

TA/ TL/ 2016/ 0669

TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN KOSUBSTRAT ASAM ASETAT
TERHADAP KONSENTRASI COD DAN MLSS LIMBAH CAIR
INDUSTRI BATIK

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Firdhous Galuh Kumalasari

12 513 083

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2016

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN KOSUBSTRAT ASAM ASETAT
TERHADAP KONSENTRASI COD DAN MLSS LIMBAH CAIR
INDUSTRI BATIK**

***THE INFLUENCE OF THE ADDITION OF ACETIC ACID AS
COSUBSTRATE TO COD AND MLSS CONCENTRATION IN
WASTEWATER TREATMENT FROM BATIK HOME INDUSTRY***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan.**

Disusun oleh :

Firdhous Galuh Kumalasari (12 513 083)

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Any Juliani, ST., M.Sc.(Res.Eng)

Andik Yulianto, ST., MT

Tanggal : 31/10/2016

Tanggal : 31/10/2016

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan UH

Hudori, ST., MT

Tanggal : 1/11/16

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN KOSUBSTRAT ASAM ASETAT
TERHADAP KONSENTRASI COD DAN MLSS LIMBAH CAIR
INDUSTRI BATIK**

**THE INFLUENCE OF THE ADDITION OF ACETIC ACID AS
COSUBSTRATE TO COD AND MLSS CONCENTRATION IN
WASTEWATER TREATMENT FROM BATIK HOME INDUSTRY**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan.**

Disusun oleh :

Firdhous Galuh Kumalasari (12 513 083)

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Penguji I



Any Juliani,
ST.,M.Sc.(Res.Eng)

Tanggal : 31/10/2016

Penguji II



Andik Yulianto, ST., MT

Tanggal : 31/10/2016
Mengetahui

Penguji III



Joni Aldilla Fairi
Dr.,S.T.,M.Eng.

Tanggal : 31/10/2016

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII



Hudori, ST.,MT

Tanggal : 31/10/2016

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* computer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*).
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah dipeoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 12 September 2016



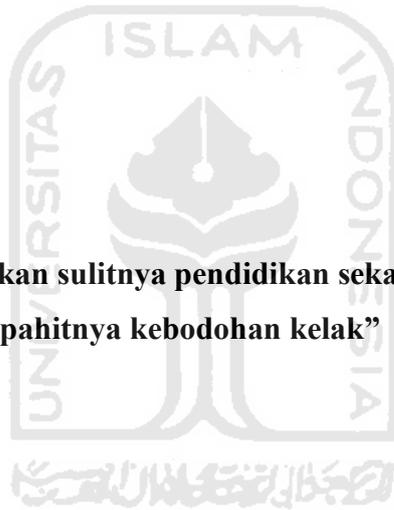
NIM: 12 513 083

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ, وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ فَعَلَيْهِ
أَرَادَهُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ بِالْعِلْمِ, وَمَنْ

"Barang siapa menginginkan soal-soal yang berhubungan dengan dunia, wajiblah ia memiliki ilmunya ; dan barang siapa yang ingin (selamat dan berbahagia) di akhirat, wajiblah ia mengetahui ilmunya pula; dan barangsiapa yang menginginkan kedua-duanya, wajiblah ia memiliki ilmu kedua-duanya pula".

(HR. Bukhari dan Muslim)

“ Lebih baik merasakan sulitnya pendidikan sekarang daripada rasa pahitnya kebodohan kelak”



KATA PENGANTAR



Alhamdulillah puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PENGARUH PENAMBAHAN *CO-SUBSTRATE* ASAM ASETAT TERHADAP KONSENTRASI COD DAN MLSS LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK SECARA BIOLOGIS DENGAN METODE REAKTOR BATCH”**. Adapun laporan ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat Sarjana Strata 1 pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam pelaksanaan penelitian ini penulis tidak bisa terlepas dari banyak pihak yang membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, maka pada kesempatan kali ini penulis ingin sekali mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak DR-Ing Widodo Brontowoyono selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Hudori, ST., MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – UII.
3. Andik Yulianto, ST., MT. dan Any Juliani, ST.,M.Sc.(Res.Eng) Selaku dosen pembimbing kedua tugas akhir penulis, yang dengan ikhlas telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan fikiran untuk membimbing hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
4. Bapak Tasyono, Bapak Iwan, Mbak Nuri dan Mbak Diah selaku laboran Laboratorium Teknik Lingkungan yang sudah memberikan bantuan kepada penulis.
5. Pimpinan dan karyawan Sogan Batik Yogyakarta. Terima kasih atas kerjasama dan bantuan yang diberikan.
6. Semua dosen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah banyak memberikan pengarahan dan pembelajaran ilmu pengetahuan yang bermanfaat kepada penulis.

7. Kedua orang tua penulis, Ibu Siti Zuhriyah dan Bapak Sugiyarto, SE. Terimakasih atas semua kasih sayang, doa, dan dukungan yang tiada hentinya selalu diberikan kepada penulis. Tanpa mereka penulis bukan apa – apa hingga saat ini.
8. Adik penulis, Muhammad Akbar Maulana, terimakasih atas doa serta dukungan untuk penulis selama ini. Semoga kita semua bisa menjadi anak yang selalu berbakti untuk orang tua, agama dan bangsa.
9. Keluarga besar penulis, terimakasih atas dukungan dan doanya yang sudah diberikan kepada penulis.
10. Annisa Apriani yang selalu setia mendengar keluh kesah penulis, terima kasih telah menjadi partner yang luar biasa, belajar bersama tentang banyak hal. *You're really best my sister!!*
11. Terimakasih sahabat-sahabat aku Mace, Riyana, Estyana dan Tetty Tralala yang selalau membuat aku ketawa dan bahagia selama empat tahun ini. Geng 4 tahun lagi ketemu sudah ada yang nemenin semua yah, I love You!!
12. Keluarga besar kos C-30 yang mempunyai nasib yang sama “Jomblo”, yang mempunyai kata tabu untuk di katakan “*skripsi*”. *Guys, suksess selalau yah!*
13. Seluruh keluarga besar Teknik Lingkungan 2012 terimakasih sudah menjadi yang luar biasa di daerah perantauan ini, terimakasih bantuan dan doa dari kalian semua. Penulis sangat bersyukur dipertemukan dengan kalian semua. Tetap solid saudaraku!! *See you on top*

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk lebih baik kedepannya. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 12 September 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Proses Pembuatan Batik Secara Umum	5
2.2 Karakteristik Limbah Batik	8
2.3 Pengolahan Limbah Cair Industri Batik	11
2.4 Pengolahan Biologi	14
2.4.1 Metode Pengolahan Aerob	15
2.4.2 Fase-Fase Pertumbuhan Mikroorganisme Secara Batch	16
2.5 Penggunaan Reaktor Batch	19

2.6	Penggunaan Asam Asetat Sebagai kosubstrat	20
BAB III	METODE PENELITIAN	21
3.1	Lokasi Penelitian.....	21
3.2	Jenis Penelitian.....	21
3.3	Watu Penelitian	21
3.4	Variabel Penelitian	21
3.5	Tahap Pelaksanaan Penelitian	22
3.6	Langkah Penelitian	23
3.6.1	Persiapan Bahan Baku Limbah Cair Industri Batik	23
3.6.2	Pengembangbiakan Mikroorganisme (Seeding).....	23
3.6.3	Pembuatan Reaktor Batch Aerob.....	24
3.6.4	Tahap Pengoperasian Reaktor	25
3.6.5	Parameter yang Diukur.....	25
3.7	Prosedur Analisis.....	27
3.8.1	Pengambilan Data	27
3.8.2	Pengolahan Data	27
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA	28
4.1	Umum.....	28
4.2	Hasil Penelitian dan Pembahasan	28
4.3	Pembibitan (Seeding) Lumpur	29
4.4	Pengoperasian Reaktor Batch Aerob	31
4.4.1	Hasil Konsentrasi COD Setelah Pengolahan.....	32
4.4.1.1	Pengaruh kosubstrat dan Substrat Terhadap Konsentrasi COD	32
4.4.1.2	Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Konsentrasi COD	34
4.4.2	Hasil Konsentrasi MLSS Setelah Pengolahan	36
4.4.2.1	Pengaruh kosubstrat dan Substrat Terhadap Konsentrasi COD	36
4.4.2.2	Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Konsentrasi COD	37

4.4.3	Nilai pH, DO dan Suhu Setelah Pengolahan	39
4.4.3.1	Nilai pH Sampel Limbah Cair Industri Batik Selama Perlakuan Pengolahan.....	39
4.4.3.2	Nilai Suhu Sampel Limbah Cair Industri Batik Selama Perlakuan Pengolahan.....	40
4.4.3.3	Nilai DO Sampel Limbah Cair Industri Batik Selama Perlakuan Pengolahan.....	41
4.5	Korelasi MLSS dan COD	43
4.6	Korelasi MLSS, COD dengan pH.....	46
BAB V	PENUTUP	49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	49



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Kualitas Limbah Cair Industri Batik Sebelum Diolah.....	28
Tabel 4.2	Nilai VSS (Volatile Suspended Solid) Dalam Lumpur	31
Tabel 4.3	Pedoman Interpolasi Terhadap Koefisien Korelasi	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur Proses Pembuatan Batik Beserta Limbahnya	5
Gambar 2.2. Karakteristik Limbah Cair Industri Batik.....	11
Gambar 2.3 Skema Fase Pertumbuhan Mikroorganisme	17
Gambar 2.4 Reaktor Batch	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.2 Gambaran Reaktor Batch Aerob.....	24
Gambar 4.1 Peralatan Seeding dengan Mensetirer 24 Jam	29
Gambar 4.2 <i>Seeding</i> Secara Aerob Selama 5 Hari	30
Gambar 4.3 Reaktor Batch Aerob.....	31
Gambar 4.4 Grafik Konsentrasi COD dengan Perbandingan Variasi Kosubatrat dan Substrat : (A) 90%:10% (B) 80%:20% (C) 70%:30%	33
Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi MLSS dengan Perbandingan Variasi Kosubatrat dan Substrat : (A) 90%:10% (B) 80%:20% (C) 70%:30%	38
Gambar 4.6 Profil pH Pada Berbagai % Konsentrasi Kosubatrat dan Substrat: (A) 90%:10% (B) 80%:20% (C) 70%:30%	40
Gambar 4.7 Profil Suhu Pada Berbagai % Konsentrasi Kosubatrat dan Substrat : (A) 90%:10% (B) 80%:20% (C) 70%:30%	41
Gambar 4.8 Profil DO Pada Berbagai % Konsentrasi Kosubatrat dan Substrat : (A) 90%:10% (B) 80%:20% (C) 70%:30%	42
Gambar 4.9 Grafik Korelasi MLSS dan COD	45
Gambar 4.10 Grafik Korelasi pH dan COD	47
Gambar 4.11 Grafik Korelasi pH dan MLSS	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Konsentrasi COD, MLSS, pH, Suhu dan DO.....	55
Lampiran 2 Bagan Cara Kerja COD dan MLSS.....	57
Lampiran 3 Dokumentasi	59



ABSTRAK

Batik merupakan salah satu kerajinan dan menjadi pendapatan yang besar untuk Indonesia, bertambahnya jumlah Industri batik mengakibatkan limbah batik yang dihasilkan semakin banyak. Limbah batik berbahaya bila dibuang ke lingkungan tanpa perlakuan terlebih dahulu. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan kosubstrat asam asetat terhadap konsentrasi COD dan MLSS limbah cair industri batik yang diolah secara biologis dengan metode reaktor batch aerob. Sampel penelitian ini adalah limbah cair Industri Sogan Batik Yogyakarta. Proses penelitian ini meliputi seeding yaitu proses pembiakan mikroorganisme yang berasal dari IPLT Sewon dan running. Pada tahap running ini, limbah cair industri batik, kosubstrat asam asetat, dan lumpur dimasukkan kedalam reaktor dengan variasi perbandingan kosubstrat (90%, 80% dan 70%), limbah industri batik (10%, 20% dan 30%) dan waktu tinggal (1, 2, 3, 5 sampai 23 jam). Kemudian diaerasi dengan menggunakan aerator dan dilakukan pengamatan terhadap konsentrasi COD dan MLSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis kosubstrat asam asetat memberikan pengaruh terhadap konsentrasi COD dan MLSS. Hasil analisa didapatkan nilai COD secara garis besar mengalami penurunan begitu pula nilai MLSS mengalami penurunan juga. Penurunan nilai MLSS tidak diikuti dengan kenaikan nilai COD. Hal ini biasa disebabkan masih ada sebagian mikroorganisme yang dapat bertahan dan mendegradasi senyawa-senyawa organik dalam limbah, sehingga nilai COD turun.

Kata Kunci : *Limbah Batik, kosubstrat, Asam Asetat, seeding, COD, MLSS*

ABSTRACT

Batik is the art and also a source of income of Indonesia, the increasing of batik industry make the waste water dys increase. Waste batik hazardous when disposed into the environmental whithout treatment. The research is to find out the effect of increase acetic acid kosubatrak to the concentration of COD and MLSS industrial wastewater batik treated biologically by the method of batch aerobic reactor. The batik wastewater that used for research came from the industrial wastewater of Sogan Batik, Yogyakarta. The reaserch process involves seeding and running. Seeding is the breeding process of microorganisms from Sewon IPLT. On running, industrial wastewater batik, acetic acid kosubatrak, and sludge inserted into the reactor with comparison of variation acetic acid cosubstrak (90%, 80%, and 70%), industrial wastewater batik (10%, 20%, and 30%) and detention time (1, 2, 3, 5, and 23) hours. Then aerated using aerator and carried out observation of the concentration of COD and MLSS. The result of this research shows that the dosage of acetic acid kosubatrak gave the concentration of COD and MLSS. Results of analyze, the value of COD and MLSS overall has decreased. The decrease MLSS is not followed by an increase in the value of COD. Because there are still some microorgabisms survive and that can degrade organic compounds in the waste, so the COD value down.

Keywords : Batik waste, kosubatrak, acetic acid, seeding, COD, MLSS

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri batik secara ekonomi cukup memberikan pendapatan yang besar kepada Negara, baik dari segi penyerapan tenaga kerja maupun pemasukan devisa dan pajak. Permintaan pasar untuk konsumsi lokal dan luar negeri terbuka luas sehingga memberikan peluang yang besar untuk perkembangan industri saat ini. Saat ini pemasaran batik lokal juga telah menembus pasar luar negeri antara lain Eropa dan Amerika. Sentra local tersebut adalah sentra batik yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY).

Dalam proses produksi batik dapat memberikan dampak positif dan negatif. Dampak positifnya adalah mengurangi tingkat pengangguran karena adanya industri batik berarti membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat. Dampak negatifnya industri batik menghasilkan air limbah dari proses produksi yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan.

Pada umumnya air limbah dari proses industri batik dibuang begitu saja ke lingkungan, alasan yang paling dominan adalah perajin tidak mempunyai waktu dan biaya untuk mengolah limbah cairnya (Sulaeman dkk, 2001). Jika hal ini dibiarkan terus menerus, maka akan semakin berdampak buruk terhadap lingkungan yang nantinya dapat mengancam kelestarian lingkungan.

Dalam proses produksinya, industri batik banyak menggunakan bahan seperti air dan bahan-bahan kimia. Penggunaan bahan kimia biasanya pada saat proses pewarnaan dan pencelupan limbah batik. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri batik berupa logam berat, padatan tersuspensi, atau zat organik yang tinggi. Oleh karena itu apabila air buangan batik ini dialirkan langsung ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, maka akan menurunkan kualitas lingkungan dan merusak kehidupan yang ada di lingkungan tersebut.

Beberapa penelitian pengolahan limbah batik sudah banyak dilakukan, baik itu secara fisika, kimia maupun biologi. Namun pemilihan proses pengolahan bukan hanya berdasarkan hasil yang nantinya aman bagi lingkungan tetapi perlu diperhitungkan dari segi ekonominya.

Pada pengolahan biologis biasa dilakukan apabila perbandingan antara BOD dengan COD sekitar 0,65 (Said dan Ineza 2002). Dari penelitian penelitian yang dilakukan dengan menggunakan limbah cair batik di daerah Yogyakarta didapatkan nilai BOD dan COD berada disekitar 0,65, yaitu pada penelitian yang dilakukan Purwaningsih, 2008 didapatkan nilai BOD & COD berturut-turut adalah 1260 mg/L dan 3039 mg/L dan penelitian yang dilakukan oleh Dyah Saptarini, 2009 didapatkan nilai BOD dan COD adalah 142 mg/L dan 269 mg/L.

Melihat data-data tersebut, penulis mengambil alternatif pengolahan limbah cair batik secara biologi. Pengolahan secara biologis adalah memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mengkonsumsi bahan-bahan organik untuk membentuk biomassa sel baru serta zat-zat organik dan memanfaatkan energi yang dihasilkan dari reaksi oksidasi untuk metabolismenya. Pengolahan biologis dilakukan dengan menggunakan metode batch aerob dengan penambahan asam asetat sebagai kosubstrat. Penelitian ini akan terfokus pada proses biologis dengan pemantauan parameter COD dan MLSS. Jumlah bakteri yang menguraikan juga mempengaruhi proses, karena semakin banyak bakteri maka proses penguraian senyawa organik akan semakin cepat. Maka, penambahan kosubstrat ini diharapkan dapat menambah biomassa mikroorganismenya sehingga dapat mendorong aktivitas mikroorganisme untuk lebih maksimal menguraikan zat organik yang terdapat dalam air limbah.

Dipilihnya asam asetat sebagai kosubstrat karena dari berbagai penelitian bahan ini terbukti biasa meningkatkan biomassa mikroorganisme. Sehingga diharapkan semakin banyaknya mikroorganisme yang tumbuh, semakin banyak pula mengikat atau menghancurkan bahan-bahan yang ada didalam air limbah menjadi bahan yang mudah dipisahkan, sehingga tidak memberikan atau mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan.

Pada penelitian ini akan dikaji lebih dalam tentang pengaruh penambahan asam asetat sebagai kosubstrat dalam pengolahan limbah cair industri batik dengan menggunakan reactor batch aerob terhadap kadar COD dan MLSS.

1.2 Rumusan Masalah

Limbah cair industri batik mengandung bahan organik yang tinggi, bila di buang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu akan menimbulkan dampak negative berupa penurunan kualitas lingkungan. Upaya penanganan dampak dapat dilakukan dengan pengolahan secara fisika, kimia dan biologi. Bila dibandingkan dengan dengan pengolahan secara fisika dan kimia pengolahan biologi masih jarang dilakukan. Dalam penelitian ini mencoba untuk mengembangkan pengolahan secara biologis dengan cara menambahkan kosubstrat pada limbah industri batik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan kosubstrat asam asetat terhadap konsentrasi COD dan MLSS limbah cair industri batik yang diolah secara biologis dengan metode reaktor batch aerob.
2. Mengetahui pengaruh penambahan variasi kosubstrat asam asetat sehingga didapatkan variasi optimal untuk pengolahan limbah cair industri batik secara biologis dengan menggunakan metode batch aerob.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian yang dilakukan adalah :

1. Limbah cair yang digunakan adalah limbah batik dari industri di Yogyakarta.
2. Pengolahan limbah cair batik difokuskan kepada biological (Biologis) secara aerob dengan menambahkan asam sulfat sebagai kosubstrat menggunakan metode

reactor batch dengan parameter kunci penelitian pengolahan limbah industri batik adalah COD dan MLSS.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

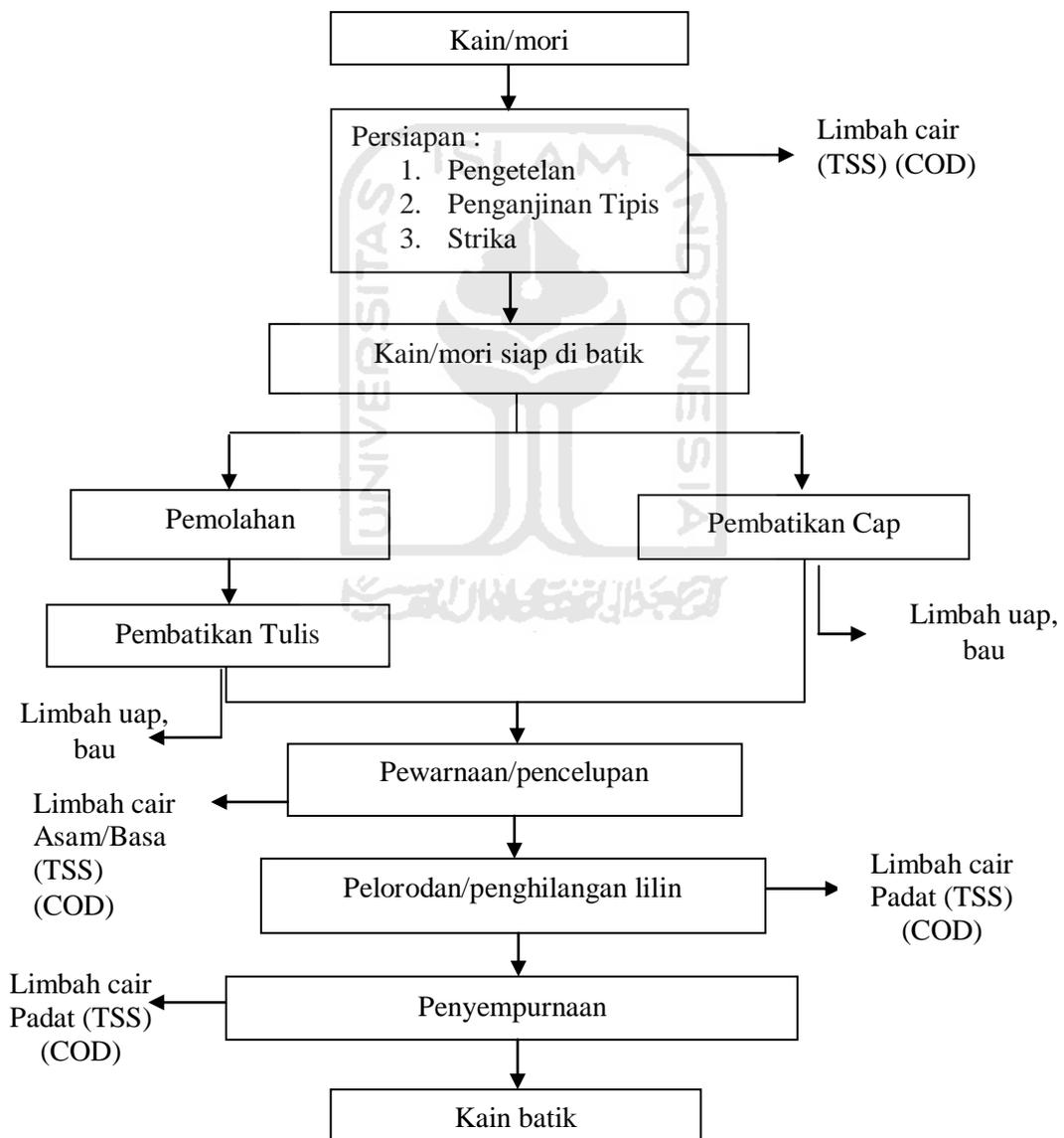
1. Memberikan gambaran dan informasi kepada masyarakat, khususnya pelaku industri yang berpotensi menghasilkan limbah cair industri dalam mengelola dan mengolah limbah cair industri batik yang dihasilkan dengan metode yang efektif.
2. Membangkitkan kepedulian dan kesadaran kepada semua pihak tentang arti kesehatan dan kebersihan lingkungan dengan melakukan pengelolaan dengan konsep teknologi bersih dan ramah lingkungan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembuatan Batik Secara Umum

Teknik membuat batik adalah proses pekerjaan dari mori batik sampai menjadi kain batik. Proses pengolahan batik secara umum dan limbah yang dihasilkan dapat dilihat dalam **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. Alur Proses Pembuatan Batik Beserta Limbahnya (Sumber: Anonim, 1998)

1. Proses Persiapan Bahan Baku

a. Persiapan Bahan Baku Mori

Proses persiapan bahan baku mori terdiri dari proses-proses penyediaan mori, perendaman, pengetelan, pengajian tipis, penghalusan permukaan mori dan pemolaan. Adapun maksud dari tahapan di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Perendaman dan pengeteln, dimaksudkan untuk menstabilkan dimensi, terhilangkan kanji dan zat finish lain,
- Pengajian tipis dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang rata, sehingga memudahkan proses pematikan dan penghilangan lilin batik,
- Penghalusan permukaan mori dilakukan agar pemolaan dapat lebih mudah dilaksanakan.

b. Persipan Bahan Baku Lilin

Proses persiapan bahan baku lilin batik, lilin batik dibuat dari bermacam-macam bahan yang dicampur menjadi satu dengan perbandingan tertentu sesuai dengan sifat lilin yang dikehendaki. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan lilin batik terdiri dari gondoruken, dammar mata kucing, parafin, lilin tawon, gajih atau lemak binatang, minyak kelapa, dan lilin batik bekas lorodan, tetapi tidak semua bahan tersebut di atas ada dalam pembuatan lilin batik.

2. Proses Pematikan

Adalah proses pelekatan lilin batik pada mori batik sesuai dengan pola yang diinginkan. Ada beberapa cara antara lain:

- a. Pelekatan lilin secara tulis dengan alat canting tulis, urutan pengerjaannya sebagai berikut:
 - Pematikan Klowong,
 - Pematikan Isen-isen.
- b. Pematikan Tembakan, pengerjaannya sebagai berikut:
 - Pematikan Klowong,
 - Pematikan Isen-isen,
 - Pematikan Tembakan.

Ketiga tahapan pembatikan dengan alat canting ditulis dikerjakan pada dua permukaan.

c. Pelekatan lilin dengan alat cap, urutan pengerjaannya adalah sebagai berikut:

- Pencapan Klowong dan Isen-isen,
- Pencapan Tembokan.

Untuk bahan mori yang tebal dan rapat kedua urutan pengecapan dilakukan pada kedua permukaan bahan, sedangkan untuk bahan mori yang tipis pengecapan dilakukan hanya pada satu permukaan saja.

3. Proses Pewarnaan

Proses pewarnaan batik dilakukan pada suhu kamar dan secara garis besar dilakukan dengan cara, yaitu:

- a. Pewarna secara coletan, jenis warna yang digunakan antara lain zat awarna rapid, zat warna indigosol dan zat warna reaktif.
- b. Pewarnaan secara celupan, zat warna yang digunakan dalam pewarnaan batik secara celupan antara lain zat warna naphthol, zat warna indanthrene, zat warna reaktif dan zat warna soja alam.

4. Proses Pelepasan Lilin Batik

Terdiri dari 2 cara pelepasan, yaitu

- a. Proses kerokan (proses pelepasan sebagian lilin) adalah proses pelepasan sebagian batik dengan cara dikerok dan untuk penyempurnaan proses ini diperlukan adanya penyikatan dimana terlebih dahulu dalam larutan kostik soda.
- b. Proses lorodan (proses pelepasan seluruh lilin) adalah proses pelepasan lilin batik dengan cara direbus dalam air mendidih yang diberi kanji atau soda atau natrium silikat tergantung jenis bahan zat warna yang digunakan supaya proses pelepasan lilin secara keseluruhan dapat sempurna

5. Proses Penyelesaian

Maksud dari proses penyelesaian adalah memperbaiki penampilan produk batik yang dihasilkan, termasuk meningkatkan ketahanan warna dan pengemasan (Anonim, 1997).

2.2 Karakteristik Limbah Cair Batik

Menurut Murachman (1995), pemahaman tentang karakteristik air limbah sangat diperlukan jika ingin melakukan kegiatan penanganan limbah meliputi desain, operasi pengumpulan, pengolahan dan pembuangan, serta teknik manajemen kualitas lingkungan. Karakteristik air limbah dapat dibedakan secara fisika, kimia, dan biologi.

a) Karakteristik Fisika

1. Padatan Tersuspensi (*Suspended Solid*)

Padatan tersuspensi (*Suspended Solid*) atau sering disebut TSS merupakan kombinasi dari padatan yang dapat diendapkan dan padatan yang tidak dapat diendapkan. TSS mencerminkan jumlah kepekatan padatan dalam suatu contoh air. Menurut Fardiaz (1992), padatan tersuspensi merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak mengendap secara langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukurannya maupun beratnya lebih kecil dari sedimen. Adanya padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar atau cahaya ke dalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis.

2. Padatan Terlarut (*Dissolved Solid*)

Padatan terlarut (*Dissolved Solid*) atau TDS merupakan padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil daripada padatan tersuspensi, padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa organik dan nonorganik yang larut dalam air, mineral dan garam garamnya (Fardiz,1992). Adanya zat padat ini di dalam air yang melebihi 1500 mg/L maka akan mengakibatkan air tidak enak rasanya, rasa mual dan terjadinya *cardiac diseases* serta *taxaemia* pada wanita-wanita hamil (Sanropie,dkk, 1984).

3. Total Padatan (Total Solids)

Total padatan adalah jumlah semua padatan termasuk bahan yang tersuspensikan (tidak larut atau *suspended*) maupun yang terlarut (*dissolved*) dalam air limbah. Air dengan padatan tinggi sangat tidak dikehendaki sebagai air konsumsi karena berasa tidak enak dan juga berpengaruh pada kesehatan (Anonim,2005).

4. Kekeruhan (Turbidity)

Kekeruhan menunjukkan adanya zat tersuspensi seperti lumpur, zat *organik*, dan zat-zat halus lainnya sehingga mempengaruhi sifat optis air. Sifat optis yaitu hamburan dan adsorpsi cahaya yang dilaluinya (Anonim, 2005). Kekeruhan sering diukur dengan metode *Nephelometric*, satuan kekeruhan yang diukur dengan metode ini adalah NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*).

5. Suhu

Limbah cair memiliki suhu yang berbeda dibandingkan dengan air biasa, biasanya suhunya lebih tinggi Karena adanya proses pembusukan. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misalnya gas O₂, CO₂,N₂,CH₄ dan sebagainya.

6. Bau

Air buangan segar biasanya mempunyai bau seperti sabun atau lemak. Air mempengaruhi standar kualitas harus bebas dari bau atau yang dapat membusuk serta senyawa kimia lain seperti phenol. Jika air berbau maka akan mengganggu estetika (sanropie,dkk,1984).

7. Warna

Warna pada limbah industri batik pada umumnya berasal dari pencelupan hasil proses pewarnaan. Pada proses pewarnaan pada umumnya digunakan zat warna buatan (sintetik).

b) Karakteristik Kimia

1. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman menunjukkan kadar asam atau basa suatu larutan. Pada pengolahan limbah nilai pH sangat penting karena sangat mempengaruhi proses pengolahan limbah tersebut, baik secara biologi maupun kimia.

2. BOD

BOD adalah jumlah oksigen dalam air limbah yang digunakan mikroorganisme non-fotosintetik untuk memetabolisme secara biologis senyawa-senyawa organik yang biodegradable pada suhu 20°C, selama lebih kurang dari 5 hari. Pemilihan waktu tinggal 5 hari berdasarkan asumsi bahwa reaksi oksidasi akan berlangsung pesat pada hari pertama (Anonim,2005). Nilai BOD dalam air semakin meningkat dengan bertambahnya tingkat pencemaran yang diakibatkan oleh buangan bahan organik.

3. COD

COD adalah kebutuhan kimiawi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi karbon organik secara kimiawi. Hasil penetapan COD sangat berguna untuk mengetahui beban pencemaran yang disebabkan bahan organik baik biodegradable maupun non-biodegradable dari suatu limbah cair, walaupun tidak mewakili secara keseluruhan. Oleh karena itu hasil penetapan COD biasanya lebih tinggi dari hasil penetapan nilai BOD (Anonim, 2005)

c) Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi dalam limbah cair berupa bakteri patogen. Pemeriksaan biologi diperlukan untuk mengukur kualitas air yang diperuntukkan untuk air minum.

Dalam limbah batik, terdapat beberapa parameter kunci yang harus disesuaikan dengan setandar baku mutu air limbah. Berdsarkan literature yang ada beberapa peraturan yang mengacu terhadap limbah batik, diantaranya adalah Keputusan Gubernur Kepala DIY Nomor 7 Tahun 2016. Berikut lampiran dari peraturan-peraturan serta parameter yang ada :

Parameter	PROSES BASAH		PROSES KERING	
	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (kg/ton)
BOD ₅	85	5,1	85	1,275
COD	250	15	250	3,75
TDS	2.000	120	2.000	30
TSS	60	3,6	80	1,2
Fenol	0,5	0,03	1	0,015
Krom Total (Cr)	1	0,06	2	0,03
Amonia Total (NH ₃ Sebagai N)	3	0,18	3	0,045
Sulfida (sebagai S)	0,3	0,018	0,3	0,0045
Minyak dan Lemak Total	5	0,3	5	0,075
Suhu	± 3°C terhadap suhu udara			
pH	6,0 – 9,0			
Debit limbah Paling Banyak (m ³ /Ton produk batik)	60		15	

Gambar 2.2. Karakteristik Limbah Cair Industri Batik

(Baku Mutu : Kep. Gubernur Kepala DIY. No: 7/2016).

2.3 Pengolahan Limbah Cair Industri Batik

Berbagai upaya untuk mengolah limbah cair industri batik telah dicoba dan dikembangkan. Secara umum, metode pengolahan yang dikembangkan tersebut dapat digolongkan atas 3 jenis metode pengolahan, yaitu secara fisika, kimia maupun biologis

1. Pengolahan Limbah Cair Secara Fisika

Bertujuan untuk menyisahkan atau memisahkan bahan pencemar tersuspensi atau melayang yang berupa apadatan dari dalam air limbah. Pengolahan limbah cair secara fisik pada industri batik misalnya penyaringan dan pengendapan. Proses penyaringan dimaksudkan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau padatan terapung yang relative besar seperti lilin batik, zat-zat warna, zat-zat kimia yang tidak larut dan kotoran-kotoran pada limbah cair. Proses penyaringan ini dilakukan sebelum limbah tersebut mendapatkan pengolahan

lebih lanjut. Sedangkan proses pengendapan ditujukan untuk memisahkan padatan yang dapat mengendap dengan gaya gravitasi.

Cara fisika, merupakan metode pemisahan sebagian dari beban pencemaran khususnya padatan tersuspensi atau koloid dari limbah cair dengan memanfaatkan gaya-gaya fisika (Eckenfelder, 1989 dan MetCalf & Edy, 2003). Dalam pengolahan limbah cair industri batik secara fisika, proses yang digunakan antara lain adalah sedimentasi, adsorpsi menggunakan karbon aktif dan juga elektrolisis. Cara pengolahan limbah dengan cara sedimentasi, adsorpsi maupun elektrolisis memiliki efisiensi yang baik dalam pengolahan limbah batik tetapi juga menimbulkan limbah baru yaitu flok/ koagulan yang tidak dapat digunakan lagi. Dan juga dengan pengolahan ini memerlukan biaya yang cukup tinggi.

2. Pengolahan Limbah Cair Secara Kimia

Bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (*koloid*), menetralkan limbah cair dengan cara menambahkan bahan kimia tertentu agar terjadi reaksi kimia untuk menyisihkan bahan polutan. Penambahan zat pengendap disertai dengan pengadukan cepat menyebabkan terjadinya penggumpalan, hasil akhir proses pengolahan biasanya merupakan endapan yang kemudian dipisahkan secara fisika. Zat-zat pengendap yang ditambahkan biasanya adalah Kapur, Fero Sulfat, Feri Sulfat, Alumunium Sulfat, Feri Khlorida dan sebagainya.

Cara kimia, merupakan metode penghilangan atau konversi senyawa-senyawa polutan dalam limbah cair dengan penambahan bahan-bahan kimia atau reaksi kimia lainnya (MetCalf & Eddy, 2003). Beberapa proses yang dapat diterapkan dalam pengolahan limbah cair industri batik diantaranya termasuk koagulasi-flokulasi.

Proses koagulasi-flokulasi adalah proses penambahan koagulan terhadap limbah cair sehingga tersuspensi koloid yang sangat halus dan menghasilkan gumpalan-gumpalan yang dapat diendapkan, sehingga terpisah dari air. Efektifitas koagulasi-flokulasi juga di tentukan oleh lama pengadukan, yang dapat disamakan dengan waktu tinggal.

Koagulasi-flokulasi merupakan proses berkelanjutan, dimana koagulasi adalah proses awal dengan pengadukan cepat untuk menyatukan koloid-koloid menjadi flok-flok kecil. Kemudian dilanjutkan dengan proses flokulasi yaitu pengadukan lambat untuk membentuk flok menjadi lebih besar sehingga lebih mudah untuk dipisahkan dengan air.

Proses koagulasi memiliki beberapa kelebihan yaitu lebih cepat, efektif dan efisien menghilangkan bahan-bahan limbah dalam bentuk koloid, dengan menambahkan koagulan. Masalah dalam pengolahan limbah secara kimiawi adalah banyaknya endapan lumpur yang dihasilkan (Ramalho, 1983; Eckenfelder, 1989; MetCalf dan Eddy, 2003), sehingga membutuhkan penanganan lebih lanjut.

3. Pengolahan Limbah Cair Secara Biologi

Pengolahan secara biologi ini memanfaatkan mikroorganisme yang berada di dalam air untuk menguraikan bahan-bahan polutan. Pengolahan limbah cair secara biologi ini dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pengolahan ini digunakan untuk mengolah air limbah yang *biodegradable*.

Pada dasarnya, reactor pengolahan secara biologi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

- a) Reactor pertumbuhan tersuspensi, didalam reactor ini mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Proses lumpur aktif, lagoon dan kolom oksida termasuk dalam jenis reactor pertumbuhan tersuspensi.
- b) Reactor pertumbuhan lekat, di dalam reactor ini mikroorganisme tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film meletakkan dirinya.

Proses pengolahan secara biologis pada prinsipnya dibedakan menjadi tiga jenis:

- Proses aerob, yang berlangsung dengan adanya oksigen,
- Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen,
- Proses fakultatif, yang berlangsung dengan atau tanpa adanya oksigen.

Cara biologi dapat menurunkan kadar zat organik terlarut dengan memanfaatkan mikroorganisme atau tumbuhan air. Mikroorganisme yang digunakan untuk pengolahan limbah adalah bakteri, algae, atau protoza (Ritman dan MCarty, 2001). Sedangkan tumbuhan air yang mungkin dapat digunakan termasuk gulma air (Lisnasari, 1995).

Metode biologis lainnya juga telah di coba di terapkan dalam penanganan limbah cair industri batik, yaitu menggunakan proses lumpur aktif. Pada penelitian yang dilakukan Rafika dkk (2012) dapat menurunkan kadar COD sebesar 80,42%, dan untuk kadar BOD adalah 79,03% dan untuk Pb adalah 75,13%. Waktu optimal perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan kadar COD pada air limbah adalah 12 jam, terhadap kadar BOD adalah 12 jam, dan untuk penurunan kadar Pb adalah 8 jam. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa lumpur aktif memberikan pengaruh yang paling baik dalam menurunkan kadar COD, BOD dan Pb (Rafika, dkk, 2012).

Berdasarkan penjelsan diatas metode pengolahan biologis limbah cair industri batik dirasa lebih sederhana, murah dan mudah dioperasikan, sehingga dapat diterima dan diterapkan di Indonesia. Salah satu cara pengolahan biologis adalah menggunakan proses aerob.

2.4 Pengolahan Biologi

Berdasarkan pemanfaatan oksigen dalam proses metabolisme sel, pengolahan limbah cair secara biologis dapat dibagi atas 2 kelompok, yaitu proses secara aerob dan anaerob. Sistem aerob membutuhkan pemakaian oksigen dari atmosfer atau dari sumber oksigen murni. Pada proses aerob, katabolisme senyawa organik berlangsung dengan memanfaatkan oksigen bebas yang terdapat dalam lingkungan sebagai penerima electron terakhir (Ritman McCARTY, 2001).

2.4.1 Metode Pengolahan Aerob

Di dalam proses aerobik, mekanisme transfer oksigen dilalui dalam 2 tahap, yaitu pertama-tama gelembung udara dilarutkan dalam air limbah yang disebarkan oleh aerator, kemudian larutan oksigen diserap oleh mikroorganisme

di dalam metabolisme dari bahan organik yang terdapat di dalam limbah. Dengan demikian, hal yang paling utama dalam proses pengolahan air limbah dengan metoda aerasi adalah pengaturan penyediaan udara pada bak aerasi. Bakteri aerob akan memakan bahan organik di dalam air limbah dengan bantuan oksigen. Pengaturan suplai oksigen ke dalam bak aerasi dimaksudkan untuk meningkatkan kenyamanan lingkungan dan kondisi bagi bakteri pemakan bahan *organik* agar dapat tumbuh dan berkembang biak dengan baik.

Proses aerobik, dapat dilakukan dalam dua metode yaitu *Suspended growth* dan *Attached growth*, berikut penjelasannya (Rhodes dkk., 2010):

1. *Suspended growth* yaitu mikroba bercampur dengan air limbah dimana mikroba membentuk flok-flok dan melayang-layang didalam reaktor aerobik. Metode tersuspensi yang paling banyak dilakukan di industri saat ini adalah activated sludge karena edisiensinya yang tinggi dan lahan yang relatif kecil dibanding tipe tersuspensi lainnya, meskipun pengontrolannya membutuhkan penanganan operasional yang lebih sulit.
2. *Attached growth* atau sering disebut dengan biofilm, dimana mikroorganisme diletakkan pada media, baik media yang tetap ataupun bergerak. Kelebihan metode ini adalah *organik* volumetrik loading ratenya tinggi sehingga volume reaktor dapat lebih kecil.

Pengolahan limbah secara aerobik merupakan pengolahan limbah secara biologis pada level *secondary treatment* dimana pengolahannya menggunakan bantuan mikroorganisme yang membutuhkan oksigen dalam proses metabolismenya. Bakteri yang berkembang menggunakan oksigen untuk mendegradasi senyawa organik dan polutan lain yang terlibat dalam berbagai system produksi yang umumnya dihitung dengan beberapa cara, diantaranya adalah COD dan BOD.

Ketika mikroorganisme yang menggunakan oksigen mencerna senyawa organik, mereka memafaatkan nitrogen, fosfor, karbon, dan nutrisi lain yang diperlukan untuk membuat protoplasma sel. Karbon berfungsi sebagai sumber energy bagi organism dan menghasilkan produk berupa karbon dioksida (CO₂). Karena karbon berfungsi baik sebagai sumber energi dan sebagai unsur dalam

protoplasma sel, maka jauh lebih banyak karbon yang dibutuhkan dibandingkan nitrogen yang dibutuhkan.

Perombakan aerobik yang terjadi di dalam proses ini sangat tergantung pada bakteri yang memerlukan udara, baik untuk pertumbuhan maupun untuk respirasi. Dengan ketersediaan oksigen maka bahan organik akan disintesa menjadi sel-sel baru dan sebagian lagi akan di konversi menjadi produk akhir yang stabil seperti CO_2 , H_2O dan NO_3 .

Pengolahan limbah secara aerob memiliki banyak keuntungan yang diantaranya:

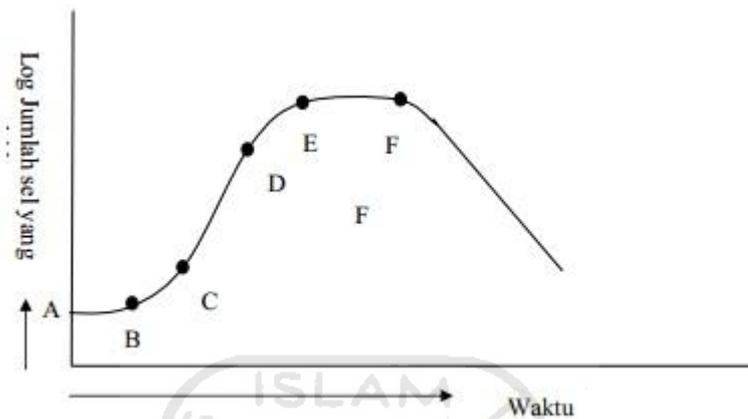
1. Dapat dijalankan secara independen tanpa bantuan dengan proses yang lain
2. Dapat meningkatkan floktuasi effluent yang lebih rendah (Chan dkk., 2009)
3. Mengurangi bau saat proses pengolahan aerobik bila dilakukan dengan benar.
4. Lingkungan aerobik menghilangkan banyak bakteri patogen dalam limbah pertanian.

2.4.2 Fase Fase Pertumbuhan Mikroorganisme Secara Batch

Reaktor batch merupakan suatu system kultur tertutup dengan kandungan nutrient atau substrat awal yang terbatas. Jika ke dalam reaktor ini ditambahkan mikroorganisme, maka akan terjadi pertumbuhan mikroorganisme dengan beberapa fase pertumbuhan. Selama proses berlangsung tidak terdapat aliran yang masuk maupun keluar reaktor.

Menurut Volk, WA & Wheeler, MT, (1998) Pertumbuhan mikroorganisme atau bakteri adalah meningkatnya jumlah sel konstituen (yang menyusun). Meningkatnya jumlah bakteri ini terjadi karena adanya pembelahan biner yaitu setiap bakteri membentuk dinding sel baru melintangi diameter pendeknya, lalu memisah menjadi dua sel, masing-masing sel kemudian membelah menjadi dua sel lagi dan seterusnya.

Laju pertumbuhan mikroorganisme dapat diproyeksikan sebagai logaritma jumlah sel terhadap waktu pertumbuhan. Dengan cara ini kurva pertumbuhan bakteri dapat digambarkan pada **Gambar 2.3** berikut ini.



Gambar 2.3 Skema Fase Pertumbuhan Mikroorganisme
(Sumber : Volk, WA & Wheeler, MT, (1998))

Fase A-B disebut tahap istirahat yang dikenal fase laten, selanjutnya disebut fase lambat (lag phase), adalah fase pertumbuhan awal, fase ini juga merupakan fase penyesuaian , seringkali disebut fase adaptasi. Waktu yang dibutuhkan pada fase lambat sangat bervariasi tergantung pada spesies, umur dari sel dan lingkungannya. Pada tahap ini mikroorganisme akan hidup terus tetapi belum dapat berkembang biak dengan baik. Waktu yang dibutuhkan yaitu untuk kegiatan metabolisme untuk persiapan dan penyesuaian dengan kondisi lingkungan. Setelah itu barulah diikuti dengan pembiakan.

Fase B-C dinamakan tahap tumbuh (accelerate phase), yaitu setelah mikroorganisme beradaptasi dengan keadaan yang baru, kemudian sel-sel mikroorganisme akan tumbuh dan membelah diri.

Fase C-D yaitu tahap pertumbuhan ganas (log phase). Fase ini disebut dengan fase pertumbuhan logaritmik karena jumlah sel meningkat secara logaritmik, yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\log N_1 = \log N_0 + 0.301 (t_1 - t_0)\mu$$

N_0 & N_1 masing-masing adalah jumlah sel mula-mula dan setelah jangka waktu t_1 (t_0-t_1) adalah waktu yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk berkembang dari N_0 menjadi N_1 , dan μ adalah kecepatan pertumbuhan rata-rata (specific growth rate). Fase pertumbuhan logaritmik seringkali juga disebut fase pertumbuhan eksponensial (kurva pertumbuhannya merupakan fungsi eksponensial dengan waktu).

Fase D-E adalah tahap pertumbuhan mereda (decelerate phase). Pada tahap ini pertumbuhan mikroorganisme mulai menurun karena persediaan makanan mulai berkurang atau kalau adanya racun dari hasil metabolisme mikroorganisme itu sendiri.

Fase E-F disebut periode pertumbuhan tetap (stationary phase). Jumlah mikroorganisme yang tumbuh seimbang dengan yang mati sebagai kelanjutan dari menurunnya jumlah bahan gizi atau penimbunan racun. Kecepatan pertumbuhan menurun dan akhirnya pertumbuhan terhenti. Sel-sel mikroorganisme pada periode ini umumnya lebih tahan terhadap perubahan-perubahan kondisi fisik seperti suhu tinggi, suhu rendah, penyinaran atau radiasi, serta berbagai bahan kimia.

Fase F dan seterusnya disebut fase menurun (decline phase) atau periode kematian (death phase). Sel-sel yang berada dalam periode pertumbuhan tetap akhirnya akan mati. Seperti halnya fase pertumbuhan eksponensial, maka fase kematian merupakan penurunan secara garis lurus. Kecepatan kematian beragam tergantung pada spesies mikroorganisme dan kondisi lingkungan (Rizal Syarif & Hariyadi Halid, 1993).

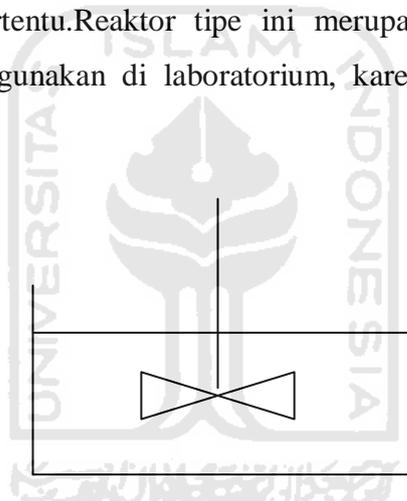
Proses pengolahan limbah cair secara biologis umumnya merupakan kelanjutan dari proses pengolahan tahap pertama (cara fisik dan kimia), agar limbah tersebut menjadi bersih dari kotoran-kotoran kasar dan bahan-bahan terapung, dsb serta menghilangkan atau mengeliminir zat-zat yang bersifat racun. Dengan demikian kondisi lingkungan tersebut dapat memungkinkan bagi mikroorganisme untuk melakukan kegiatannya.

Dalam pengolahan limbah cair secara biologis perlu diperhatikan tiga aspek pengolahan limbah cair meliputi stoikiometri reaksi, rejim hidrolis dan

kinetika reaksi. Stoikiometri reaksi meliputi jumlah reaktan atau substrat yang dikonsumsi dan produk atau mikroorganisme yang dihasilkan. Rejim hidrolis meliputi pola aliran masuk dan keluar, proses, pencampuran, distribusi fluida dan padatan yang ada dalam reaktor, sedangkan kinetika reaksi meliputi laju reaksi yang terjadi.

2.5 Penggunaan Reaktor *Batch*

Reaktor batch, atau sering disebut sebagai reaktor tertutup adalah suatu reaktor dimana tidak ada aliran masuk ataupun keluar selama reaksi berlangsung. Reaktan dimasukkan sekaligus pada saat awal, kemudian hasil reaksi diambil setelah jangka waktu tertentu. Reaktor tipe ini merupakan alat yang relative sederhana dan banyak digunakan di laboratorium, karena sangat cocok untuk reaksi-reaksi skala kecil.



Gambar 2.4 Reaktor Batch

Keuntungan reaktor *batch* antara lain lebih murah daripada reaktor alir, lebih mudah pengoperasiannya dan lebih mudah dikontrol. Sedangkan kerugian reaktor batch adalah tidak baik untuk reaksi fase gas (mudah terjadi kebocoran pada lubang pengaduk) dan waktu yang dibutuhkan lama tidak produktif.

Reaktor batch umumnya tertutup, merupakan tangki yang tercampur sempurna. Sebelum inokulasi reaktor batch mengandung volume nutrient dalam jumlah tertentu. Sesudah inokulasi proses dibiarkan misalnya tidak ada material yang ditambahkan ke dalamnya atau dihilangkan dari reaktor. Reaktor harus diaersi dan kontrol proses harus diterapkan, seperti control pH. Proses konversi biologi dalam reaktor batch umumnya didahului oleh satu seri phase. Sesudah

inokulasi terjadi *lag phase*; tidak ada pertumbuhan, mikroorganisme perlu menyiapkan perlengkapan enzymatic untuk fungsi seluler spesifik yang terlibat dalam proses pertumbuhan. Setelah itu mikroorganisme mulai tumbuh dengan menyediakan seluruh faktor pertumbuhan yang diperlukan, pertumbuhan akan terjadi secara eksponensial yang disebut *phase eksponensial* atau *phase logaritmik*. Setelah itu satu nutrient dan seterusnya akan menjadi habis dan pertumbuhannya akan menjadi terbatas (Wisjnuaprpto, 1995).

2.6 Penggunaan Asam Asetat Sebagai Kosubstrat

Asam asetat ($\text{CH}_3 - \text{COOH}$ atau $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) adalah salah satu asam lemak jenuh yang memiliki dua atom karbon, gugus karboksil ($-\text{COOH}$) dan gugus terminal (CH_3). Wujud dari asam ini adalah berupa cairan bening serta memiliki rasa yang asam dan bau yang menyengat yang khas (Murray dkk, 2003). Asam asetat ini dikenal di masyarakat dalam bentuk cuka yang biasanya digunakan pada makanan (Poredro, 2016).

Asam asetat merupakan bahan organik yang dapat dimanfaatkan mikroba sebagai sumber karbon dalam proses metabolisme (Yazid.M dkk, 2010). Penambahan asam asetat dalam media pertumbuhan dengan konsentrasi dan volume yang tepat akan dimanfaatkan sebagai sumber karbon yang mendukung pertumbuhan mikroba. Pernyataan ini didukung oleh Capithorm dan Terasaka bahwa penambahan kosubstrat berupa asam asetat akan mempercepat pertumbuhan bakteri dikarenakan salah satu unsur utama dari pembentukan sel bakteri yang baru berupa unsure karbon (C) yang mudah diserap.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Jl. Kaliurang Km 14,5 Sleman Yogyakarta, dengan sampel yang diambil dari Industri Sogan Batik yang berlokasi di Jl. Palagan Tentara Pelajar KM 10, Dusun Rejodani Rt01/Rw01, Sleman, Yogyakarta.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian terapan dengan sumber limbah dari industri Sogan Batik yang dilaksanakan dalam skala laboratorium.

3.3 Waktu Penelitian.

Penelitian ini dilakukan kurang lebih selama satu bulan yang dilanjutkan dengan pengolahan data dan penyusunan laporan.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas

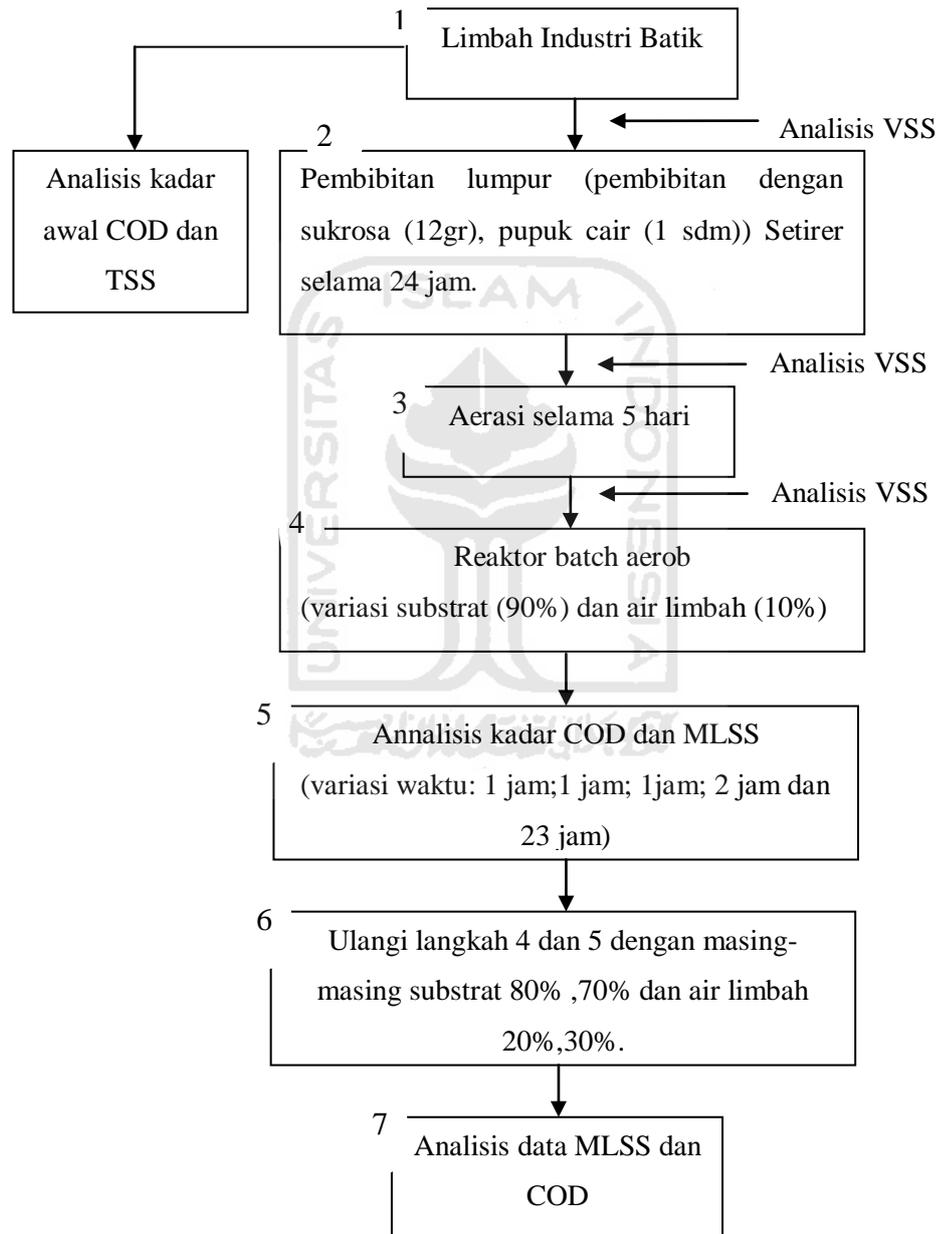
Variasi kosubstrat adalah 90%, 80% dan 70% dengan variasi limbah cair industri batik adalah 10%, 20% dan 30%. Variasi waktu pengambilan adalah 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 23 jam untuk masing-masing variasi.

2. Variabel terikat

Pengaruh metode reaktor batch aerob terhadap kadar COD dan MLSS yang berasal dari limbah cair Industri Sogan Batik.

3.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian dapat dilihat dalam bentuk diagram alir tahap pelaksanaan penelitian pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.6 Langkah Penelitian

Langkah-langkah pada penelitian ini dapat dilihat di bawah ini :

3.6.1 Persiapan Bahan Baku Limbah Cair Industri Batik.

Limbah cair industri batik di dapatkan dari pengrajin industri Sogan Batik yang terdapat di Yogyakarta. Sebanyak 150 ml limbah cair diambil dari sisa proses pewarnaan dan dimasukkan ke dalam 1 unit wadah botol plastik berukuran 150 ml, selanjutnya ditutup agar tidak terkontaminasi. Limbah cair tersebut kemudian di bawa ke laboratorium dan siap digunakan sebagai bahan baku penelitian dan dilakukan penelitian untuk mengetahui kadar COD dan TSS awal pada limbah batik tersebut.

3.6.2 Pengembangbiakan Mikroorganisme (*Seeding*)

Seeding atau disebut juga sebagai pembiakan mikroba merupakan langkah awal dari penelitian reaktor biologis. Pada tahap *seeding* ini yang perlu diperhatikan adalah konsentrasi zat *organik* (substrat) dan VSS. Dalam tahapan ini dilakukan upaya untuk menumbuhkan mikroorganisme pada suatu media. Menurut Volk, WA & Wheeler, MT, (1998) Pertumbuhan mikroorganisme atau bakteri adalah meningkatnya jumlah sel konstituen (yang menyusun). Meningkatnya jumlah bakteri ini terjadi karena adanya pembelahan biner yaitu setiap bakteri membentuk dinding sel baru melintangi diameter pendeknya, lalu memisah menjadi dua sel, masing-masing sel kemudian membelah menjadi dua sel lagi dan seterusnya.

Mikroorganisme ini sangat berperan penting dalam proses pengolahan biologis ini. Bibit mikroorganisme diambil dari lumpur kolam IPLT Sewon Bantul, Yogyakarta. Sebanyak kurang lebih 1000 ml lumpur diambil dari IPLT Sewon yang berada di Bantul Yogyakarta, dimasukkan ke dalam wadah tertutup dan di bawa ke laboratorium. 500 ml lumpur dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 1000 ml yang sudah di siapkan. Sebelum ditambahkan nutrisi dilakukan pengujian VSS untuk mengetahui biomassa mikroorganisme yang terdapat di lumpur tersebut. Selanjutnya ditambahkan nutrisi dengan perbandingan antara nutrisi dengan limbah cair sebagai berikut : sukrosa 12 gr, pupuk cair sebanyak 1 sdm

dan menambahkan air secukupnya agar lumpur tidak terlalu kental. Kemudian di stirer selama 24 jam. Setelah dilakukan stirrer selama 24 jam, di lakukan kembali pengujian VSS untuk mengetahui kenaikan jumlah biomassa mikroorganisme. Selanjutnya lumpur dilakukan aerasi agar diperoleh kondisi aerob selama 5 hari dengan menambahkan sisa lumpur dan penambahan kembali nutrisi yaitu : sukrosa 12 gr, pupuk cair 1 sdm dan menambahkan air.

3.6.3 Pembuatan Reaktor Batch Aerob

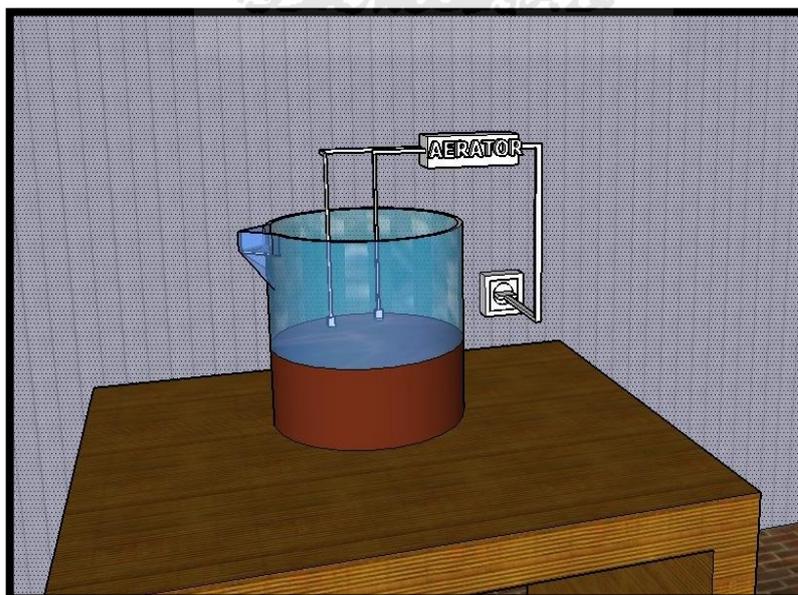
Reaktor batch aerob ini terdiri dari dua komponen penting, yaitu :

1. Bak atau wadah

Bak atau wadah yang digunakan adalah gelas beaker yang memiliki volume 1000 ml. Bak atau wadah ini terbuat dari kaca. Penelitian ini bersekala laboratorium dan dilakukan menggunakan metode *batch*.

2. Aerator

Aerasi pada bak pembibitan dilakukan dengan menggunakan aerator yang diberi selang kemudian diletakkan pada dasar wadah, disamping sebagai sumber oksigen untuk mikroorganisme juga digunakan sebagai pengaduk. Secara keseluruhan reaktor batch aerob dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Gambaran Reaktor Batch Aerob

3.6.4 Tahap Pengoperasian Reaktor

Berikut ini adalah tahapan – tahapan running dengan menggunakan reaktor batch aerob :

1. Tahapan pengoperasian alat dimulai dengan pemeriksaan bahwa semua rangkaian telah tersusun dengan benar.
2. Memasukkan lumpur sebanyak 1000 ml ke dalam bak (beker gelas).
3. Menunggu kurang lebih 1 jam agar lumpur mengendap dan terpisah dari air. Sehingga didapatkan lumpur sebanyak 700 ml dan air 300 ml.
4. Sebanyak 300 ml air dibuang dan 300 ml air digantikan dengan asam asetat sebanyak 90% (270 ml) dan air limbah sebanyak 10% (30 ml).
5. Kemudian aerator dinyalakan.
6. Pengambilan sampel dilakukan pada waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 23 jam.
7. Percobaan dilakukan lagi sebanyak 2 kali dengan masing-masing variasi penambahan asam asetat 80% (240ml); 70% (210 ml) dan air limbah 20% (60 ml); 30% (90 ml).
8. Analisis kadar COD dan MLSS.

3.6.5 Parameter yang diukur

Parameter utama yang dianalisa pada tahap penelitian utama meliputi COD dan MLSS. Selain itu juga dilakukan pengukuran parameter tambahan yaitu pH, DO dan suhu. Analisa parameter – parameter tersebut dilakukan pada interval waktu tertentu yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 23 jam.

1. COD

COD menyatakan jumlah banyaknya zat organik yang berada pada sistem. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 6989.2.2009 refluks tertutup. Pengambilan sampel untuk analisa COD pada tahap running dilakukan dengan interval waktu tertentu yaitu setiap 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 23 jam pada setiap variasi kosubstrat yang diberikan.

2. MLSS

MLSS digunakan untuk mengukur pertumbuhan mikroorganismenya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 06-6989.04.2004, SNI ini setandar untuk parameter TSS dan pada penelitian ini digunakan untuk mengukur MLSS. Pengambilan sampel untuk analisa MLSS pada tahap running dilakukan dengan interval waktu tertentu yaitu setiap 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 23 jam pada setiap variasi kosubstrat yang diberikan.

3. pH

pH adalah istilah universal untuk menyatakan intensitas kondisi keasaman atau kebasaan suatu larutan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan alat pH meter. Pengambilan sampel untuk analisa pH pada tahap running dilakukan dengan interval waktu tertentu yaitu setiap 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 23 jam pada setiap variasi kosubstrat yang diberikan.

4. DO

DO menyatakan jumlah oksigen yang berada dalam sistem. Analisis DO kali ini dilakukan dengan menggunakan metode elektrokimia, yakni langsung menentukam oksigen terlarut menggunakan alat DO meter yang lebih efektif dibandingkan analisa DO winkler (pentitrasian), prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit. Pengambilan sampel untuk analisa DO pada tahap running dilakukan dengan interval waktu tertentu yaitu setiap 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 23 jam pada setiap variasi kosubstrat yang diberikan.

5. Suhu

Analisis suhu dilakukan dengan menggunakan alat pH meter, dimana disini bersamaan saat mengukur pH secara langsung didapatkan nilai suhunya. Pengambilan sampel untuk analisa suhu pada tahap running dilakukan dengan interval waktu tertentu yaitu setiap 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 23 jam pada setiap variasi kosubstrat yang diberikan.

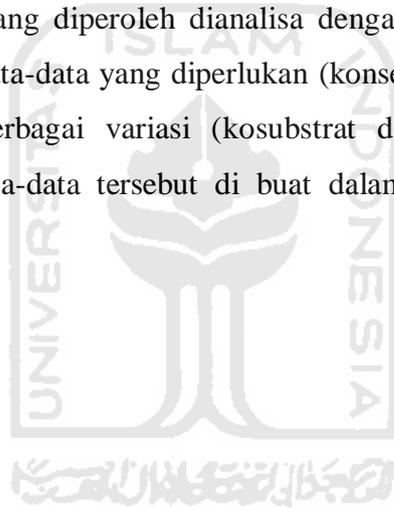
3.7 Prosedur Analisis

3.7.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan variabel yang telah ditentukan. Setelah waktu pada jam ke-1, 2, 3, 5, dan 23 terpenuhi untuk setiap variasi, kemudian dilakukan pengambilan data sesuai kebutuhan untuk dianalisa kadar COD dan MLSS sebagai parameter utama dan pH, DO dan suhu untuk parameter tambahan.

3.7.2 Pengolahan Data

Hasil penelitian yang diperoleh dianalisa dengan metode deskriptif yaitu dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan (konsentrasi COD, MLSS, pH, DO, dan suhu) pada berbagai variasi (kosubstrat dan substrat) yang telah ditentukan, kemudian data-data tersebut di buat dalam tabel kemudian diplot dalam bentuk grafik.



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA

1.1 Umum

Bab ini menampilkan data-data yang diperoleh selama penelitian disertai pembahasan mengenai hasil yang didapat. Data ditampilkan dalam bentuk tabel dan gambar. Penyajian data diawali dengan karakterisasi limbah cair, diteruskan dengan tahap *seeding*, dan dilanjutkan dengan kinerja reaktor pada saat *running* dengan memvariasikan kosubstrat *asam asetat*, substrat (limbah industri batik) dan waktu reaksi sehingga diketahui kadar COD dan MLSS pada limbah cair industri batik.

1.2 Hasil Penelitian dan Pembahasan

Beberapa parameter penting hasil pengujian karakterisasi limbah cair industri batik ditunjukkan pada **Tabel 4.1**. Tabel tersebut hanya memuat informasi parameter-parameter yang melampaui ambang batas baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri batik (Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No.7/KPTS/2016) bukan keseluruhan parameter. Dari **Tabel 4.1** terlihat bahwa limbah cair industri batik bersifat asam. Nilai COD dan TSS limbah cair industri batik tersebut sangat jauh melebihi baku mutu.

Nilai kualitas limbah cair industri batik yang belum mengalami proses pengolahan dapat dilihat pada tabel 4.1:

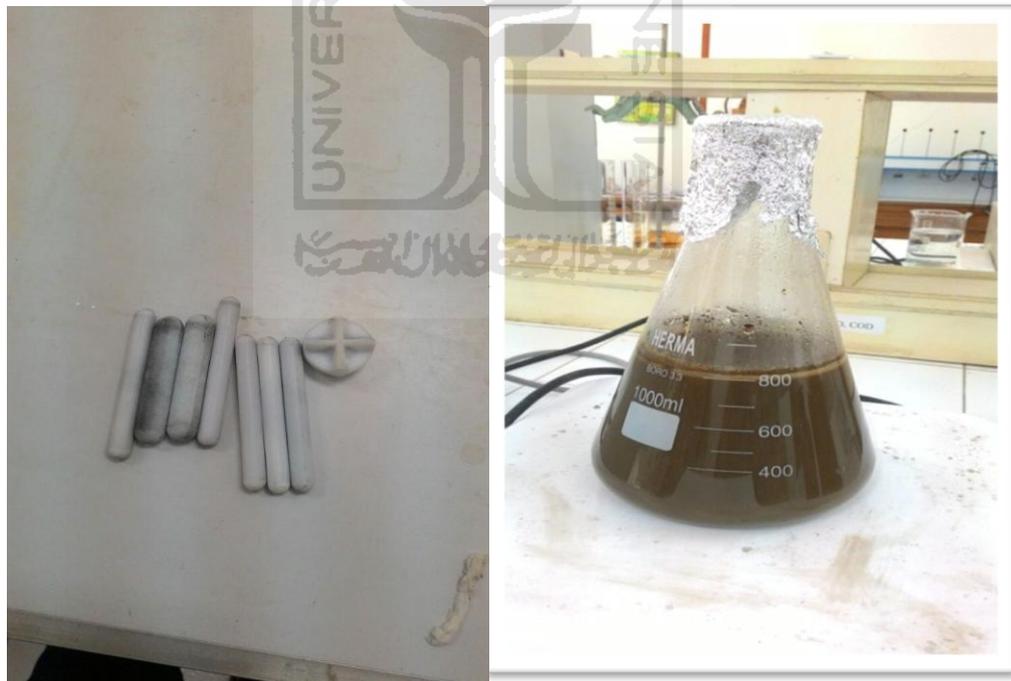
Tabel 4.1 Kualitas Limbah Cair Industri Batik Sebelum Diolah

Parameter	Baku Mutu	Satuan	Limbah murni
TSS	60	Mg/L	34978
COD	250	Mg/L	5260
pH	6,0-9,0		5,0

1.3 Pembibitan (*Seeding*) Lumpur

Tahap *seeding* merupakan tahap pendahuluan yang harus dilakukan sebelum penelitian utama. Tujuan dari tahap *seeding* ini adalah untuk memperoleh mikroorganisme yang akan digunakan pada penelitian utama. Benih biomassa diperoleh dari IPLT Sewon yang berlokasi di Bantul, Yogyakarta. Dengan kondisi awal lumpur berwarna hitam dan sangat berbau. Sebelum dilakukan pembibitan dilakukan pengujian VSS (*Volatile Suspended Solid*) terlebih dahulu untuk mengetahui jumlah biomassa awal mikroorganisme yang ada dalam lumpur. Hasil pengujian VSS (*Volatile Suspended Solid*) awal dapat dilihat di **Tabel 4.2**.

Pada *seeding* ini, digunakan sukrosa (12 gram) dan pupuk cair sebagai nutrisi. Nutrisi merupakan factor yang berpengaruh besar dalam sintesis dan pertumbuhan sel serta dalam aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganismee untuk mendegradasi polutan.

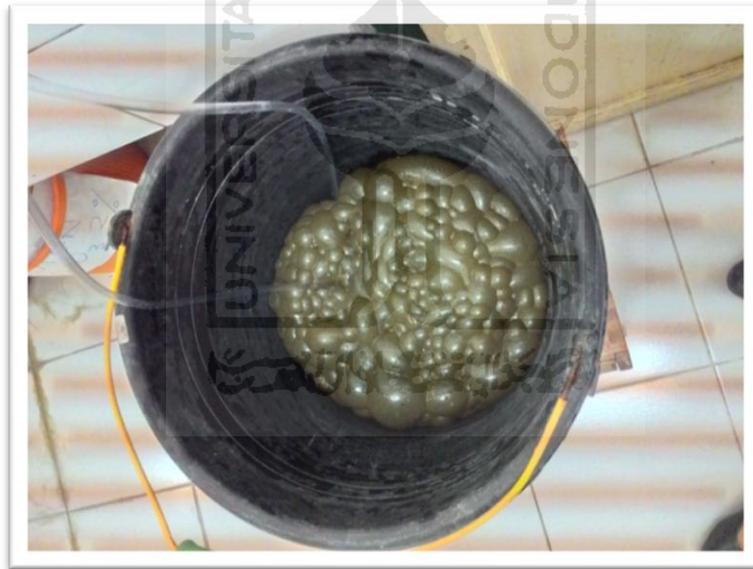


Gambar 4.1 Peralatan *Seeding* dengan Mensetirer 24 Jam

Wadah yang digunakan adalah Erlenmeyer dengan volume 1000 ml. pada proses pengolahan limbah cair industri batik ini, pengadukan dilakukan dengan pengaduk magnetic atau magnetic stirrer (**Gambar 4.1**).

Setelah dilakukan stirrer selama 24 jam dilakukan perhitungan VSS (*Volatile suspended solid*) yang menunjukkan tingkat pertumbuhan biomassa dalam kurun waktu yang ditentukan. Berdasarkan hasil analisis nilai VSS yang dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tahapan selanjutnya adalah dilakukan *seeding* kembali dengan menambahkan kembali volume lumpur IPLT tersisa dengan penambahan sukrosa dan pupuk cair kembali dengan jumlah yang sama. Tahapn *seeding* ini dilakukan dengan metode aerob secara *batch*.



Gambar 4.2 *Seeding* secara Aerob Selama 5 Hari

Wadah yang digunakan adalah ember dengan volume mencapai 10 liter. Pada proses pembibitan ini, oksigen di dapatkan dengan menggunakan alat aerator (**Gambar 4.2**). Setelah 5 hari dilakukan kembali pengujian VSS (*Volatile Suspended Solid*) untuk mengetahui pertumbuhan mikroorganisme yang terjadi.

Tabel 4.2. Nilai VSS (*Volatile Suspended Solid*) dalam Lumpur

Parameter	Nilai		
	Sebelum	Sesudah	
		Stirer 24 jam	Aerasi 5 Hari
VSS	5279,1 mg/l	5393,3 mg/l	9400 mg/l

Berdasarkan **Tabel 4.2** terlihat terjadi peningkatan VSS (*Volatile Suspended Solid*) pada lumpur yang digunakan dalam proses pembibitan. Pertumbuhan biomassa mikroorganisme dalam lumpur selama proses pembibitan sangat didukung adanya nutrient (makanan) yang diberikan.

1.4 Pengoperasian Reaktor Batch Aerob

Pengoperasian Reaktor Batch Aerob merupakan penelitian utama dan merupakan kelanjutan dari proses *seeding*. Reaktor batch aerob terdiri dari dua komponen penting yaitu wadah (Gelas beker 1000 ml) dan aerator. Raktor batch aerob yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Reaktor Batch Aerob

Tahap running ini hanya menggunakan satu buah reaktor untuk masing-masing variasi kosubtrat asam asetat, limbah cair industri batik (substrat) dan waktu. Proses ini digunakan asam asetat sebagai kosubtrat dengan dosis yang bervariasi, yaitu 90%, 80% dan 70% dengan dosis limbah cair industri batik (substrat) berturut-turut adalah 10%, 20% dan 30%. Pengambilan sampel COD dan MLSS dilakukan setiap interval waktu tertentu 1, 2, 3, 4, 5, 23, 24, 25, 26, 28, 46, 47, 48, 49, 51 dan 69 jam. Pada penelitian ini juga dilakukan pengambilan sampel untuk pH, DO dan suhu sebagai parameter tambahan dengan interval waktu yang sama.

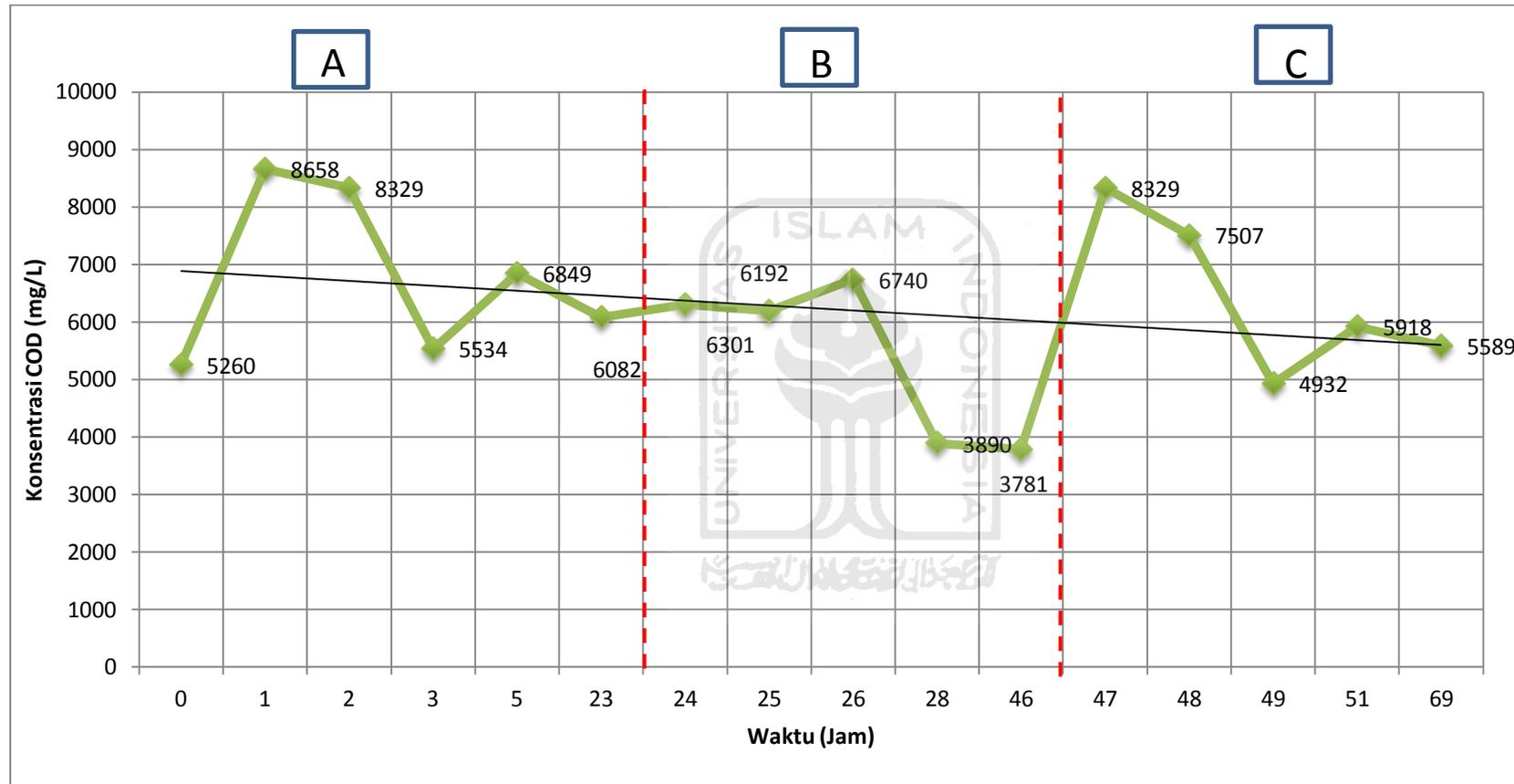
Sub bab berikut ini membahas hasil-hasil yang diperoleh selama penelitian pengoperasian reaktor batch aerob.

1.4.1 Hasil Konsentrasi COD Setelah Pengolahan

Hasil pengaruh variasi dosis kosubtrat asam asetat dan limbah cair industri batik (substrat) terhadap nilai penurunan kadar COD setelah dilakukan pengolahan dengan metode batch aerob dengan menggunakan variasi waktu, ditunjukkan pada **Gambar 4.4** Analisis COD dilakukan dengan menduplo sampel dan menjumlahkan dan membagi dua hasilnya untuk mendapatkan nilai rata-rata yang memberikan hasil yang dapat dilihat pada **Gambar 4.4**

1.4.1.1 Pengaruh Kosubtrat dan Substart terhadap Konsentrasi COD

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada waktu jam pertama mengalami kenaikan dibandingkan dengan konsentrasi COD awal yaitu 5260 mg/L. Hal ini dikarenakan dilakukannya penambahan kosubtrat organik berupa asam asetat. Peningkatan beban organik yang besar terhadap reaktor dapat mempengaruhi konsentrasi COD di dalam sistem secara signifikan. Hal ini dapat terjadi karena peningkatan beban organik yang menimbulkan peningkatan kandungan atau senyawa-senyawa organik yang terukur sebagai COD yang ada dalam limbah cair, sedangkan limbah cair batik mengandung konsentrasi yang tinggi sebesar 5260 mg/L.



Gambar 4.4 Grafik Konsentrasi COD dengan Perbandingan Variasi Kosubstrat dan Substrat : (A) 90%:10% (B) 80%:20% (C) 70%:30%

Namun walaupun mengalami kenaikan konsentrasi COD dari konsentrasi COD awal sebelum pengolahan, nilai COD memiliki tren yang menurun hingga akhir penelitian. Peningkatan COD yang juga diiringi dengan penurunan pH menandakan bahwa adanya penurunan kinerja dari mikroorganisme (Mai, H.N.P., 2006).

Penurunan kinerja mikroorganisme dapat disebabkan karena adanya substrat organik dengan kadar tinggi (Mulyani. H, 2012) sehingga terjadi penurunan kemampuan mikroba untuk mendegradasi limbah. Meskipun asam asetat dapat menjadi sumber makanan bagi mikroba, namun pada konsentrasi tinggi asam asetat justru akan menjadi senyawa yang bersifat toksik bagi mikroba. Nilai COD yang meningkat juga dapat disebabkan karena eksudat yang dikeluarkan oleh mikroorganisme sebagai respon terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim (Iswara, A. P, 2011).

Pada **Gambar 4.4** Pada penambahan kosubstrat dan substrat 90%:10% nilai COD menurun dari 8658 mg/L menjadi 6082 mg/L, pada penambahan kosubstrat dan substrat 80%:20%, nilai COD 6301 mg/L menurun hingga 3781 mg/L, dan pada penambahan kosubstrat dan substrat 70%:30%, nilai COD terendah pada jam ke-3 dengan nilai 4932 mg/L dari nilai awal 8329 mg/L.

Secara garis besar pada penelitian ini nilai konsentrasi COD mengalami penurunan. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4.4** pada semua jam ke-23, 46 dan 69 dalam setiap perbandingan variasi kosubstrat dan substrat untuk konsentrasi COD mendapatkan nilai konsentrasi paling kecil dari pada jam ke-1 dan trenline yang ditunjukkan untuk masing-masing gambar adalah turun. Sehingga penambahan kosubstrat dan substrat berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD. Penurunan nilai COD ini juga dapat disebabkan masih adanya mikroorganisme yang bertahan dan mendegradasi senyawa yang ada dalam sistem.

1.4.1.2 Pengaruh Variasi Waktu terhadap Konsentrasi COD

Pada proses ini variasi waktu yang digunakan adalah 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam, 23 jam, 24 jam, 25 jam, 26 jam, 28 jam, 46 jam, 47 jam, 48 jam, 49 jam, 51

jam dan 69 jam. **Gambar 4.4** menunjukkan bahwa pada penelitian ini nilai konsentrasi COD menunjukkan nilai yang *fluktuatif* (naik-turun).

Pada konsentrasi COD untuk variasi kosubstrat dan substrat sebesar 90%:10% dan 70%:30% mengalami kenaikan pada setiap 5 jam dari penambahan kosubstrat dan substrate yang dilakukan dan mengalami penurunan kembali pada jam ke-23. Pada variasi kosubstrat dan substrat 80%:20% mengalami kenaikan setelah jam ke 3 penambahan kosubstrat dan substrate yang dilakukan dan kemudian pada mengalami penurunan kembali pada jam berikutnya. Dari data penelitian, dengan membandingkan hasil konsentrasi COD yang didapatkan dari masing-masing perlakuan kosubstrat dan substrat yang ditambahkan, didapatkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan.

Dalam hal ini hasil nilai konsentrasi COD yang didapatkan tidak sesuai dengan teori yang ada. Yang mana keadaan ini memang sulit untuk dikendalikan tidak terukur, secara teoritis waktu tinggal lebih lama penurunan konsentrasi COD lebih besar. Semakin lama waktu tinggal cairan semakin lama limbah berada dalam sistem, akibatnya waktu kontak antar biomassa dalam reaktor dengan substrat dan kosubstrat juga semakin lama. Dengan demikian, proses degradasi biologis aerob akan semakin baik. Pernyataan ini didukung Effendi (2003) mengatakan kesempatan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik semakin besar dan bahan organik yang terurai semakin banyak jika waktu tinggal yang digunakan semakin lama. Hal ini disebabkan karena kemampuan bakteri disetiap waktu berbeda karena jumlah bakteri yang baru yang terbentuk dan jumlah bakteri yang pada kondisi *stationary* dan mati berbeda tiap waktunya (Satriawan dodi, 2015).

Walaupun konsentrasi COD yang didapatkan fluktuatif (naik-turun), namun pada **Gambar 4.4** menunjukkan bahwa hubungan nilai COD terhadap waktu secara garis besar memiliki kecenderungan atau tren yang menurun walaupun penurunannya tidak signifikan. Hal ini dibuktikan dengan didaptkannya nilai konsentrasi COD pada jam ke-23 pada masing-masing variasi perbandingan lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi COD pada jam ke-1.

1.4.2 Hasil Konsentrasi MLSS Setelah Pengolahan

Hasil pengaruh variasi dosis kosubstrat asam asetat dan limbah industri batik (substrat) terhadap nilai MLSS batik setelah dilakukan pengolahan dengan metode batch aerob dengan menggunakan variasi waktu, ditunjukkan pada **Gambar 4.5**. Analisis MLSS dilakukan dengan menggunakan metode *Total Suspended Solid (TSS) at 103-105⁰C*.

1.4.2.1 Pengaruh Kosubstrat dan Substrat terhadap Konsentrasi MLSS

Penelitian ini, limbah cair industri batik digunakan sebagai substrat dan asam asetat digunakan sebagai kosubstrat. Variasi kosubstrat asam asetat yang digunakan adalah 90%, 80% dan 30%. Sedangkan untuk limbah cair industri batik sebagai substrat adalah 10%, 20% dan 30%. Pada penelitian ini, nilai MLSS merepresentasikan konsentrasi biomassa mikroorganisme yang terdapat dalam reaktor.

Analisa MLSS bertujuan untuk mengetahui kuantitas padatan tersuspensi yang terkandung dalam reaktor aerasi, dengan kata lain analisis MLSS digunakan sebagai indikator yang menunjukkan kualitas mikroorganisme. Proses perombakan bahan organik dalam limbah yang dilakukan mikroorganisme secara biologi sangat bergantung pada nilai MLSS. Semakin tinggi nilai MLSS maka semakin banyak nilai mikroorganisme yang ada, sehingga dalam suatu pengolahan air limbah terutama yang bersifat kontinyu, nilai MLSS diharapkan semakin bertambah.

Pada **Gambar 4.5** kondisi dengan penambahan kosubstrat dan substrat, konsentrasi MLSS secara garis besar mengalami tren menurun hingga akhir penelitian. Penurunan kadar MLSS ini terjadi bisa disebabkan beberapa factor antara lain: mikroorganisme yang ada mati karena tidak dapat beradaptasi dengan penambahan kosubstrat dan substrat yang dilakukan atau mikroorganime mengalami lisis yang mengakibatkan kenaikan nilai COD.

Pada perbandingan kosubstrat dan substrat 90%:10% didapatkan nilai MLSS turun dari 33400 mg/L menjadi 19700 mg/L. Pada perbandingan 80%:20% untuk kosubstrat dan substrat turun menjadi 3900 mg/L dari 25200 mg/L.

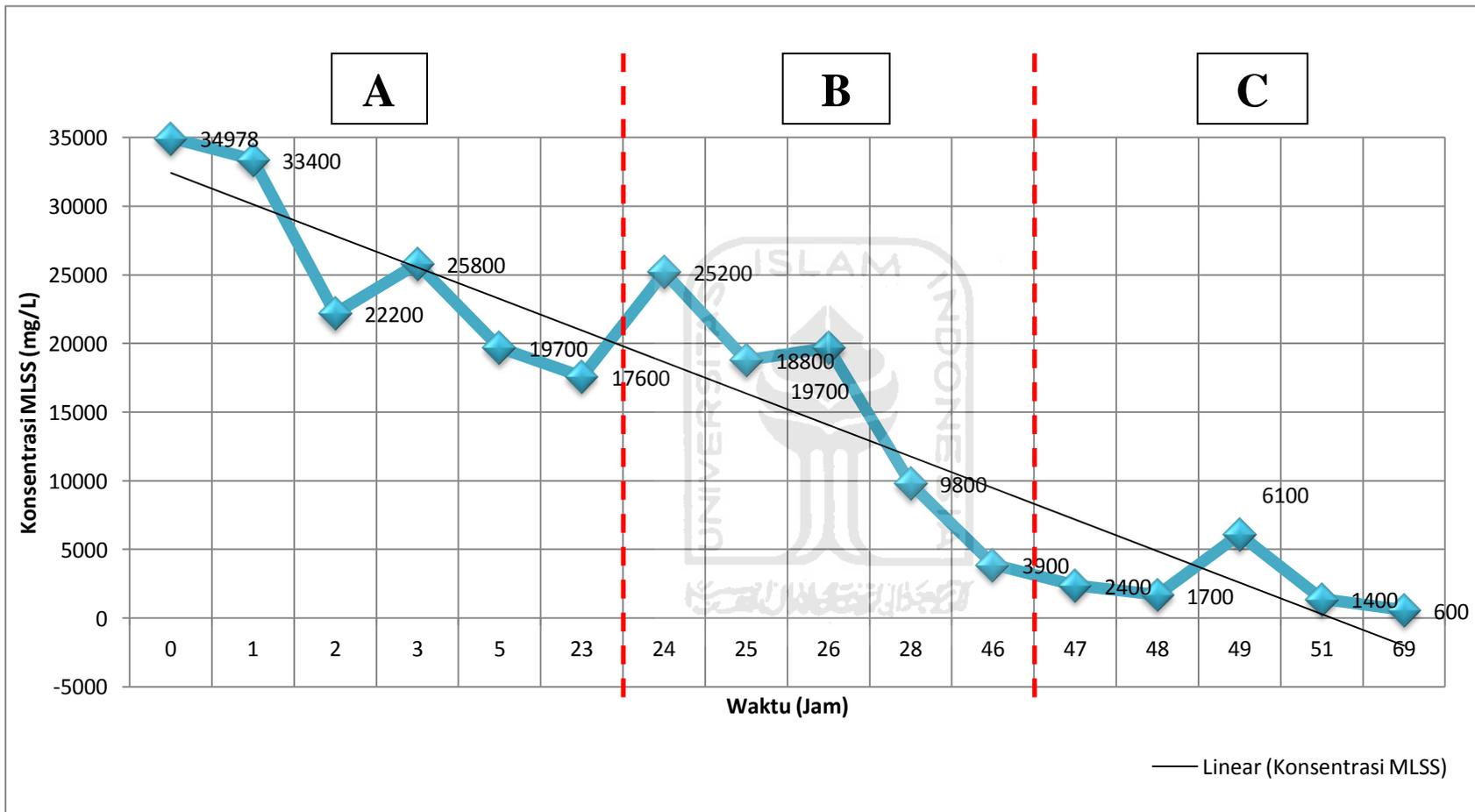
Sedangkan untuk perbandingan kosubstrat dan substrat 70%:30% juga mengalami penurunan dari 2400 mg/L menjadi 600 mg/L.

Dari data tersebut bahwa semakin kecil penambahan kosubstrat yang dilakukan semakin kecil pula nilai konsentrasi MLSS yang didapatkan. Hal ini terjadi disebabkan oleh reaktor yang digunakan dalam penelitian hanya 1 buah, sehingga penelitian dilakukan secara seri atau berkelanjutan dan menggunakan lumpur yang sama. Sehingga kemungkinan sebagian mikroorganisme tidak dapat beradaptasi dengan baik dan akhirnya mati di awal penambahan kosubstrat dan substrat. Dan berlanjut pada penambahan kosubstrat dan substrat selanjutnya.

1.4.2.2 Pengaruh Variasi Waktu terhadap Konsentrasi MLSS

Analisis MLSS dilakukan setiap jam ke 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam, 23 jam, 24 jam, 25 jam, 26 jam, 28 jam, 46 jam, 47 jam, 48 jam, 49 jam, 51 jam dan 69 jam selama dilakukannya proses pengolahan. Dari **Gambar 4.5** hasil konsentrasi MLSS menunjukkan bahwa pada jam ke- nol hingga jam ke-2 mengalami penurunan kemudian naik pada jam ke- tiga lalu turun kembali sampai jam ke-23. Kejadian seperti ini terjadi pada semua perbandingan kosubstrat dan substrat. Penurunan konsentrasi MLSS ini diprediksi akibat dari konsentrasi biomassa mengalami gangguan sehingga menyebabkan mikroorganisme mati. Apabila mikroorganisme mati, mikroorganisme biasanya akan terurai menjadi bahan organik dan nutrient.

Kondisi lain yang menyebabkan hal ini terjadi karena keterbatasan waktu pada penelitian ini pengambilan sampel hanya dilakukan selama 69 jam atau kurang lebih tiga hari. Suplai udara melalui proses aerasi dan kebutuhan nutrisi tidak terpenuhi dengan baik untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme karena tidak didukung dengan adanya cadangan makanan dan adanya proses aerasi sehingga tidak memiliki kemampuan mendegradasi senyawa organik. Hal ini sesuai dengan pendapat (Soeparno, 1992) yang menyatakan bahwa mikroorganisme membutuhkan waktu yang cukup untuk berkembang biak, dan apabila komponen yang dibutuhkan tersedia, maka mikroorganisme akan berkembang pesat.



Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi MLSS dengan Perbandingan Variasi Kosubstrat dan Substrat : (A) 90%:10% (B) 80%:20% (C) 70%:30

Dari **Gambar 4.5** terlihat konsentrasi MLSS fluktuatif, fluktuatifnya nilai MLSS pada ketiga variasi kosubstrat dan substrat seiring dengan bertambahnya waktu dapat diidentifikasi sebagai menurunnya pula jumlah mikroorganisme pendegradasi didalamnya, hal ini dikarenakan biasa jadi mikroorganisme di dalamnya mati karena tidak dapat beradaptasi dengan penambahan kosubstrat dan substrat yang berlebih, juga dikarenakan adanya gangguan sistem aerasi yang sangat mempengaruhi kualitas kehidupan mikroorganisme tersebut.

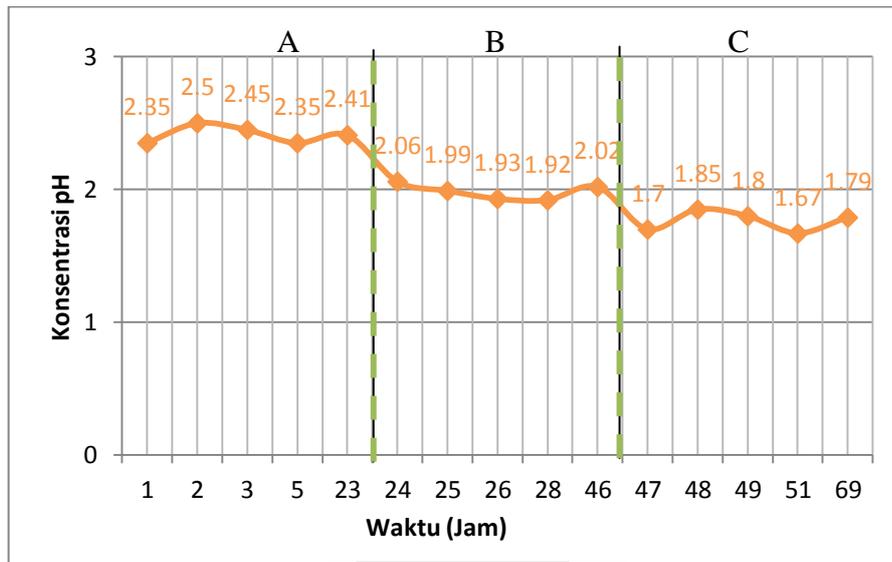
1.4.3 Nilai pH, DO dan Temperature Setelah Pengolahan

Pada penelitian ini pH, DO dan temperature menjadi parameter tambahan yang diuji. Parameter ini diuji sama dengan waktu pengambilan sampel untuk COD dan TSS yaitu pada 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 23 jam, 24 jam, 25 jam, 26 jam, 28 jam, 46 jam, 48 jam, 49 jam, 51 jam dan 69 jam.

1.4.3.1 Nilai pH Sampel Limbah Cair Industri Batik Selama Perlakuan Pengolahan.

Pada penelitian ini didapatkan nilai pH berkisar antara 1,60-2,50 (**Gambar 4.6**). Pengukuran pH ini menggunakan pH meter. Terlihat bahwa nilai pH mengalami penurunan dari pH awal yaitu 5. Penurunan pH ini menandakan adanya penurunan kinerja dari mikroorganisme. Penurunan kinerja mikroorganisme dapat disebabkan karena adanya penambahan kosubstrat asam asetat dengan kadar tinggi.

Perubahan nilai pH sampel limbah cair industri batik selama perlakuan ditunjukkan pada **Gambar 4.6**. Pada **Gambar 4.6** menunjukkan penurunan nilai pH setiap dilakukan penambahan limbah batik (substrat) berturut-turut yaitu pada perbandingan kosubstrat dan limbah batik (substrat) 90%:10% didapatkan nilai pH berkisar antara 2,35-2,5; 80%:20% didapatkan nilai pH 1,92-2,06; 70%:30% didapatkan nilai pH antara 1,67-1,85.

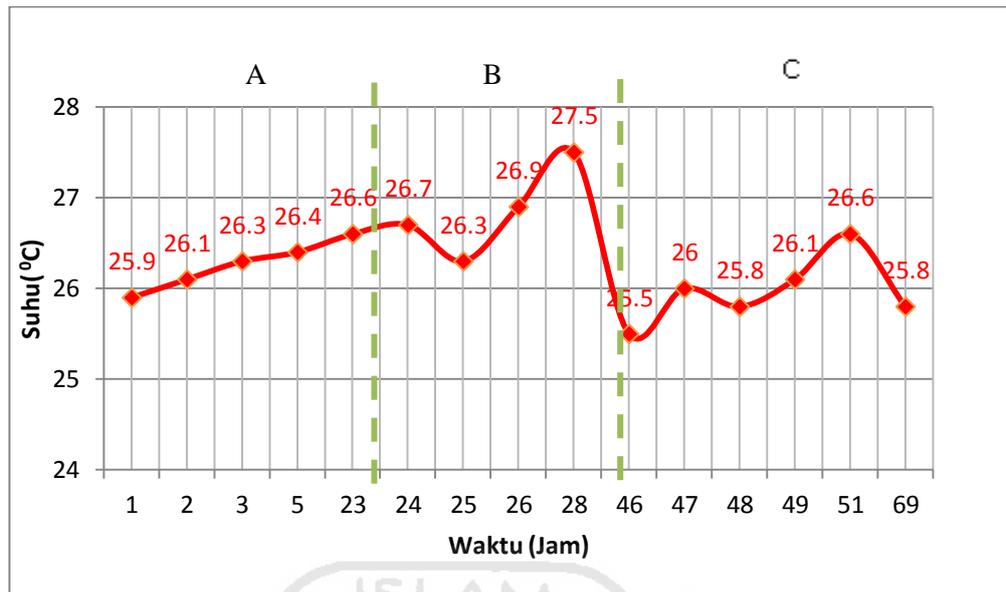


Gambar 4.6 . Profil pH Pada Berbagai % Konsentrasi Kosubstrat dan Substrat: (A) 90%:10%, 80%:20% dan 70%:30%

1.4.3.2 Nilai Suhu Sampel Limbah Cair Industri Batik Selama Perlakuan Pengolahan.

Kecepatan pertumbuhan mikroba pada umumnya dipengaruhi oleh temperature. Suhu optimal mikroorganisme untuk tumbuh yaitu berada pada suhu kamar yaitu berkisar antara 20-25⁰C. Pertumbuhan nilai suhu sampel air limbah batik selama pengolahan dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa setelah pengolahan nilai suhu berkisar antara 25-27⁰C. Berdasarkan gambar tersebut didapatkan perbedaan nilai suhu disetiap variasi. Nilai suhu pada masing masing perlakuan yaitu pada variasi 90%:10% menunjukkan nilai suhu cenderung mengalami kenaikan. Sedangkan pada variasi kosubstrat dan imbah batik (substrat) 80%:20% dan 70%:30% nilai suhu fluktuatif (naik turun) yaitu pada variasi tersebut setiap jam ke-2 dan ke-23 mengalami penurunan nilai suhu. Adanya fluktuasinya suhu perairan diakibatkan oleh komposisi substrt, kekeruhan dan reaksi-reaksi kimia dari penguraian bahan *organik* dalam perairan (Sundra, 1997). Berdasarkan rentang temperature terjadinya pertumbuhan, mikroorganisme tersebut tergolong ke dalam jenis mesofik, yaitu dapat tumbuh optimum pada rentang 20-40⁰C. S

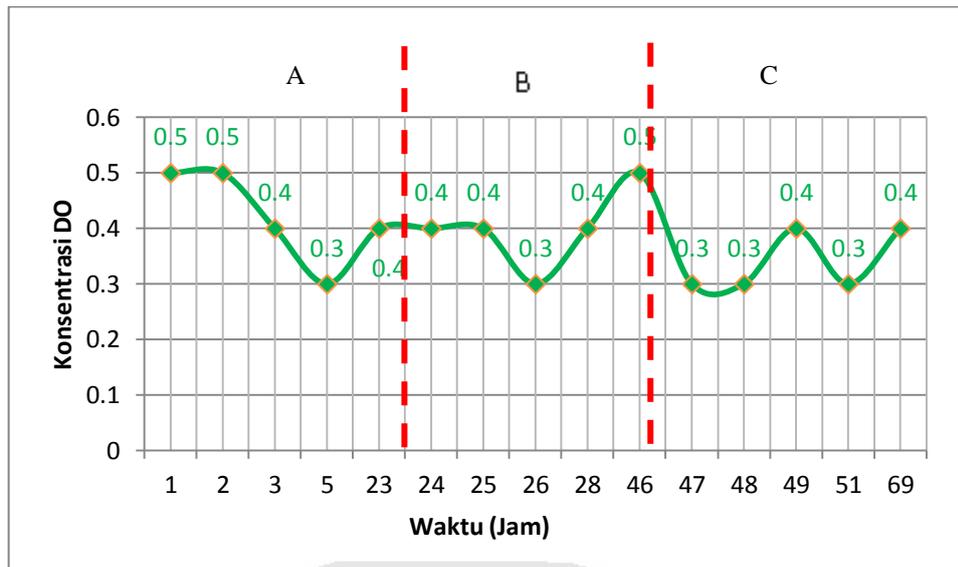


Gambar 4.7. Profil Suhu pada berbagai % Konsentrasi kosubstrat dan substrat :
 (A) 90%:10%, 80%:20% dan 70%:30%

1.4.3.3 Nilai DO sampel limbah cair industri batik selama perlakuan pengolahan.

Keberadaan oksigen terlarut sangat berpengaruh mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Oksigen akan bertindak sebagai aseptor electron sehingga terjadi proses oksidasi. Analisis DO kali ini dilakukan dengan menggunakan metode elektrokimia, yakni langsung menentukan oksigen terlarut menggunakan alat DO meter yang lebih efektif dibandingkan analisa DO winkler (pentitrasian), prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit. Pertumbuhan nilai DO sampel air limbah batik selama pengolahan dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.

Dari gambar diatas menunjukkan perbandingan antara penambahan kosubstrat dan substrat 90%:10%, 80%:20% dan 70%:30% dengan metode aerasi untuk mengetahui nilai DO secara umum. Dalam perjalanannya, pada jam ke-3 untuk penambahan co-substrat dan substrat yaitu 90%:10% dan 80%:20%, serta jam ke-4 untuk penambahan kosubstrat dan substrat 70%:30% mengalami penurunan nilai DO sebelum akhirnya kembali meningkat. Meningkatnya DO



Gambar 4.8. Profil DO pada berbagai % Konsentrasi kosubstrat dan substrat; (A) 90%:10%, 80%:20% dan 70%:30%

menandakan bahwa berkurangnya kebutuhan oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme. Hal ini menandakan bahwa terjadi penurunan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dalam limbah. Pada penelitian ini, nilai DO dengan masing-masing variasi berkisar antara 0,3-0,5 mg/L.

Pada keadaan tersebut tergolong ke dalam keadaan anoksik. Hal ini diakibatkan karena dalam reaktor perbandingan antara lumpur dan air lebih banyak lumpur, sehingga kadar oksigen yang didapatkan rendah. Keadaan anoksik adalah air tidak mengandung oksigen terlarut sehingga dipastikan semua aktivitas biologis aerobik telah berakhir. Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat dan nitrit menjadi nitrogen gas. Proses denitrifikasi berlangsung dalam keadaan anoksik, dimana bakteri yang bersifat heterotrof memanfaatkan senyawa nitrogen teroksidasi nitrit, nitrat dan sulfat sebagai aseptor electron dalam proses metabolisme dan sintesa sel. Proses reaksi denitrifikasi :



Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Lindu (2001) tentang pentisisihan COD organik pada tahap nitrifikasi dan denitrifikasi didalam SBR menggunakan air limbah coklat , proses anoksik dalam penelitian ini dapat menyisihkan kadar nilai COD hingga 96%.

1.5 Korelasi MLSS dan COD

Korelasi digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier dari dua variabel. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan salah satu variabel disertai dengan perubahan variabel lainnya, baik dalam arah yang sama atau sebaliknya. Harus diingat bahwa nilai koefisien korelasi yang kecil (tidak signifikan) bukan berarti kedua variabel tersebut tidak saling berhubungan. Mungkin saja dua variabel mempunyai keeratan hubungan yang kuat namun nilai koefisien korelasinya mendekati nol. Menurut Sugiyono (2012) untuk dapat memberikan penafsiran besar kecilnya koefisien korelasi, dapat berpedoman pada ketentuan tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Pedoman Interpolasi Terhadap Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 - 0,199	Sangat Rendah
0,20 - 0,399	Rendah
0,40 - 0,599	Sedang
0,60 - 0,799	Kuat
0,80 - 1,00	Sangat Kuat

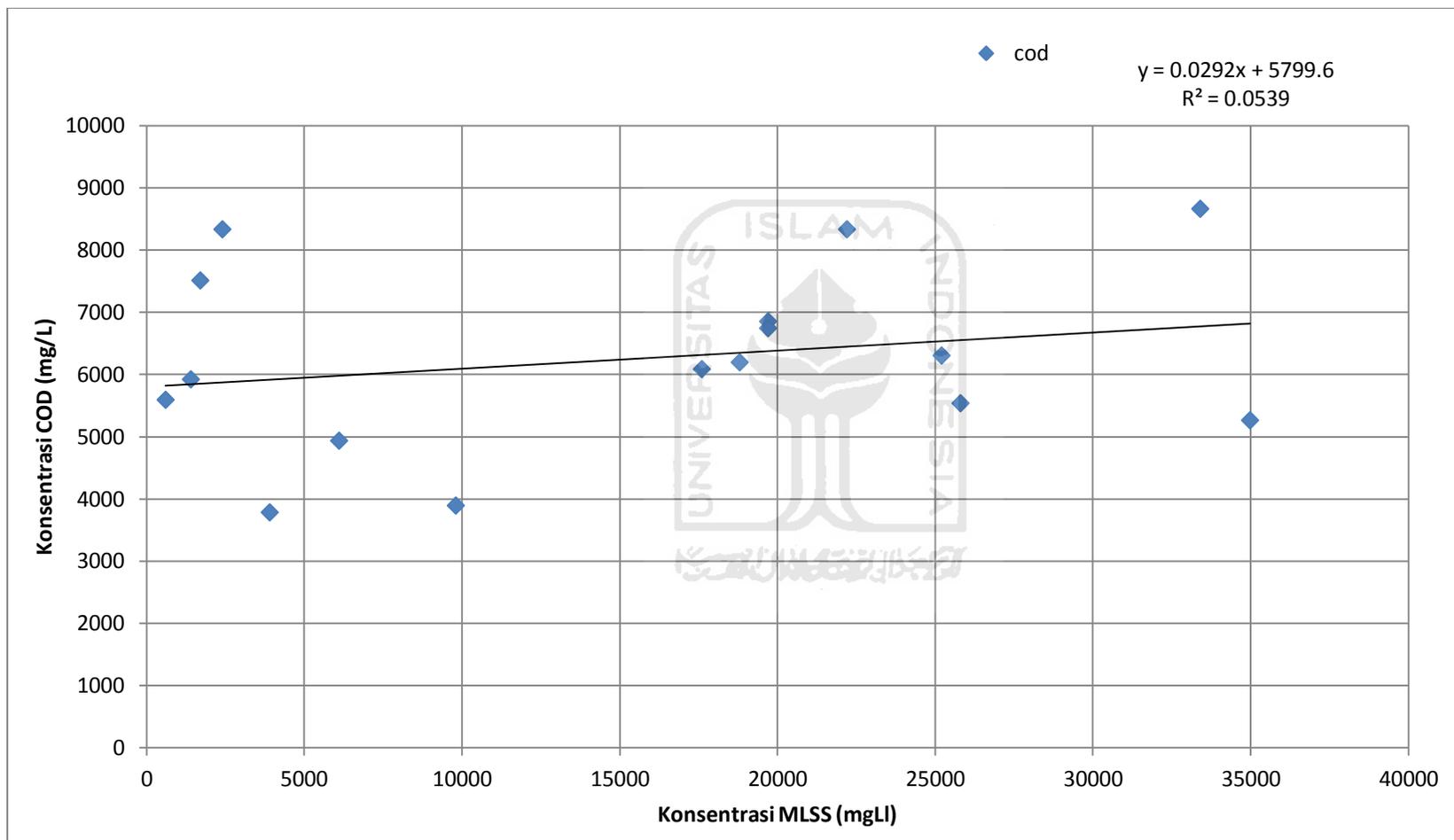
Kolerasi konsentrasi MLSS dan COD pada pengolahan limbah cair industri batik dengan metode batch aerob di dalam seluruh variasi penambahan kosubstrat substrat dan waktu dapat dilihat **Gambar 4.9**.

Pada **Gambar 4.9** didapatkan nilai korelasi adalah sebesar $R^2 = 0.0539$. Dari nilai korelasi yang didapatkan dari konsentrasi MLSS dan COD terlihat bahwa pada nilai korelasi untuk konsentrasi MLSS dan COD memiliki tingkat hubungan yang sangat rendah. Hal ini dibuktikan bahwa nilai korelasi pada ke dua gambar tersebut yang didapatkan mendekati nol.

Secara teori hubungan antara COD dan MLSS adalah semakin rendah nilai COD maka nilai kadar MLSS semakin besar. Semakin besar konsentrasi MLSS berarti semakin banyak jumlah mikroba yang terdapat dalam lumpur sehingga banyak limbah yang terdegradasi oleh mikroba dan penurunan COD semakin besar (young-Gyun Cho, Sung-Keun Rhee, Sung Taik Lee, 2000). MLSS (Mixed-liquor suspended solid) adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material *organik* dan mineral, termasuk didalamnya adalah mikroorganisme. MLSS ditentukan dengan cara menyaring lumpur campuran dengan kertas saring (filter), kemudian filter dikeringkan pada temperature 105^0C , dan berat padatan dalam contoh ditimbang. Sedangkan COD adalah pengujian secara kimiawi untuk mengetahui kadungan bahan *organik* yang terdapat dalam air limbah.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa konsentrsi MLSS berpengaruh pada naik turunnya konsentrasi COD. Namun dari grafik hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai korlasi antara MLSS dan COD sangat rendah. Nilai Korelasi yang sangat rendah bukan berarti tidak saling berhubungan, sehingga konsentrasi COD yang didapatkan tidak adanya terkaitan dengan nilai MLSS.

Dari penelitian ini, hasil COD yang di dapatkan secara garis besar menunjukkan tren yang menurun. Penurunan konsentrasi COD yang terjadi pada reaktor disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme. Nilai COD pada penelitian ini mewakili kadar bahan organik yang terdapat pada reaktor. Bahan organik yang terdapat dalam reaktor digunakan oleh bakteri untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya. Nilai MLSS pada penelitian ini secara garis besar menunjukkan tren yang menurun juga. Hal ini dapat diartikan bahwa biomassa mikroorganisme yang ada dalam sistem berkurang. Dimana jika mikroorganisme berkurang maka proses deგრdasinya tidak berjalan dengan baik.



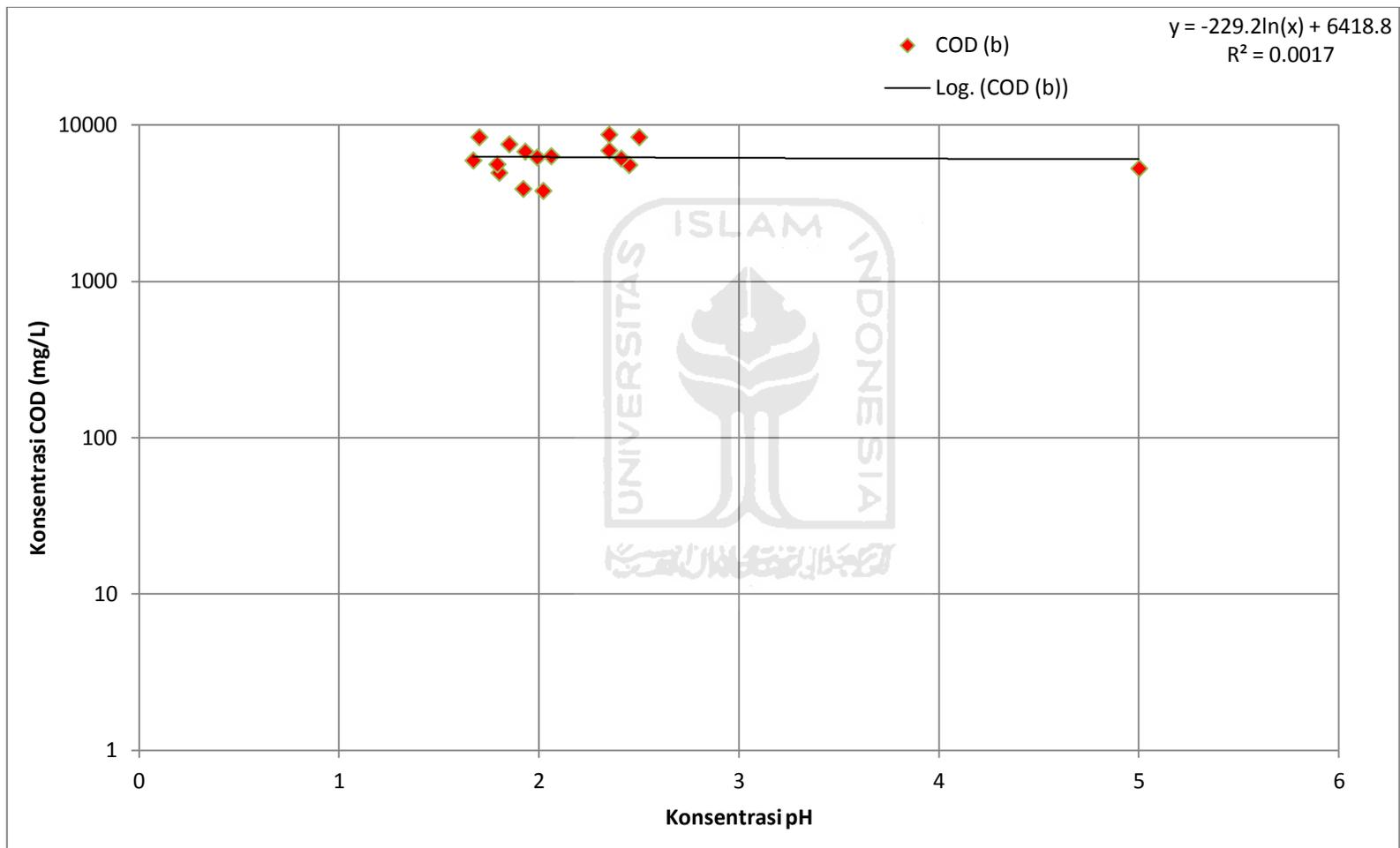
Gambar 4.9 Grafik Korelasi MLSS dan COD

1.6 Korelasi MLSS, COD dengan pH

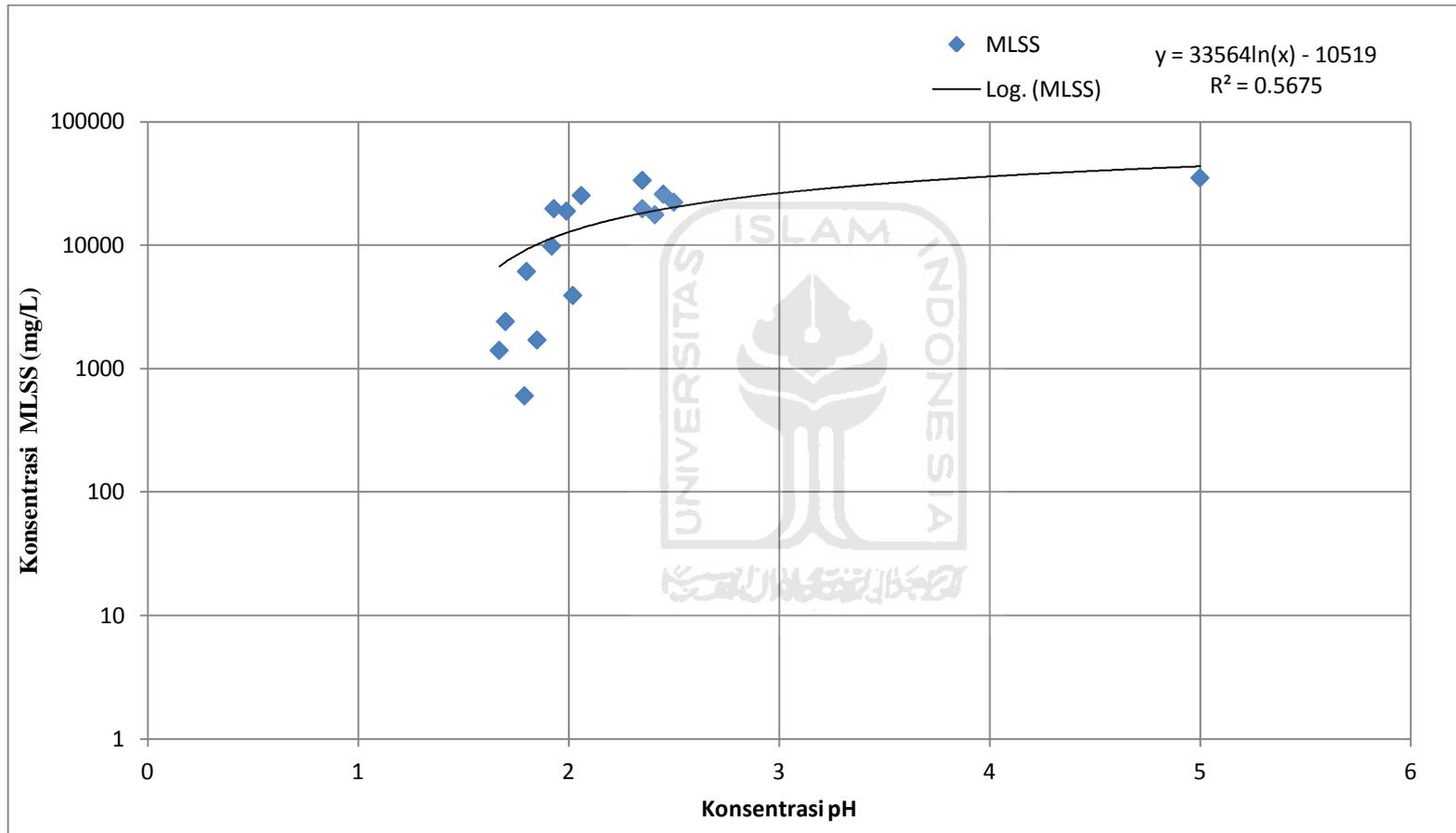
Korelasi konsentrasi MLSS dan COD terhadap pH pada pengolahan limbah cair industri batik dengan metode batch aerob di dalam seluruh variasi penambahan kosubstrat, substrat dan waktu dapat dilihat **Gambar 4.11**, **Gambar 4.12**.

Pada **Gambar 4.11** merupakan korelasi untuk konsentrasi COD dan pH. Nilai korelasi untuk konsentrasi pH dan COD adalah $R^2 = 0.0091$. Dari nilai korelasi yang didapatkan untuk konsentrasi pH dan COD tergolong sangat rendah. Dari grafik tersebut didapatkan nilai Y negatif. Korelasi negatif adalah korelasi antara dua variabel atau lebih yang berjalan berlawanan, bertentangan atau sebaliknya. Hal ini berarti penurunan pH yang terjadi menyebabkan kenaikan konsentrasi COD.

Pada **Gambar 4.12** merupakan korelasi untuk konsentrasi MLSS dan pH. Nilai korelasi untuk konsentrasi pH dan MLSS adalah $R^2 = 0.5675$. Dari nilai korelasi yang didapatkan untuk konsentrasi pH dan MLSS tergolong sedang. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi MLSS yang didapatkan dipengaruhi dengan hasil nilai Ph. Berbeda dengan korelasi antara COD dan pH, untuk korelasi MLSS dengan pH didapatkan nilai X positif. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi MLSS dan pH berjalan satu arah yaitu penurunan.



Gambar 4.10 Grafik Korelasi pH dan COD



Gambar 4.14 Grafik Korelasi pH dan MLSS



BAB V

PENUTUP

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang pengaruh penambahan kosubstrat asam asetat untuk menurunkan parameter COD pada pengolahan biologis limbah batik dengan reaktor batch aerob dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan kosubstrat asam asetat berpengaruh terhadap konsentrasi COD dan MLSS.
2. Penambahan kosubstrat dengan variasi perbandingan kosubstrat dan substart 90%:10%, 80%:20%, dan 70%:30% dapat menurunkan kadar COD.
3. Penambahan kosubstrat dengan variasi perbandingan kosubstrat dan substart 90%:10%, 80%:20%, dan 70%:30% belum dapat menaikkan nilai MLSS.

1.2 Saran

Berdasarkan data-data sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa saran agar penelitian selanjutnya dapat lebih maksimal :

1. Pada penelitian ini, hanya menggunakan 1 reaktor untuk tiga variasi penambahan kosubstrat dan subatrat karena terbatasnya lumpur. Kedepannya agar menggunakan 3 reaktor untuk masing-masing variasi.
2. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya menyediakan cadangan lumpur yang cukup untuk pengolahan.
3. Untuk memperoleh kinerja yang optimal, perlu diperhatikan konsentrasi lumpur, limbah, dan kosubstrat serta perlu diperhatikan untuk memperpanjang waktu tinggal.
4. Perlu dilukukannya pengujian kadar BOD terhadap air limbah sehingga dapat memenuhi criteria pengolahan biologis.
5. Pada proses *seeding*, perlu diperhatikan penambahan nutrisi agar didapatkan hasil yang lebih optimal.

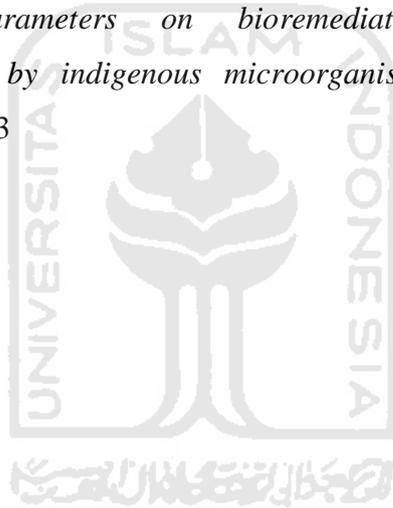
DAFTAR PUSTAKA

- Amir, Husin. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Biofiltrasi Anaerob dalam Reaktor Fixed – Bed*. Tesis. Universitas Sumatera Utara.
- Annisa, R dkk. 2013. *Perbandingan Limbah dan Lumpur Aktif Terhadap Pengaruh Sistem Aerasi Pada Pengolahan Limbah CPO*. Program Studi Teknik Kimia. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Anonim 1997. *Perencanaan Teknik Pengelolaan Pencemaran Industri SekalaKecil Sentra Batik DIY*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Kerajinan dan Batik. Yogyakarta.
- Anonim 1998. *Perencanaan Teknik Pengelolaan Pencemaran Industri Sekala Kecil Sentra Batik DIY*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Kerajinan dan Batik. Yogyakarta. Hal 15-22
- Anonim. 2005. *Manual Training : Pengolahan Limbah Cair*. Yayasan Dian Desa, Yogyakarta.
- Chan, Yi Jing, Chong. Mei Fong., Law, Chung Lim, dan Hassell, D.G.,2009. *A Review on Aerobic-Anaerobic Treatment of Industrial & Municipal Wastewater*. Chemical Enggining Journal 155(2009) 1-8.
- Copithorn, Rhodes R, Boltz, Joshua P., deBarbdillo, Christine., dkk., 2010, *Biofilm Reactor*. Wefpress.,USA.
- Dyah, Saptarini. 2009. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Dan Adsopsi Sistem Batch*. Tesis. Program Studi Magister Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Eckenfelder, W.W.,1989, *Industrial Water Pollution Control, 2nd ed.*, Mc Graw Hill Inc.,New York
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Penerbit kanisius. Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. PAU Pangan Dan Gizi. Bogor.

- Iswara, A.P. 2011. *Pengaruh Aerasi dan Pencahayaan Alami Pada Kemampuan HRAR Dalam Penurunan Bahan Organik Limbah Domestik Perkotaan*. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan ITS. Surabaya
- Lisnasari, S.F., 1995, *Pemanfaatan Gulma Air (Aquatic Weeds) Sebagai Upaya Pengolahan Limbah Cair Industri Pembuatan Tahu*, Thesis Master7, Program Pasca Sarjana USU, Medan
- Mai, H.N.P. (2006). *Integrated Treatment of Tapioca Processing Industrial Wastewater*. Wageningen University: Ph.D Thesis.
- Metcalf & Eddy 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*. 3th Edition. MC. Graw- Hill. New York. America.
- Metcalf & Eddy 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. MC. Graw-Hill. New York. America.
- Mulyani, Happy. 2012. *Pengaruh PreKlorinasi dan Pengaturan pH terhadap Proses Aklimatisasi dan Penurunan COD Pengolahan Limbah Cair Tapioka Sistem Anaerobic Baffled Reactor*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Murachman, Bardi. 1995. *Karakteristik Air Limbah Industri, Kursus Perencanaan Instalasi Pengolah Air Limbah Industri*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UGM
- Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A., & Rodwell, V.W., 2003, *Harpers Illustrated Biochemistry*, edisi ke-26, Mc Graw-Hill, New York, hal 106-107, 112
- Pertiwi, M.S & Handajani, M., 2013. *Pengaruh Variasi Substrat dan Organik Loading Rate Pada Pembentukan Biogranular Anerob dalam Sequencing Batch Reactor*. Teknik Lingkungan ITB. Bandung.
- Purwaningsih, I., 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cv. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta Dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau Dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Warna*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan.UII: Yogyakarta.

- Rahma Raficha dkk 2012. *Penggunaan Lumpur Aktif Untuk Menurunkan Kadar Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Logam Berat Jenis Timbal (Pb) dan Cardium (Cd) Pada Limbah Cair Pencelupan Industri batik*. Tesis Teknologi Pertanian Program Magister Universitas Udayana
- Ramalho, A.S., 1983, *Introduction to Wastewater Treatment Process*, 2nd ed., Academic Press, NEW York, pp : 419 - 433
- Rittmann, B.E., and McCarty, P.L., 2001, *Environmental Biotechnology : Principles and Applications*, McGraw Hill International Ed., New York.
- Rizal Syarif & Haryadi Halid. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. PAU Pangan & Gizi IPB. Penerbit Arcan. Jakarta.
- Said dan Ineza. 2002. *Uji performance pengolahan air limbah rumah sakit dengan proses biofilter tercelup*. Jakarta : Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan.
- Sanropie, Djasio, dkk. 1984. *Buku Pedoman Studi Penyediaan Air Bersih. Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi*. Pusdiknakes : Jakarta.
- Satraiawan Dodi, 2015. *Analisis Kualitatif Pengaruh Intensitas Aerasi dengan Mikrobubble Generator pada Peruraian Bahan Organik dalam Aerobik Digester dengan Imobilisasi Mikroorganisme*. Tesis. UGM. Fakultas Teknik Jurusan Kimia.
- Sucipto,I., 2012. *Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter*. Tugas Ahir untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan. UI. Depok, Jakarta.
- Sudaryati, N. I.G.I.W. Kasa, 2007. *Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Ecotrophic.
- Sugiharto, (1987), *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta.
- Sulaeman, dkk., 2001. *Teknologi Pengolahan Limbah Industri Kecil Batik, Balai Besar Pengolahan Limbanh Industri Kerajinan dan Batik*, Yogyakarta.

- Sundra, K. 1997. *Pengaruh Pengelolaan Sampah Terhadap Kualitas Air Sumur Gali di Sekitar TPA Suwung*. Program Pascasarjana. IPB. Bogor. Tesis.
- Volk, W.A & Wheeler, M.F, 1988. *Mikrobiologi Dasar. Terjemahan dari Basic Microbiology*, Fifth Edition, Editor Soemartono Adisoemarto. Penerbit Erlangga.
- Yazid, M & Bastianudin, A. 2010. *Pengaruh Stimulan Asam Asetat Terhadap Efisiensi Peningkatan Uranium Dalam Bioremediasi Lingkungan Menggunakan Bacillus sp. Dan Pseudomonas sp. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan*. Bantan, Yogyakarta.
- Young-gyun Cho, Sung-Keun Rhee, and Sung-Taik Lee (2000) *Influence of environmental parameters on bioremediation of chlorophenol contaminated soil by indigenous microorganisms* Kor. Soc. Environ Engineers 5:165-173



Lampiran 1. Hasil Konsentrasi COD, MLSS, pH, Suhu, dan DO

1. Konsentrasi COD

Kadar	Jam ke-	Absorbansi		Rata-Rata	Hasil COD (mg/L)
		1	2		
10%	1	0,025	0,025	0,025	8658
	2	0,035	0,027	0,031	8329
	3	0,098	0,067	0,082	5534
	5	0,031	0,085	0,058	6849
	25	0,062	0,082	0,072	6082
20%	1	0,068	0,073	0,070	6192
	2	0,072	0,064	0,068	6301
	3	0,060	0,060	0,60	6740
	5	0,111	0,113	0,112	3890
	25	0,114	0,114	0,114	3781
30%	1	0,026	0,036	0,031	8329
	2	0,039	0,054	0,046	7507
	3	0,094	0,092	0,093	4932
	5	0,075	0,075	0,075	5918
	25	0,081	0,081	0,081	5589

2. Konsentrasi MLSS

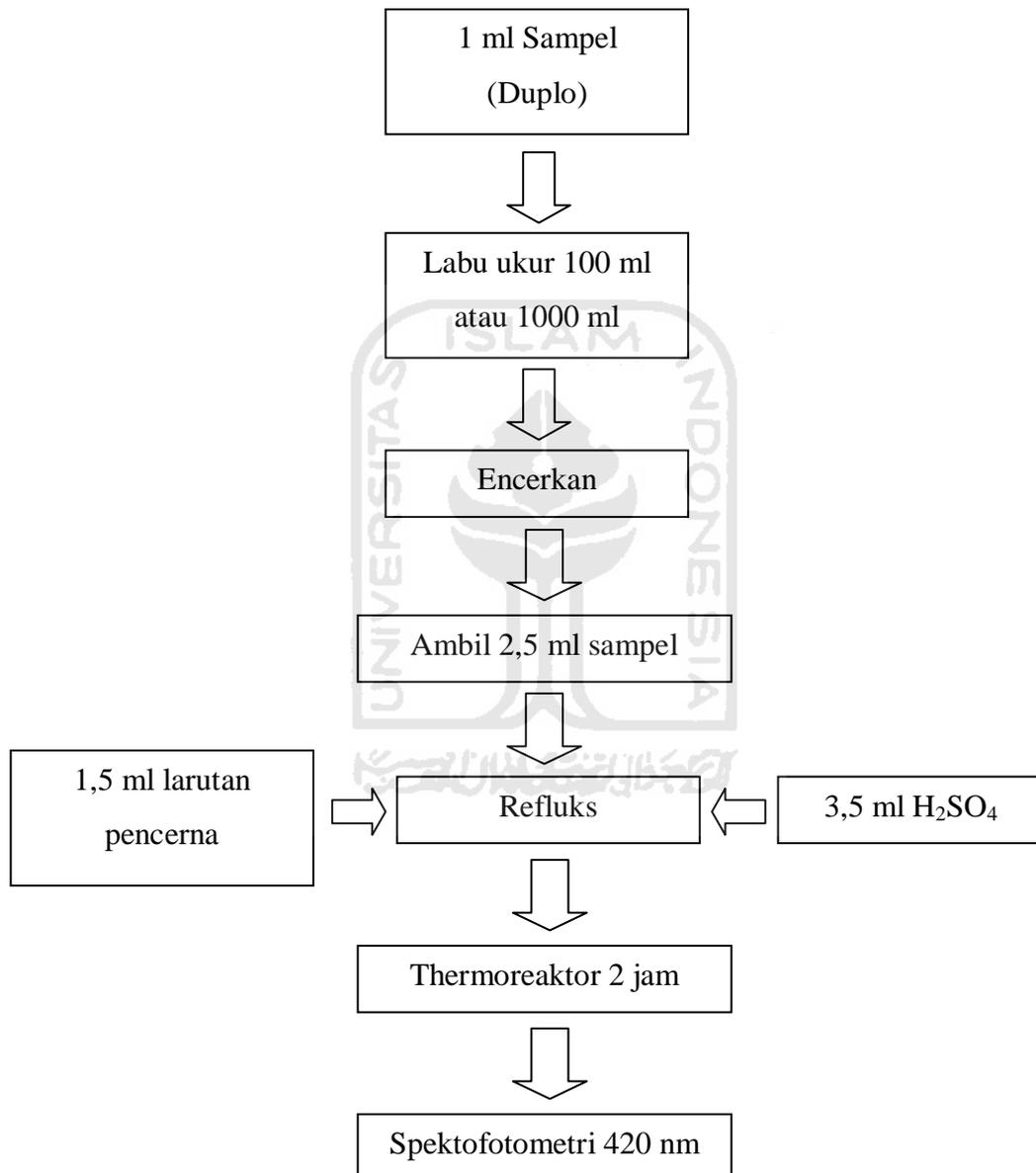
Kadar	Jam ke-	Berat Awal	Berat Akhir	Hasil MLSS (mg/L)
10%	1	0,9030	0,9364	33400
	2	0,9110	0,9332	22200
	3	0,9103	0,9361	25800
	5	0,9560	0,9553	19700
	25	0,9388	0,9564	17600
20%	1	0,9264	0,9516	25200
	2	0,8873	0,9061	18800
	3	0,9416	0,9613	19700
	5	1,236	1,246	9800
	25	0,9396	0,9435	3900
30%	1	0,9376	0,9423	2400
	2	0,9374	0,9391	1700
	3	0,9500	0,9561	6100
	5	0,9325	0,9339	1400
	25	1,220	1,221	600

3. Konsentrasi pH, Suhu, dan DO

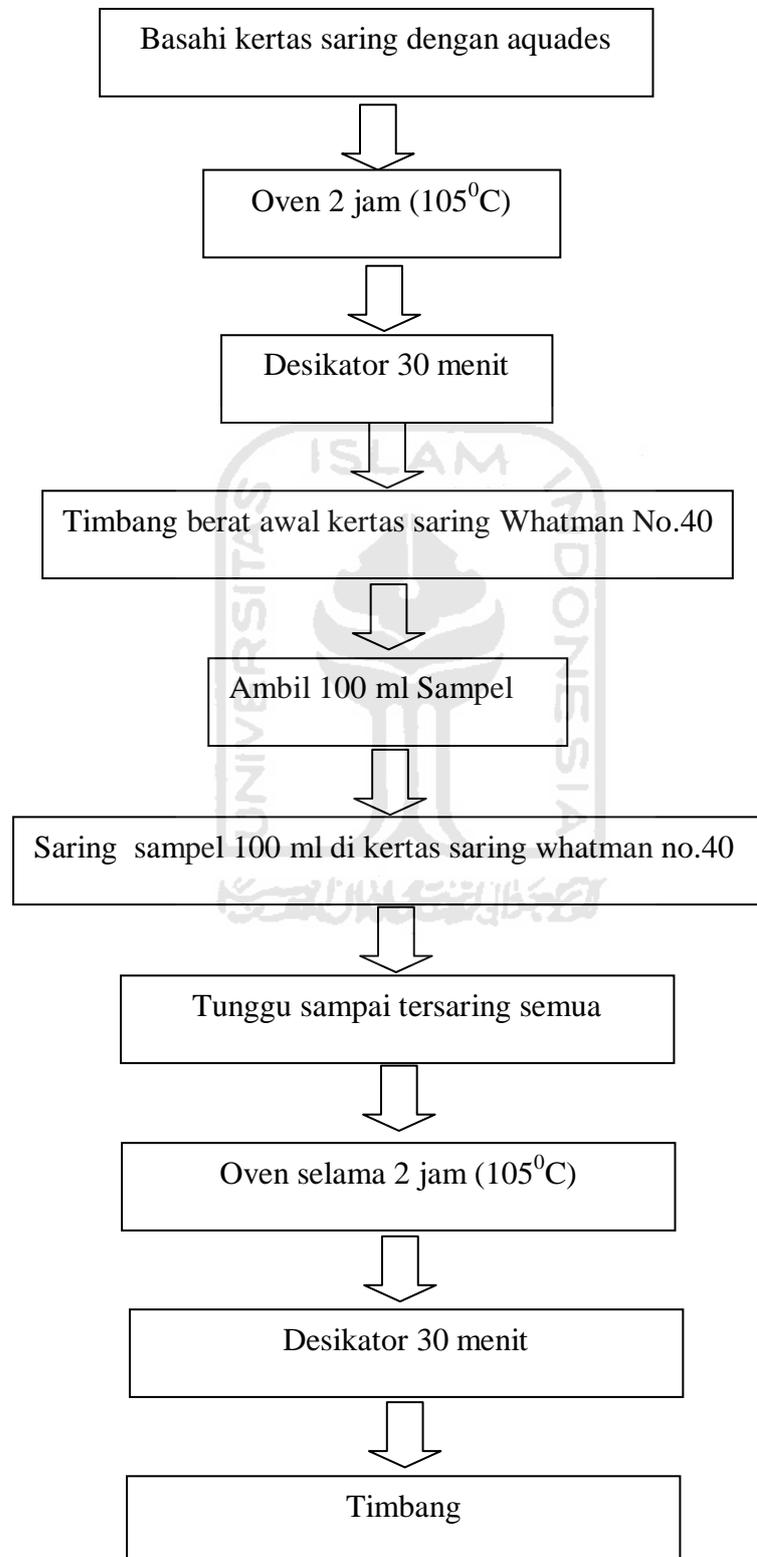
Kadar	Jam ke-	Ph	Suhu	DO
10%	1	2.35	25.9	0.5
	2	2.5	26.1	0.5
	3	2.45	26.3	0.4
	5	2.35	26.4	0.3
	25	2.41	26.6	0.4
20%	1	2.06	26.7	0.4
	2	1.99	26.3	0.4
	3	1.93	26.9	0.3
	5	1.92	27.5	0.4
	25	2.02	25.5	0.5
30%	1	1.7	26	0.3
	2	1.85	25.8	0.3
	3	1.8	26.1	0.4
	5	1.67	26.6	0.3
	25	1.79	25.8	0.4

Lampiran 2. Prosedur Kerja COD dan MLSS

1. Cara Kerja COD



2. Cara Kerja MLSS

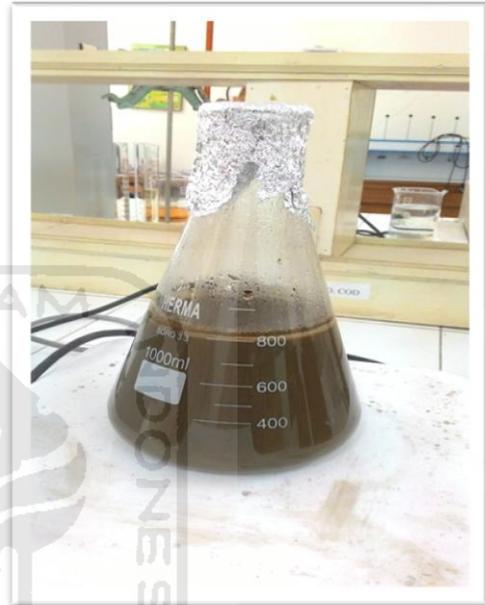


Lampiran 3 Dokumentasi

1. Seeding Lumpur



Magnetic stirrer

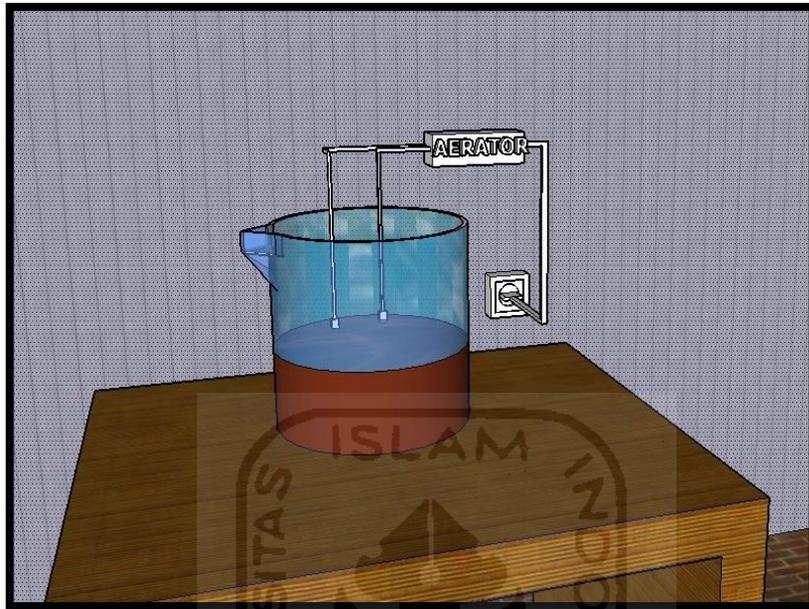


Seeding lumpur dengan stirrer 24 jam



Aerasi lumpur 5 hari

2. Reaktor Batch Aerob



Gambaran reaktor batch aerob



Reaktor batch aerob

3. Proses Percobaan COD



Kondisi sampel saat di thermoreaktor

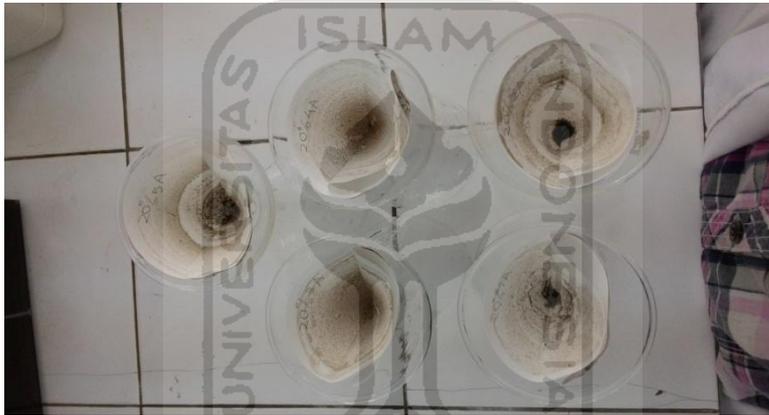
4. Proses Percobaan MLSS



Kondisi limbah saat disaring



90%:10%



80% :20%



70%:30%

Kondisi kertas saring setelah di oven