaerob. Kemudian air limbah divariasi waktu tinggal selnya 1 hari hingga 6 hari dengan delta waktu 1 hari. Kemudian, di koagulasi-flokulasi dengan penambahan koagulan dengan variasi konsentrasi 50ppm, 100 ppm, 150 ppm dengan waktu koagulasi 10 detik dan waktu flokulasi 10 menit kemudian dianalisa COD_{Mn}nya.

Proses Koagulasi – Flokulasi

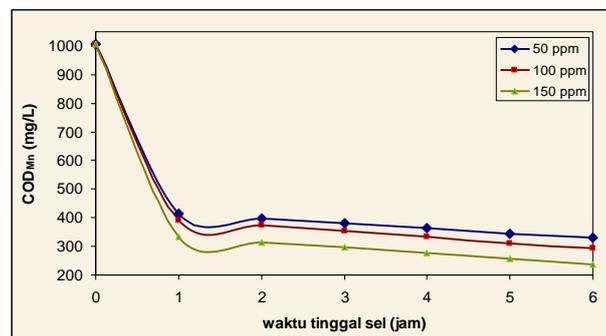
Sampel yang diambil dari limbah cair industri batik yang telah di tambahkan lumpur aktif (proses aerob) dengan aerasi selama 1 jam hingga 6 jam. Dan sampel yang diambil dari limbah cair tekstil yang telah di tambahkan EM₄ (proses anaerob) dengan didiamkan selama 1 hari hingga 6 hari dimasukkan ke dalam beaker glass. Menambahkan koagulan (tawas) dengan konsentrasi tertentu (50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm). Mengaduk dengan menggunakan alat Jar-Tester sampai tercampur sempurna (homogen) dengan waktu koagulasi 10 detik dan waktu flokulasi 10 menit kemudian diendapkan. Endapan yang terbentuk flok, disaring dan filtratnya dianalisa kadar COD_{Mn}-nya.

Analisa kadar COD dilakukan dengan menggunakan metode *Permanganometri*. Bahan – bahan yang dibutuhkan : Analisa Permanganometri : H₂C₂O₄, H₂SO₄ pekat, KmnO₄.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1.1 Pengaruh waktu aerasi dan waktu sedimentasi terhadap konsentrasi COD air limbah pada variasi konsentrasi koagulan 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm

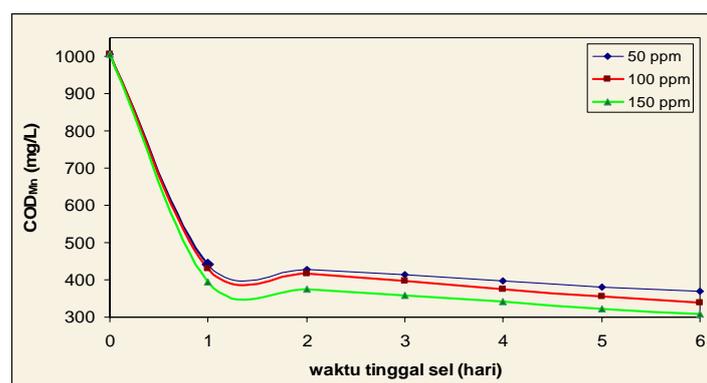
Waktu		Konsentrasi Koagulan Tawas					
Tinggal sel (jam)	Sedimentasi (menit)	50 ppm		100 ppm		150 ppm	
		COD _{Mn} (mg/L)	%Penurunan	COD _{Mn} (mg/L)	%Penurunan	COD _{Mn} (mg/L)	%Penurunan
0	0	1005.71	0.00%	1005.71	0.00%	1005.71	0.00%
1	20	422.86	57.95	401.14	60.11	342.86	65.91
	40	417.14	58.52	397.71	60.45	337.14	66.48
	60	412.57	58.98	392.00	61.02	332.57	66.93
2	20	405.71	59.66	380.57	62.16	322.29	67.95
	40	402.29	60.00	377.14	62.50	318.86	68.30
	60	397.71	60.45	373.71	62.84	314.29	68.75
3	20	387.43	61.48	363.43	63.86	302.86	69.89
	40	382.86	61.93	360.00	64.20	300.57	70.11
	60	379.43	62.27	354.29	64.77	298.29	70.34
4	20	370.29	63.18	344.00	65.80	285.71	71.59
	40	366.86	63.52	336.00	66.59	282.29	71.93
	60	363.43	63.86	332.57	66.93	276.57	72.50
5	20	353.14	64.89	322.29	67.95	264.00	73.75
	40	349.71	65.23	317.71	68.41	260.57	74.09
	60	345.14	65.68	312.00	68.98	256.00	74.55
6	20	337.14	66.48	301.71	70.00	242.29	75.91
	40	334.86	66.70	297.14	70.45	237.71	76.36
	60	331.43	67.05	293.71	70.80	235.43	76.59



Gambar 1.2 Grafik kecenderungan penurunan COD_{Mn} air limbah industri batik yang diolah secara aerob pada waktu sedimentasi 60 menit dengan variasi waktu tinggal sel dan konsentrasi koagulan

Tabel 1.2 Pengaruh waktu tinggal air limbah dan waktu sedimentasi terhadap konsentrasi COD_{Mn} air limbah pada variasi konsentrasi koagulan 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm

Waktu		Konsentrasi Koagulan Tawas					
Tinggal sel (hari)	Sedimentasi (menit)	50 ppm		100 ppm		150 ppm	
		COD _{Mn} (mg/L)	% Penurunan	COD _{Mn} (mg/L)	% Penurunan	COD _{Mn} (mg/L)	% Penurunan
0	0	1005.71	0.00	1005.71	0.00	1005.71	0.00
1	20	448.00	55.45	438.86	56.36	401.14	60.11
	40	445.71	55.68	434.29	56.82	398.86	60.34
	60	442.29	56.02	430.86	57.16	395.43	60.68
2	20	434.29	56.82	422.86	57.95	382.86	61.93
	40	430.86	57.16	420.57	58.18	381.71	62.05
	60	428.57	57.39	417.14	58.52	373.71	62.84
3	20	420.57	58.18	404.57	59.77	364.57	63.75
	40	416.00	58.64	401.14	60.11	361.14	64.09
	60	412.57	58.98	397.71	60.45	357.71	64.43
4	20	402.29	60.00	385.14	61.70	347.43	65.45
	40	400.00	60.23	377.14	62.50	344.00	65.80
	60	396.57	60.57	373.71	62.84	340.57	66.14
5	20	388.57	61.36	364.57	63.75	330.29	67.16
	40	384.00	61.82	360.00	64.20	325.71	67.61
	60	380.57	62.16	355.43	64.66	322.29	67.95
6	20	377.14	62.50	345.14	65.68	314.29	68.75
	40	372.57	62.95	341.71	66.02	310.86	69.09
	60	370.29	63.18	338.29	66.36	307.43	69.43



Gambar 1.3 Grafik kecenderungan penurunan COD_{Mn} air limbah industri batik yang diolah secara anaerob pada waktu sedimentasi 60 menit dengan variasi waktu tinggal sel dan konsentrasi koagulan

Dari tabel dan grafik diatas didapat bahwa pada pengolahan limbah secara aerob, waktu yang diperlukan lebih singkat dibandingkan dengan pengolahan secara anaerob. Pada penelitian didapat bahwa air limbah yang diolah secara aerob mampu menurunkan kadar COD_{Mn} hingga 76,59 % sedangkan air limbah yang diolah secara anaerob dapat menurunkan COD_{Mn} hingga 69,43%. Hal ini dikarenakan adanya oksigen dalam proses aerobik sebagai sumber energi yang baik untuk mempercepat waktu peruraian bahan – bahan organik pada limbah cair batik.

Sedangkan proses anaerobik tidak memerlukan oksigen sebagai energi, melainkan hasil reaksi proses anaerobik berupa gas buang (CO_2 , H_2SO_4 , NH_3 , dll) yang dijadikan sebagai energi untuk mempercepat waktu peruraian bahan – bahan organik. Selain itu pada penelitian, penurunan kadar COD_{Mn} yang paling baik adalah pada penambahan konsentrasi koagulan sebesar 150 ppm. Hal ini disebabkan karena penambahan konsentrasi koagulan dapat meningkatkan koagulasi – flokulasi secara keseluruhan dengan mempercepat pengendapan dan menghasilkan flok yang cukup besar. Semakin banyak jumlah flok yang terbentuk maka penurunan kadar COD semakin besar.

4. Kesimpulan

1. Proses pengolahan air limbah biokimia – kimia secara aerob lebih efektif dibandingkan dengan anaerob karena membutuhkan waktu yang lebih efisien dan hasil penurunan kadar COD_{Mn} nya yang lebih besar. Proses aerob dengan satuan waktu jam, mampu menurunkan kadar COD_{Mn} hingga 76,59 %. Sedangkan proses anaerob dengan satuan waktu hari, mampu menurunkan kadar COD_{Mn} hingga 69,43 %.
2. Kebutuhan oksigen yang dibutuhkan pada aerob digunakan sebagai energi untuk menguraikan bahan – bahan organik pada limbah. Sedangkan pada anaerob tidak membutuhkan oksigen.
3. Semakin lama waktu tinggal sel maka akan semakin besar penurunan kadar COD_{Mn} yang ada. Yaitu pada proses aerob dengan waktu tinggal sel selama 1 jam, penurunan kadar COD_{Mn} hingga 76,59 %. Sedangkan proses anaerob dengan waktu tinggal sel selama 6 hari, penurunan kadar COD_{Mn} hingga 69,43 %.
4. Semakin besar konsentrasi koagulan tawas yang digunakan, maka penurunan kadar COD_{Mn} semakin besar. Pada proses aerob yang diperoleh penurunan kadar COD_{Mn} pada waktu tinggal sel 6 jam dan waktu sedimentasi 60 menit untuk konsentrasi koagulan 50 ppm adalah sebesar 67,05%, 100 ppm adalah sebesar 70,80%, 150 ppm adalah sebesar 76,59%. Sedangkan pada proses anaerob yang diperoleh penurunan kadar COD_{Mn} pada waktu tinggal sel 6 hari dan waktu sedimentasi 60 menit untuk konsentrasi koagulan 50 ppm adalah sebesar 63,18%, 100 ppm adalah sebesar 66,36%, 150 ppm adalah sebesar 69,43%.

Ucapan Terima Kasih

Kesempatan ini kami gunakan untuk mengucapkan terima kasih kepada Allah Azza wa Jalla yang Maha Sempurna dengan membukakan ilmu pengetahuan yang bermanfaat, untuk Bapak Ir. Agus Hadiyanto, MT selaku dosen pembimbing kami mengucapkan terima kasih atas kesabaran dalam membimbing ilmu yang diberikan, semangat yang pantang menyerah dan untuk selalu menjaga hubungan silaturahmi tak luput kami memohon maaf sebesar – besarnya atas segala khilaf. Untuk Bapak Untung terima kasih telah berkenan membantu, menjaga penelitian kami, dan menyumbang ilmu yang bermanfaat. Serta semua pihak yang telah memberikan segala semangat sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

Daftar Pustaka

- Betty Sri, LJ, Winiati Pudji R., (1993), *Penanganan Limbah Industri Pangan*, PAU Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Gintings, Perdana., (1992), *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*, Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Yayasan Harapan Kita, (2006), *Indonesia Indah “Batik”*, TMII, Jakarta.
- Netcalf and Eddy, (1991), *Wastewater Engineering Treatment Disposal*, 3th ed. McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Peavy Howard S, (1985), *Environmental Engineering*, Mc Graw Hill International Editions, Singapore.
- Sugiharto, (1987), *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta.
- Sumarno, Ir. MS, Indro Sumantri, Ir.Meng., (1999), *Pengolahan Limbah Cair Industri Kecil Batik dengan Bak Anaerobik Bersekat*. Semarang : Seminar Nasional Rekayasa Kimia Dan Proses 1999
- Tchobanoglous, G. and Burton, F. L., (1991), *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*, 3th ed. McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Tchobanoglous, G. And Burton, F. L., (2003), *Wastewater Engineering Treatment Reuse*, 3th ed. McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Widodo, (1983), *Batik Seni Tradisional*, PT. Penebar Swadaya, Yogyakarta.