



**GABUNGAN METODE AERASI DAN ADSORBSI DALAM
MENURUNKAN FENOL DAN COD PADA LIMBAH CAIR UKM BATIK
PURNAMA
DI DESA KLIWONAN KECAMATAN MASARAN
KABUPATEN SRAGEN TAHUN 2010**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh :

Isti Mubarokah

NIM. 6450405508

**JURUSAN ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN**

2010

ABSTRAK

Isti Mubarakah, 2010. “**Gabungan Metode Aerasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Kadar Fenol dan COD pada Limbah Cair UKM Batik Purnama Desa Kliwonan, Kecamatan Masaran, Kabupaten Sragen Tahun 2010**”. Skripsi Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I: Eram Tunggul P, S.KM, M.Kes., Pembimbing II: dr.Yuni Wijayanti, M.Kes.

Kata kunci: Aerasi, Adsorpsi, Limbah Cair, Fenol, COD

Limbah batik merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pemberian cap pada kain, pewarna kain, merserasi, pelunturan warna, pencucian kain dan proses penyempurnaan. Hasil buangan limbah cair dari proses produksi ini mengandung fenol, kromium (Cr), Pb (Timbal), Cd (Cadmium), NH₃ total, Sulfida, pH, BOD, COD, minyak, lemak, warna, padatan tersuspensi (TSS), dan bahan-bahan organik yang menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan apabila masuk/dimasukkan ke dalam lingkungan, sehingga ekosistem pada lingkungan mengalami perubahan fungsi. Salah satu teknik pengolahan air limbah adalah aerasi dan adsorpsi. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gabungan metode aerasi dan adsorpsi dalam menurunkan kadar fenol dan COD pada limbah cair UKM batik Purnama desa Kliwonan, kecamatan Masaran, kabupaten Sragen tahun 2010.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen semu dengan rancangan penelitian *one group pre-test* dan *post-test design*. Obyek penelitian yang digunakan yaitu limbah cair UKM batik Purnama Desa Kliwonan, Kecamatan Masaran, Kabupaten Sragen tahun 2010. Dengan jumlah replikasi sebanyak 9 kali pada masing-masing ketinggian, sehingga total jumlah replikasi 27 untuk pemeriksaan fenol dan 27 untuk pemeriksaan COD.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa ada perbedaan yang bermakna antara kadar fenol sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan tehnik aerasi dan adsorpsi 3 media ketinggian 40 cm, 60 cm, 80 cm ($p\ value = 0,008 < 0,05$), ada perbedaan bermakna antara kadar COD sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan tehnik aerasi dan adsorpsi 3 media ketinggian 40 cm, 60 cm, 80 cm ($p\ value = 0,008 < 0,05$).

Berdasarkan hasil penelitian saran yang diajukan adalah: 1) Bagi pemilik hendaknya mengelola limbah cair, sebelum dibuang ke lingkungan untuk mengurangi pencemaran langsung dari limbah batik. 2) Bagi pihak BLH diharapkan melakukan pengawasan terhadap buangan air limbah bagi industri menengah kebawah dan melakukan penyuluhan, pelatihan, dan pemeberian bantuan dalam pengolahan air limbah. 3) Bagi peneliti berikutnya disarankan agar meneliti hubungan antara lama aerasi dengan penurunan kadar kandungan cemar dan media adsorpsi dalam bentuk halus.

ABSTRACT

Isti Mubarokah, 2010. "**Combined Methods of Aeration and Adsorption in Reducing Phenol Content and COD On Waste UKM Purnama Batik Kliwonan Village, Masaran District, Sragen Regency Year 2010**". The Final Project, Departement of Public Health Science, Faculty of Sport Science, Semarang State University. Advisor I: Eram Tunggul P, S.KM, M.Kes., Pembimbing II: dr.Yuni Wijayanti, M.Kes.

Key words: Aeration, adsorption, Waste Water, Phenols, COD

Batik waste is waste generated from the process of stamping on fabric, dye fabric, merserasi, faded color, wash cloths and process improvements. Results of liquid waste from the production process contains phenols, chromium (Cr), Pb (Lead), Cd (Cadmium), NH₃ total, sulfide, pH, BOD, COD, oil, fat, color, suspended solids (TSS), and organic materials that cause pollution to the environment if the entry/inserted into the environment, so that ecosystem functions in changing environments. One technique is the aeration of waste water treatment and the adsorption. Based on this, the study aims to determine the combined methods of aeration and adsorption in reducing phenol content and COD in wastewater UKM batik Purnama Kliwonan village, Masaran district, Sragen regency in 2010.

The type of research is a quasi-experimental research design with one group pre-test and post-test design. Object of research that used are the wastewater batik Purnama UKM Kliwonan village, Masaran district, Sragen regency in 2010. With total replication as nine times at each attitude, so the total number of replications 27 to 27 for the examination of phenol and COD checks.

The result showed that there were significant differences between concentration of phenol before and after treatment with aeration and adsorption techniques three medium height 40 cm, 60 cm, 80 cm (p value = 0.008 <0.05), there were significant differences between the levels of COD before and after treatment with aeration and adsorption techniques three medium height 40 cm, 60 cm, 80 cm (p value = 0.008 <0.05).

Based on the results of the proposed suggestions are: 1) For owners should manage wastewater, before discharge into the environment to reduce the direct pollution from waste batik. 2) For the BLH is expected to supervise the disposal of waste water for industry of middle and doing counseling, training, and pemeberian assistance in waste water treatment. 3) For subsequent researchers are advised to examine the relationship between long aeration with decreased levels of contaminants and media, content adsorption in fine form.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Gabungan Metode Aerasi Dan Adsorpsi Dalam Menurunkan Fenol Dan COD Pada Limbah Cair UKM Batik Purnama Di Desa Kliwonan Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen Tahun 2010” telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat.

Pada hari : Selasa
Tanggal : 2 Desember 2010

Panitia Ujian	
Ketua	<p><u>Drs. H. Harry Pramono, M.Si.</u> <u>M.Kes.</u> NIP. 19591019.198503.1.001</p>
	<p>Sekretaris</p> <p><u>dr. H. Mahalul Azam,</u> NIP. 19751119.200112.1.001</p>
Dewan Penguji	
Penguji I	<p><u>Drs. Herry Koesyanto, M.Si</u> NIP. 19850122.198601.1.001</p>
Anggota Penguji (Pembimbing utama)	<p><u>Eram Tunggul P, S.KM, M.Kes.</u> NIP: 19740928 200312 1001</p>
Anggota Penguji (Pembimbing pendamping)	<p><u>dr. Yuni Wijayanti, M.Kes.</u> NIP.19660609 200112 2001</p>
	<p>Tanggal Persetujuan</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- “Zuhudlah terhadap dunia niscaya dicintai Allah, dan zuhudlah terhadap apa yang dimiliki orang lain niscaya mereka akan mencintaimu” (HR.Ibnu Majah/4102)
- ”Ketahuilah sesungguhnya pertolongan itu selalu bersama kesabaran dan sesungguhnya kelapangan itu menyertai kesempitan dan kemudahan akan datang setelah kesulitan”

Persembahan:

1. Ibunda (Surati) dan Ayahanda (Mukiman) tercinta.
2. Kakak-kakaku yang selalu memberi semangat.

PERPUSTAKAAN
UNNES

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas karunia Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi ini berjudul Perbedaan Gabungan Metode Aerasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Fenol dan COD pada Limbah Cair UKM Batik Purnama Desa Kliwonan, Kecamatan Masaran, Kabupaten Sragen Tahun 2010.

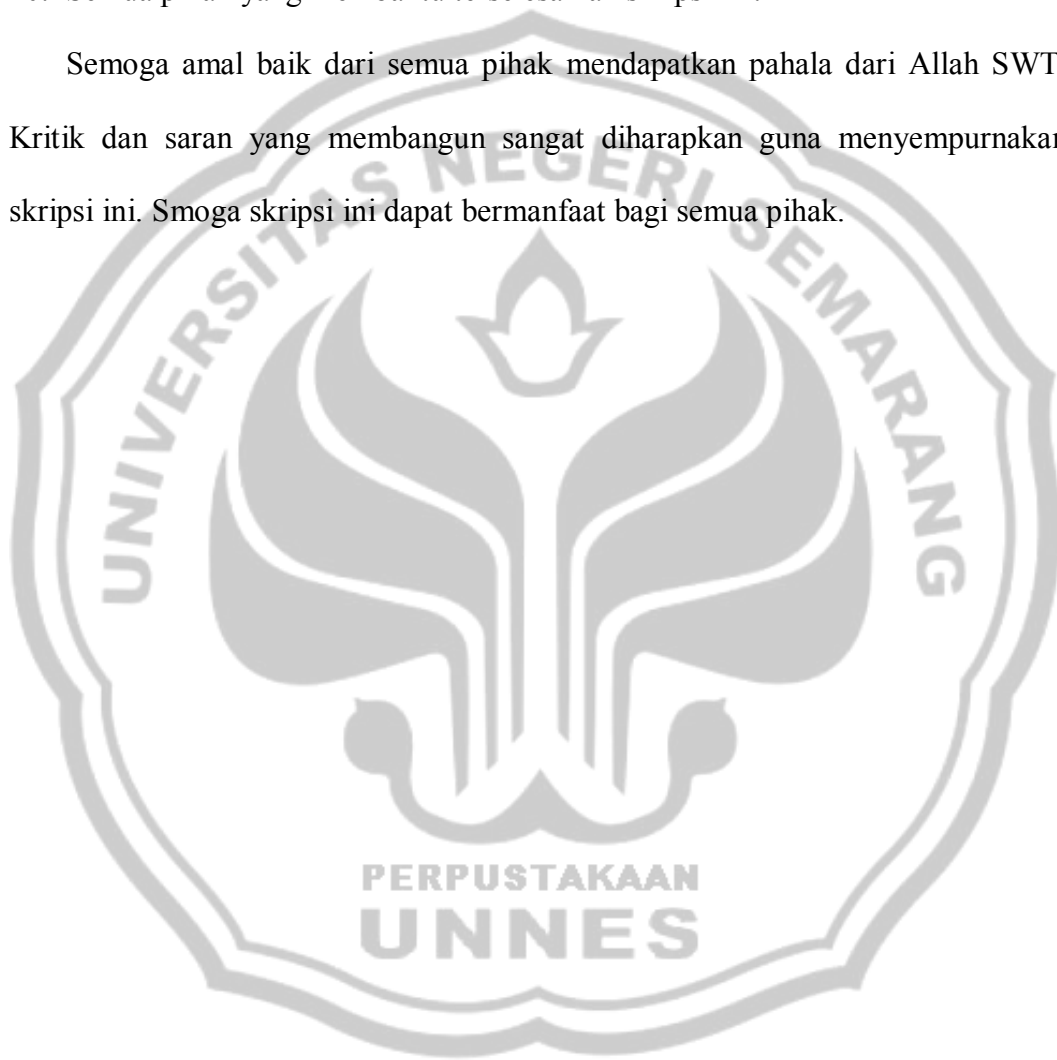
Penyusunan skripsi dimaksudkan untuk melengkapi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat di Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang.

Keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu dengan kerendahan hati disampikan terimakasih pada:

1. Dekan Fakultas Ilmu Keolahrgaan, Drs. Harry Pramono, M.Si atas ijin penelitiannya.
2. Ketua Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, dr. Mahalul Azam, M.Kes atas ijin penelitiannya.
3. Pembimbing I, Eram Tunggul P, S.KM. M.Kes atas bimbingan, arahan, motivasi dan kesabaran dalam penyusunan skripsi ini.
4. Pembimbing II, dr. Yuni Wijayanti, M.Kes atas bimbingan, arahan, motivasi dan kesabaran dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak ibu dosen Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, atas bekal ilmu dan perhatian yang diberikan.
6. Pemilik UKM Batik Purnama Bapak Ramno, atas bantuan dan ijin penelitiannya.
7. Umami tercinta (Surati), kakak-kakak ku (Mas Warji, Mas Agus, Mas Sidiq, Mas An, Mb.Puri, Mb.Satini), atas do'a, motivasi dan bantuannya, serta ponakan2q tersayang Mifta, Aulia, Azbin.

8. Sahabat–sahabatku (Ukhti Sheila, Ella, Eka, Qiqi, Mira, Galih, Anni, Dhe Lala, Mb.Nunung, Dhe Novi, Dhe Vina) jazakumulloh khorin katsiron atas motivasi, bantuan dan do’anya.
9. Teman-teman wisma salsabila atas do’a dan motiavasinya.
10. Semua pihak yang membantu terselesaikan skripsi ini.

Semoga amal baik dari semua pihak mendapatkan pahala dari Allah SWT. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna menyempurnakan skripsi ini. Smoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.



DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABTRACT	iii
PENGESAHAN	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Keaslian Penelitian	8
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	9
BAB II LANDASAN TEORI	11
2.1 Landasan Teori	11
2.1.1 Air Limbah	11
2.1.2 Proses Pembuatan Batik	14
2.1.3 Limbah Industri Batik	18
2.1.4 Pengolahan Air Limbah	23
2.1.5 Persyaratan Pembuangan Air Limbah	35
2.1 Kerangka Teori	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Kerangka Konsep	37
3.2 Hipotesis Penelitian	37
3.3 Variabel Penelitian	38

3.4 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel.....	38
3.5 Jenis dan Rancangan Penelitian.....	39
3.6 Obyek Penelitian dan Replikasi.....	40
3.7 Instrumen Penelitian.....	41
3.8 Tehnik Pengambilan Data	46
3.9 Tehnik Analisis Data.....	47
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Hasil Pengujian Air Limbah UKM Batik Purnama pada Survei Awal.....	48
4.2 Hasil Penelitian Air Limbah UKM Batik Purnama	48
4.3 Uji Normalitas Data	55
4.4 Hasil Uji Beda.....	57
BAB V PEMBAHASAN	59
5.1 Kadar Fenol dan COD dari Survey Awal.....	59
5.2 Kadar Fenol dan COD dari Hasil Penelitian	59
5.3 Bak aerasi dan Adsorpsi sebagai Alat Penelitian.....	60
5.4 Analisis Hasil Pengukuran	62
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	66
6.1 SIMPULAN.....	66
6.2 SARAN	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Keaslian Penelitian.....	
Tabel 1.2 Beberapa hal yang Membedakan Penelitian Penelitian Sebelumnya.....	9
Tabel 2.1 Zat Pencemar dalam Limbah Batik Cair Pada Proses Pembuatan Batik...	18
Tabel 2.2 Persyaratan Arang Aktiif Menurut SNI No.0248-79	31
Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Industri Testil dan Batik	35
Tabel 3.1 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel	38
Tabel 4.1 Kadar Fenol dan COD pada Survei Awal.....	48
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran kadar fenol <i>pre-treatment</i> dan <i>post-treatment</i>	49
Tabel 4.3 Data Prosentase penurunan kadar fenol pada perlakuan 1	50
Tabel 4.4 Data Prosentase penurunan kadar fenol pada perlakuan 2	50
Tabel 4.5 Data Prosentase penurunan kadar fenol pada perlakuan 3	51
Tabel 4.6 Rata-rata Persentase Penurunan Kadar Fenol.....	51
Tabel 4.7 Hasil pengukuran kadar COD <i>pre-treatment</i> dan <i>post-treatment</i>	52
Tabel 4.8 Data Penurunan kadar COD pada perlakuan 1	53
Tabel 4.9 Data Penurunan kadar COD pada perlakuan 2	54
Tabel 4.10 Data Penurunan kadar COD pada perlakuan 3	54
Tabel 4.11 Rata-rata Prosentase Penurunan Kadar COD	55
Tabel 4.12 Hasil uji normalitas data kadar fenol.....	55
Tabel 4.13 Uji normalitas data untuk kadar COD	56
Tabel 4.14 Hasil uji beda kadar fenol sebelum dan setelah perlakuan	57
Tabel 4.15 Hasil uji beda kadar COD sebelum dan setelah perlakuan.....	58

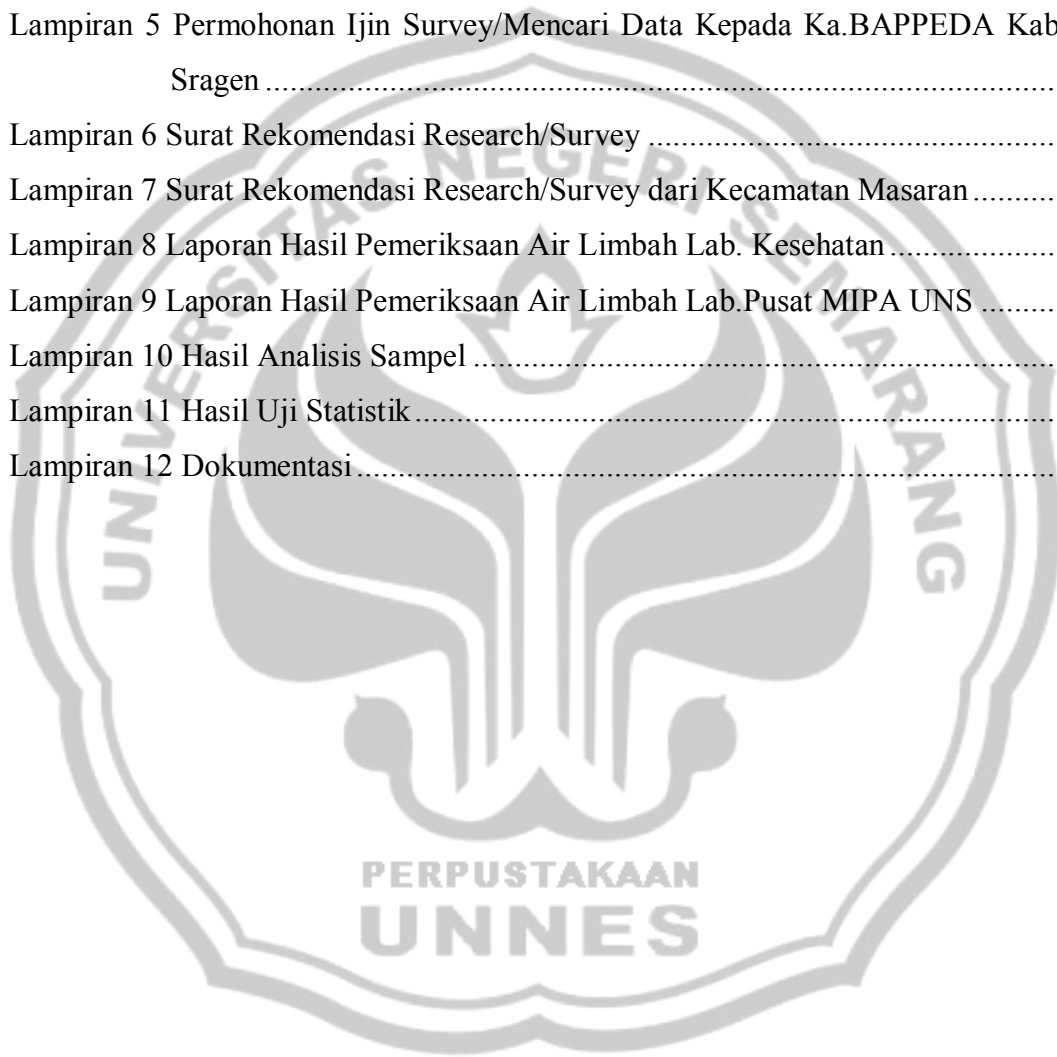
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Alur Proses Pembuatan Batik Beserta Limbahnya.....	
Gambar 2.2 Rumus Struktur Fenol.....	19
Gambar 2.3 Pengolahan Limbah secara Kimia-Fisika	26
Gambar 2.4 Jenis Bak Penyerapan Karbon Aktif.....	29
Gambar 2.5 Kerangka Teori.....	36
Gambar 3.1 Kerangka Konsep	37
Gambar 3.2 Rancangan Alat Penelitian.....	41
Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Kadar Fenol.....	49
Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Kadar COD	53



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Surat Keputusan Pembimbing	73
Lampiran 2 Form Pengajuan Ijin Penelitian	73
Lampiran 3 Surat Permohonan Ijin Penelitian Kepada BAPPEDA Kab. Sragen	74
Lampiran 4 Surat Permohonan Ijin Penelitian Kepada UKM Batik Purnama.....	75
Lampiran 5 Permohonan Ijin Survey/Mencari Data Kepada Ka.BAPPEDA Kab. Sragen	76
Lampiran 6 Surat Rekomendasi Research/Survey	77
Lampiran 7 Surat Rekomendasi Research/Survey dari Kecamatan Masaran	78
Lampiran 8 Laporan Hasil Pemeriksaan Air Limbah Lab. Kesehatan	79
Lampiran 9 Laporan Hasil Pemeriksaan Air Limbah Lab.Pusat MIPA UNS	80
Lampiran 10 Hasil Analisis Sampel	81
Lampiran 11 Hasil Uji Statistik	82
Lampiran 12 Dokumentasi	92



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri mempunyai pengaruh besar kepada lingkungan, karena mengubah alam menjadi produk baru dan menghasilkan limbah produksi yang mencemari lingkungan (Henny Setyaningsih, 2008:1). Industri-industri menghasilkan limbah, baik limbah cair (*liquid wastes*), padat (*solid wastes*), maupun gas (*gaseous wastes*) yang akan masuk ke dalam lingkungan sekitar industri tersebut. Limbah-limbah tersebut dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Industri yang belum mempunyai sarana pengolahan limbah seringkali menimbulkan masalah pencemaran lingkungan yang kadang-kadang disertai dengan keluhan dan protes masyarakat (Fahriar Anantatur, 2001:1). Salah satu industri yang dapat mencemari lingkungan adalah industri batik.

Industri batik banyak menggunakan bahan-bahan kimia dan air dalam proses produksinya. Bahan kimia ini biasanya digunakan pada proses pewarnaan atau pencelupan. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri batik dapat berupa logam berat, padatan tersuspensi, atau zat organik. Limbah batik merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pemberian cap pada kain, pewarna kain, merserasi, pelunturan warna, pencucian kain dan proses penyempurnaan. Hasil buangan limbah cair dari proses produksi ini mengandung fenol, kromium (Cr), Pb (Timbal), Cd (Cadmium), NH₃ total, Sulfida, Ph, BOD, COD, minyak, lemak, warna, padatan tersuspensi (TSS), dan bahan-bahan organik yang

menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan apabila masuk/dimasukkan ke dalam lingkungan, sehingga ekosistem pada lingkungan mengalami perubahan fungsi (M. Raharjo, 2004). Buangan industri yang mengandung unsur dan atau senyawa logam berat juga merupakan toksikan yang mempunyai daya racun tinggi.

Ion-ion logam berat bersifat toksik dan umumnya sebagai polutan utama bagi lingkungan. Ion-ion logam berat seperti ion-ion kromium (III) atau Cr^{3+} dapat menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati dan ginjal (Meilita dan Tuti Sarma S, 2003:1), timbal (Pb) dalam tubuh terutama terikat dalam gugus $-\text{SH}$ molekul protein sehingga menghambat aktivitas kerja system enzim. Pb dapat mengganggu sintesis Hb, penghambatan sintesis Hb dapat menyebabkan anemia (Wahyu Widayati dkk, 2008:120). Fenol dapat menyebabkan kerusakan hati dan ginjal, penurunan tekanan darah, pelemahan detak jantung hingga kematian. Senyawa ini dapat dikatakan aman bagi lingkungan, jika konsentrasinya berkisar antara 0,5 – 1,0 mg/l sesuai dengan KEP No.51/MENLH/10/1995 dan ambang batas fenol dalam air minum adalah 0,002 mg/l. Fenol dengan konsentrasi 0,05 mg/l dalam air minum menciptakan rasa dan bau, jika bereaksi dengan chlor yang membentuk chlorophenol (Slamet R dkk, 2005:67).

Masalah pencemaran karena limbah yang tidak dikelola dengan baik tidak hanya disebabkan oleh industri besar, tetapi juga oleh industri kecil yang seringkali belum mempunyai fasilitas pengolahan limbah. Mengingat jumlah industri kecil yang sangat banyak dan lokasi yang menyebar, maka hal ini perlu mendapat perhatian (Made Arsawan, 2007:2). Salah satu teknik pengolahan air

limbah adalah aerasi dan adsorpsi. Aerasi dapat menurunkan kandungan minyak pada air limbah dan dapat memisahkan minyak yang terakumulasi di dalam air, sehingga minyak dapat terdispersi ke atas. Perlakuan aerasi juga dapat menurunkan nilai BOD, COD, TDS dan TSS karena dengan pemberian oksigen kedalam air limbah akan dapat memenuhi kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme pengurai yang ada di dalam air limbah dan kebutuhan oksigen untuk oksidasi bahan-bahan kimia yang ada di dalam air limbah. Jadi perlakuan aerasi dapat meningkatkan kualitas limbah kearah yang lebih baik (Made Arsawan, 2007:1-2). Hasil penelitian Marjono (2009) tentang peranan aerasi dalam perubahan BOD (*biological oxygen demand*) dan COD (*chemical oxygen demand*) limbah cair domestik (studi kasus di ipal Kedungtungkul Mojosongo Surakarta), aerasi berperan secara signifikan dalam menurunkan kadar BOD dan COD. Waktu aerasi dari jam ke 1 menurunkan kadar BOD sebesar 56,50% dari kondisi awal, dan menurunkan kadar COD sebesar 64,28% dari kondisi awal.

Arie Herlambang (2002) dalam A'tina Fatha (2007:4) mengatakan proses adsorpsi memanfaatkan fenomena penumpukan zat organik pada *interface* dua fasa untuk menghilangkan materi dari cairan. Adsorpsi biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik (misalnya: fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya. Selain itu zeolit juga mampu menurunkan zat organik pada air limbah. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Henny Setyaningsih (2008) tentang pengolahan limbah batik dengan proses kimia dan adsorpsi karbon aktif di desa Pasirbolang kecamatan Tigaraksa, kabupaten Tangerang, bahwa efisiensi pengurangan warna dengan karbon aktif tempurung kelapa sebesar 75,81%. Sedangkan hasil penelitian A'tina

Fatha (2007) tentang pemanfaatan zeolit aktif untuk menurunkan BOD dan COD limbah tahu, zeolit aktif dapat menurunkan COD sebesar 19,16%.

Batik merupakan salah satu produk yang mendukung perekonomian di Kabupaten Sragen, Jawa Tengah. Kabupaten Sragen merupakan sentra produksi batik urutan ke-3 di Jawa Tengah. Industri batik di Sragen merupakan industri rumahan berskala mikro-kecil, berbasis sistem *putting-out*. Sub-sentrum batik yang terbagi di Kecamatan Plupuh dan Masaran. Desa Kliwonan kecamatan Masaran merupakan desa wisata batik di kabupaten Sragen, dimana terdapat 85 UKM batik dan menyerap hingga 500 tenaga kerja. Adapun hasil produksinya pada tahun 2005 berkisar 50.000 potong untuk batik katun dan 365.000 potong untuk batik sutra.

Augustinus Ign dkk (2008) mengatakan industri batik di Sragen menghadapi permasalahan lingkungan yaitu: (1) kelangkaan air pada musim kemarau, (2) pencemaran lingkungan oleh limbah industri tersebut. Berdasarkan survei di lapangan pada tanggal 5 Oktober 2009 yang dilakukan oleh peneliti diketahui bahwa dari 6 UKM batik di desa Kliwonan belum dilakukan pengelolaan air limbah. Air limbah sisa hasil produksi batik langsung dibuang ke aliran-aliran sungai, sawah selokan, dan kebun disekitar rumah produksi, sehingga mencemari beberapa sumur warga yang tinggal disekitar tempat produksi dan aliran limbah tersebut yaitu Rt 23 dan 24. Dimana sumur-sumur tersebut mengalami perubahan warna dan rasa akibat pencemaran oleh bahan-bahan yang digunakan selama proses produksi. Setelah dilakukan penelitian terjadi perubahan pada tempat penelitian, dimana sebelumnya limbah keseluruhan dibuang pada kebun dan

selokan sehingga menimbulkan genangan. Sekarang dibuat aliran limbah dengan menggunakan pralon yang langsung disalurkan menuju sungai, walaupun demikian masih ada sebagian limbah yang mengalir ke kebun. Bila hujan turun maka akan bercampur dengan air hujan dan menggenang ke kebun yang mencari air sumur didekatnya.

Hasil pemeriksaan sampel oleh Balai Laboratorium Kesehatan Semarang yang dilakukan pada tanggal 23 November 2009 untuk mengetahui tingkat pencemaran lingkungan oleh limbah cair batik, dimana parameter tersebut diantaranya fenol dan COD melebihi ambang batas, yaitu untuk fenol 0.846 mg/l dan COD 21340 mg/l, pemeriksaan ke dua tanggal 12 April 2010 di laboratorium Pusat MIPA UNS untuk kadar fenol 0,846 mg/l dan kadar COD 2.460 mg/l, sedangkan baku mutu yang ditetapkan oleh Perda Provinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004 kadar maksimum fenol 0.5 mg/l dan COD 100 mg/l. Hal ini berarti bahwa kandungan limbah cair batik tersebut lebih tinggi daripada standar yang ada sehingga dapat berbahaya bagi lingkungan sekitar dan kesehatan masyarakat, maka limbah cair industri batik perlu diadakan pengelolaan air limbah.

Berdasarkan hal di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengolahan limbah batik dengan mengambil judul "Efektivitas Metode Aerasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Fenol dan COD pada Limbah Cair UKM Batik Purnama di Desa Kliwonan Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen Tahun 2010".

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Apakah gabungan metode aerasi dan adsorpsi (zeolit dan karbon aktif tempurung kelapa) dapat menurunkan kandungan fenol dan COD pada limbah cair UKM batik desa Kliwonan?.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengetahui apakah gabungan tehnik aerasi dan adsorpsi (zeolit dan karbon aktif tempurung kelapa) efektif dalam menurunkan kadar fenol dan COD pada limbah cair UKM batik.

1.3.2. Tujuan Khusus

- 1) Untuk mengetahui kadar COD limbah cair batik sebelum diberikan perlakuan dengan metode aerasi dan adsorpsi.
- 2) Untuk mengetahui kadar fenol limbah cair batik sebelum diberikan perlakuan dengan metode aerasi dan adsorpsi.
- 3) Untuk mengetahui kadar COD limbah cair batik setelah diberikan perlakuan dengan metode aerasi dan adsorpsi.
- 4) Untuk mengetahui kadar fenol limbah cair batik setelah diberikan perlakuan dengan metode aerasi dan adsorpsi.
- 5) Untuk mengetahui persentase penurunan kadar fenol dan COD setelah diberikan perlakuan dengan metode aerasi dan adsorpsi.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Bagi Masyarakat

Mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan dari pembuangan limbah cair UKM batik yang berupa fenol dan COD serta warna yang dapat mencemari sumur warga.

1.4.2. Bagi Peneliti

Menambah pengetahuan dan wawasan tentang pengolahan limbah cair batik dengan menggunakan tehnik aerasi dan adsorpsi.

1.4.3. Bagi Jurusan Kesehatan Masyarakat

Dapat menambah kepustakaan dan pengembangan ilmu kesehatan masyarakat khususnya tentang pengolahan limbah cair

1.4.4. Bagi Pengelola UKM Batik

Memberikan informasi mengenai cara pengolahan limbah cair batik dengan metode aerasi dan adsorpsi.

1.4.5. Bagi Instansi Terkait

Memberi informasi mengenai potensi metode pengolahan limbah dengan metode aerasi dan adsorpsi sebagai salah satu alternatif cara pengolahan limbah cair UKM batik.

1.5. Keaslian Penelitian

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

No	Judul / Peneliti/ Penelitian	Lokasi	Tahun	Desain	Variabel	Hasil
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(6)
	Perbedaan Efektivitas dan Karbon aktif tempurung Kelapa sebagai Adsorbent media Saring dalam Menurunkan Kadar Zat Organik Limbah Cair Industri Sadratex di Kota Semarang/ Nunung Priyanto	zeolit	2003	Eksperimental Semu	Adaptasi Zeolit, Karbon aktif tempurung kelapa	rata kadar zat organik yang paling besar adalah antara control dengan media saring karbon aktif yaitu sebesar 69,88 mg/l. dari hasil uji Ducan diketahui bahwa penurunan yang paling tinggi adalah karbon aktif tempurung kelapa yang menghasilkan rata-rata kadar zat organik 30,61 mg/l.
	Pengaruh Tinggi Adsorsi Aktif Terhadap Warna Padat pada Limbah Cair Industri Kecil Batik Tradisional Mivika, di Samarinda/ Fahriar Anantatur	Media Karbon Batubara dan Zat Tersuspensi	2001	Eksperimental Semu	Tinggi media adsorsi karbon aktif batubara, zat warna, zat padat tersuspensi	Rata-rata kadar warna sebelum pengukuran sebesar 288,1 TCU, sesudah perlakuan dengan tinggi media 50 cm 4 TCU; 70 cm 2,4 TCU; dan 90 cm 1,9 TCU. Rata-rata kadar zat padat tersuspensi sebelum perlakuan 156,2 mg/l, control 136,

2 mg/l, sesudah perlakuan dengan tinggi media 50

cm

sebesar 76,1 mg/l; 70 cm 37,4 mg/l; dan 90 cm 28,9 mg/l.

Tabel 1.2 Beberapa hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya

No.	Perbedaan	Nama Peneliti		
		Fahriar Anantatur	Nunung Priyanto	Isti Mubarakah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	Metode	adsorpsi karbon aktif batubara	Adsorpsi Zeolit, Karbon aktif tempurung kelapa	Gabungan aerasi dan adsorpsi (zeolit dan karbon aktif tempurung kelapa)
2.	Media penyaring	karbon aktif batubara	Zeolit, Karbon aktif tempurung kelapa	Zeolit dan Arang tempurung kelapa
3.	Ketebalan media penyaring	50 cm, 90 cm, 70 cm	40 cm, 45 cm, 50 cm	40 cm, 60 cm, dan 80 cm
4.	Prinsip kerja	Adsorpsi	Adsorpsi dan penyaringan	Aerasi, adsorpsi
5.	Obyek penelitian	Kadar Warna dan TSS	Kadar Zat Organik	Fenol dan COD

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

1.6.1. Ruang Lingkup Tempat

Penelitian ini dilakukan di Desa Kliwonan Kecamatan Masaran karena desa tersebut merupakan sentra batik kabupaten Sragen. Menurut hasil survei pengusaha batik di daerah tersebut tidak mengolah limbah batik mereka dan langsung membuangnya ke aliran sungai, dan kebun-kebun disekitar tempat industri.

1.6.2. Ruang Lingkup Materi

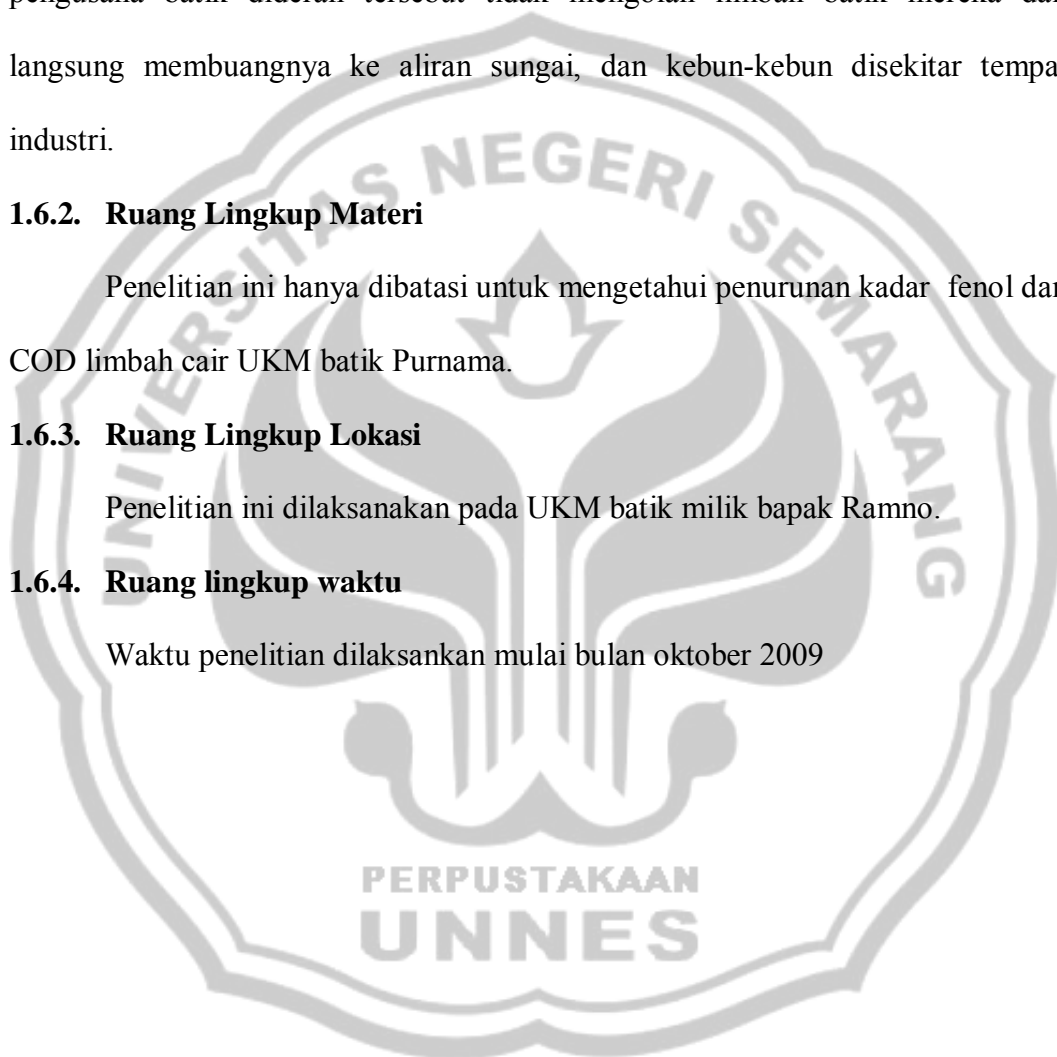
Penelitian ini hanya dibatasi untuk mengetahui penurunan kadar fenol dan COD limbah cair UKM batik Purnama.

1.6.3. Ruang Lingkup Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada UKM batik milik bapak Ramno.

1.6.4. Ruang lingkup waktu

Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan oktober 2009



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Air Limbah

2.1.2.1. Pengertian air limbah

Ada beberapa pengertian mengenai air limbah, adapun pengertiannya tersebut antara lain:

1. Air limbah adalah sisa-sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001).
2. Air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan (Perda Jateng No.10 Tahun 2004).
3. Limbah dalam konotasi sederhana dapat diartikan sebagai sampah. Limbah atau dalam bahasa ilmiah disebut juga polutan dapat dikelompokkan atas beberapa kelompok berdasarkan jenis, sifat dan sumbernya (Heryando Polar, 1994:71).

2.1.2.2. Karakteristik air limbah

1. Karakteristik air limbah

Dalam menentukan karakteristik limbah maka ada tiga jenis sifat yang harus diketahui yaitu:

1). Sifat fisik

Sifat fisik suatu limbah ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, tersuspensi dan padatan total, alkalinitas, kekeruhan, warna, salinitas, daya hantar listrik, bau dan temperatur. Sifat fisik ini beberapa dapat dikenali secara visual tapi untuk mengetahui secara lebih pasti maka dapat digunakan laboratorium (Perdana Ginting, 2007:47).

2). Sifat kimia

Karakteristik air limbah ditentukan oleh *biochemical oksigen demand* (BOD), *chemical oksigen demand* (COD) dan logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah. Logam berat pada umumnya adalah metal-metal seperti *opper*, *selter* pada cadmium, air raksa, *lead*, kromium, *iron* dan nikel. Metal lain yang juga termasuk metal berat adalah arsen, selenium, *cobalt*, mangan, dan alumunium. Dalam buangan industri tekstil dan pencelupan, logam berat ditemukan dalam bentuk organik. Cadmium ditemukan dalam buangan tekstil, elektro plating pabrik-pabrik kimia. Chromium dijumpai dalam bentuk yaitu chrom bervalensi enam ditemukan pada buangan, pabrik alumunium, cat. Sedangkan chrom trivalen ditemukan pada pabrik tekstil, industri gelas, dan industri keramik (Perdana Ginting, 2007:49).

3). Sifat biologis

Bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawaan. Protein adalah salah satu senyawa kimia sebagai penolong, sehingga dalam

air terdapat kandungan bahan organik dan anorganik yang berbahaya ataupun beracun (Perdana Ginting, 2007:57).

2.1.2.3. Sumber air limbah

Daryanto (1995:14) mengatakan sumber air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain berasal dari industri, limbah rumah tangga, limbah pertanian dan sebagainya.

1. Industri

Pabrik industri mengeluarkan limbah yang dapat mencemari ekosistem air. Pembuangan limbah industri ke sungai-sungai dapat menyebabkan merubahnya susunan kimia, bakteriologi serta fisik air. Polutan yang dihasilkan oleh pabrik dapat berupa:

- 1) Logam berat: timbal, merkuri, tembaga, seng dan lain-lain.
- 2) Panas: air yang sangat tinggi temperaturnya sulit menyerap oksigen yang pada akhirnya akan mematikan biota air.

Sifat beracun dan berbahaya dari limbah ditunjukkan oleh sifat fisik dan sifat kimia bahan itu baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Beberapa kriteria berbahaya dan beracun ditetapkan, antara lain mudah terbakar, mudah meledak, korosif, bersifat oksidator dan reduktor yang kuat, mudah membusuk, dan lain-lain, sehingga perlu ditetapkan batas-batas yang diperkenankan dalam lingkungan untuk waktu tertentu (Philip Kristanto, 2002:170).

2. Limbah rumah tangga

Dari rumah tangga dapat dihasilkan berbagai macam zat organik dan anorganik yang dialirkan melalui selokan-selokan dan akhirnya bermuara di

sungai-sungai. Selain dalam bentuk zat organik dan anorganik dari limbah rumah tangga bisa terbawa bibit-bibit penyakit yang dapat menular pada hewan dan manusia sehingga menimbulkan epidemi yang luas dimasyarakat.

Ricki M. Mulia (2005:67) mengatakan air limbah rumah tangga terdiri dari tiga fraksi penting yaitu:

- 1) Tinja (*feses*), berpotensi mengandung mikroba pathogen.
- 2) Air seni (*urine*), umumnya mengandung Nitrogen dan Pospor, serta kemungkinan kecil mikro-organisme.
- 3) *Grey water*, merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi. *Grey water* sering juga disebut dengan istilah *sullage*.

3. Limbah pertanian

Penggunaan pupuk pabrik di daerah pertanian akan mencemari air yang keluar dari pertanian, air yang mengandung bahan makanan bagi ganggang, sehingga mengalami pertumbuhan dengan cepat, ganggang yang menutupi permukaan air akan berpengaruh jelek terhadap ikan-ikan dan komponen biotik air ekosistem dari air tersebut.

Dari daerah pertanian terlarut sisa-sisa pestisida yang terbawa ke sungai atau bendungan, pestisida bersifat toksik akan mematikan hewan-hewan air, burung dan bahkan manusia.

2.1.2. Proses Pembuatan Batik

Tehnik membuat batik adalah proses pekerjaan dari mori batik sampai menjadi kain batik. Proses pengolahan batik secara umum meliputi:

2.1.2.1. Tahap Persiapan

1. Mengkanji

Kain yang akan dibatik dikanji terlebih dahulu agar malam batik tidak meresap ke dalam kain, sehingga pada akhir proses mudah dihilangkan kembali. Kanji tersebut tidak boleh menghalangi pewarnaan kain, oleh karenanya hanya berupa kanji ringan dan kemudian dijemur.

2. Mengeplong.

Kain mori yang telah dikanji perlu dihaluskan atau diratakan permukaan dengan dikeplong. Beberapa lembar kain yang telah kering dan dikanji, digulung, diletakkan diatas kayu yang rata permukaannya, dipukul dengan pemukul kayu. Setelah rata dibuka dan dilipat satu persatu.

2.1.2.2. Membuat batik

1. Pelekatan malam

Pelekatan malam dimaksudkan untuk pembuatan desain seperti yang dikehendaki. Cara pelekatan tersebut ada beberapa cara, yakni dengan jalan ditulis dengan canting atau dilukiskan dengan kwas. Malam ini berfungsi menolak atau merintang zat warna yang diberikan pada waktu pencelupan.

2. Pewarnaan

Daryanto (2007:10) beberapa jenis pewarnaan dibedakan beberapa istilah sebagai berikut:

- 1). Coletan, jenis warna yang digunakan antara lain zat warna rapid, zat warna indigosol dan zat warna reaktif.

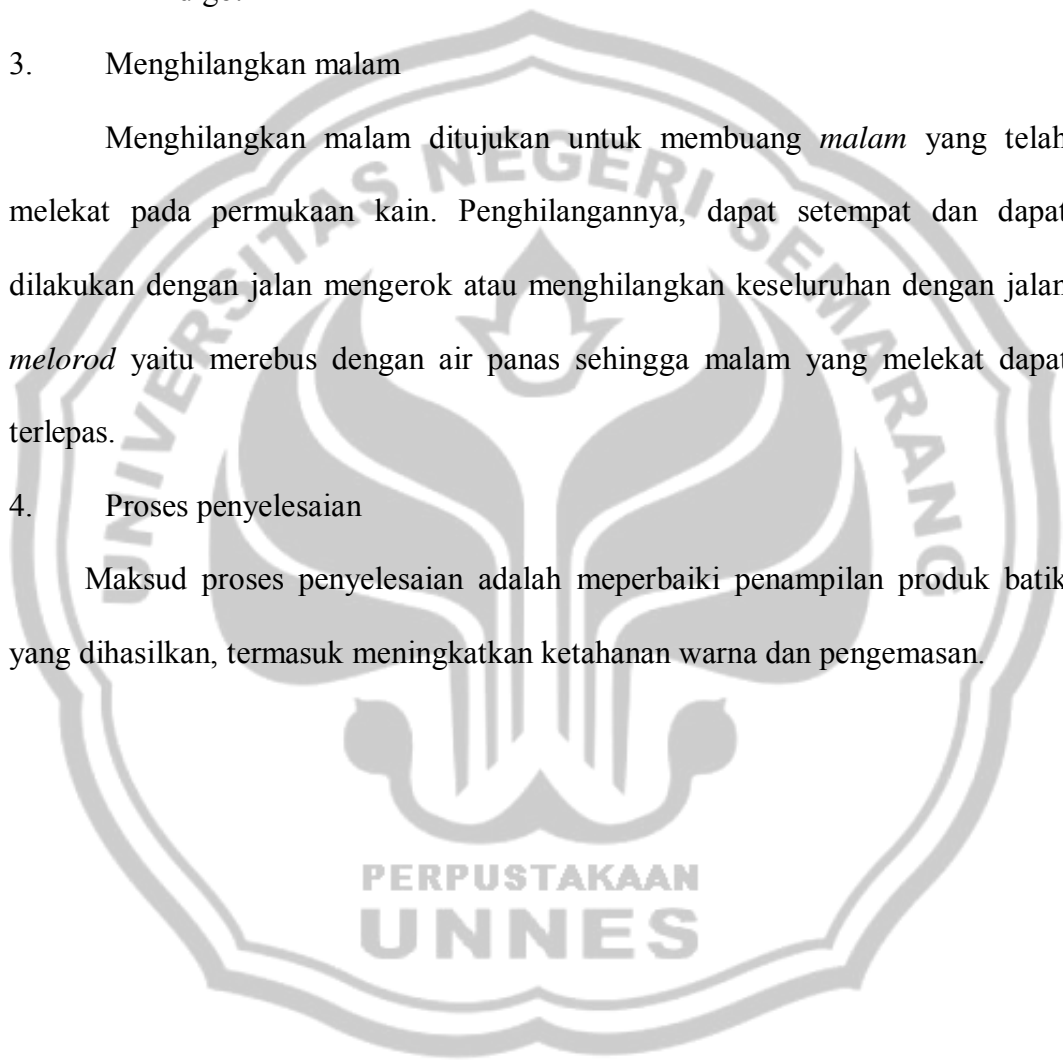
- 2). Mecolet: jika warna akan diberikan pada daerah-daerah tertentu maka dilakukan pencoletan dengan menggunakan kwas
- 3). Menyoga yaitu pewarnaan dengan pemberian soga yang dilakukan pada akhir pewarnaan, dapat dipakai zat warna naftol atau warna indigo.

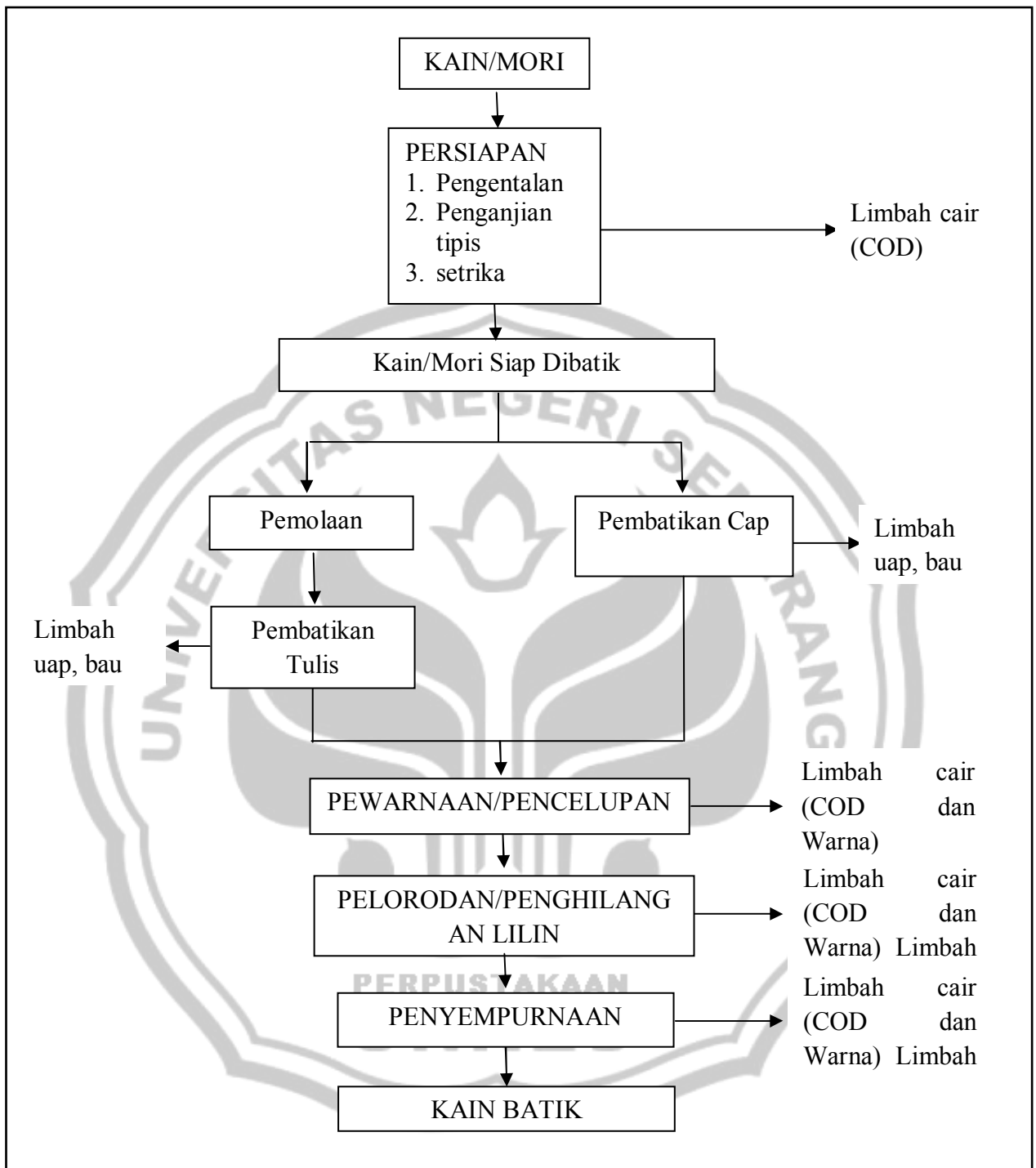
3. Menghilangkan malam

Menghilangkan malam ditujukan untuk membuang *malam* yang telah melekat pada permukaan kain. Penghilangannya, dapat setempat dan dapat dilakukan dengan jalan mengerok atau menghilangkan keseluruhan dengan jalan *melorod* yaitu merebus dengan air panas sehingga malam yang melekat dapat terlepas.

4. Proses penyelesaian

Maksud proses penyelesaian adalah memperbaiki penampilan produk batik yang dihasilkan, termasuk meningkatkan ketahanan warna dan pengemasan.





Gambar 2.1 Alur Proses Pembuatan Batik Beserta Limbahnya

Sumber: Balai Besar Penelitian dan Perkembangan Industri Kerajinan dan Batik

(1997) dalam Indah Purwaningsih (2008:6)

2.1.3. Limbah industri batik

Kualitas limbah cair industri batik sangat tergantung jenis proses yang dilakukan, pada umumnya limbah cair bersifat basa dan kadar organik yang tinggi yang disebabkan oleh sisa-sisa pembatikan.

Pada proses pencelupan (pewarnaan) umumnya merupakan penyumbang sebagian kecil limbah organik, namun menyumbang wama yang kuat, yang mudah terdeteksi, dan hal ini dapat mengurangi keindahan sungai maupun perairan. Kebanyakan penggunaan bahan pencelup dengan struktur molekul organik yang stabil tidak dapat dihancurkan dengan proses biologis, untuk menghilangkan warna air limbah yang efisien dan efektif adalah dengan perlakuan secara biologis, fisik dan kimia (G. Alaerts dan Santika, 1984: 87).

Pada proses persiapan, yaitu proses nganji atau penganjian, menyumbang zat organik yang banyak mengandung zat padat tersuspensi. Zat padat tersuspensi apabila tidak segera diolah akan menimbulkan bau yang tidak sedap dan dapat digunakan untuk menilai kandungan COD dan BOD.

Tabel 2.1. Zat Pencemar dalam Limbah Batik Cair Pada Proses Pembuatan Batik

No	Jenis Proses	Zat-zat Pencemar	Bahan Pencemar
1.	Persiapan	Kanji, minyak kacang, soda abu	Rendah (cair)
2.	Pembatikan	Uap lilin batik.	Kontak langsung (gas)
3.	Pewarnaan:		
	a. Naphtol	Naphtol, Garam Diazonium, NaOH, TRO, Kanji.	Sangat tinggi (cair)
	b. Indigosol	Indigosol, NaNO ₂ , HC1, H ₂ SO ₄ , TRO, Kanji.	

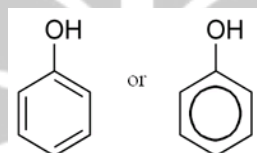
c. Reaktif dingin	Reaktif, NaCl, Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SiO ₄ , TRO, Kation Aktif, Kanji.	
d. Rapid	Rapid, NaOH, Kanji.	Sangat tinggi (cair)
e. Indanthreen	Indanthreen, NaOH, Na ₂ S ₂ O ₄ , TRO, NaCl, H ₂ O ₂ , CH ₃ COOH, Kanji.	

(Sumber : Baku Mutu : Kep. Gubernur Kepala DIY. No: 281/ KPTS/ 1998 dalam Indah Purwaningsih (2008:9).

2.1.3.1. Fenol

1. Pengertian

Fenol atau asam karbolat atau benzenol adalah zat [kristal](#) tak berwarna yang memiliki bau khas. Rumus kimianya adalah [C₆H₅OH](#) dan strukturnya memiliki gugus [hidroksil](#) (-OH) yang berikatan dengan [cincin fenil](#).



Gambar 2.2 Rumus Struktur Fenol

Istilah fenol dalam air limbah tidak hanya terbatas pada (C₆H₅ - OH) tapi bermacam-macam campuran organik yang terdiri dari satu atau lebih gugusan Hidroliks. Fenol dengan konsentrasi 0.005 mg/liter dalam air minum menciptakan rasa dan bau bereaksi dengan chlor yang berbentuk chlorophenol. Sumber-sumber fenol terdapat pada industri pengolahan minyak, batubara, pabrik kimia, pabrik resin, pengecoran pabrik kertas, tekstil (Perdana Ginting, 2007:57).

2. Efek terhadap kesehatan

Fenol ($C_6H_5 - OH$) merupakan monohidroksida turunan benzen dan bersifat *anionik* didalam larutan air. Keberadaan fenol dalam air dapat menyebabkan pencemaran, karena jika dikonsumsi fenol dapat terakumulasi didalam tubuh dan bersifat racun. Selain itu fenol juga dapat terdegrasi menjadi senyawa lain yang bahkan lebih reaktif. Konsentrasi standar maksimal yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan RI untuk fenol adalah 0,001 mg/l (Rahmi, 2007:28).

Fenol juga mudah masuk lewat kulit sehat. Keracunan akut menyebabkan gejala gastro-intestinal, sakit perut, kelainan koordinasi bibir, mulut dan tenggorokan. Dapat pula terjadi perforasi usus, keracunan kronis menimbulkan gejala gastro-intestinal, sulit menelan, dan hipersalivasi, kerusakan ginjal dan hati, dan dapat diikuti kematian. Rasa air berubah dan phenol menjadi lebih terasa bila air tercampur khor (Juli Soemirat, 2004:121).

2.1.3.2. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

1. Pengertian

COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) menjadi CO_2 dan H_2O (Hefni Effendi, 2003:125-126). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikroorganisme dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Mei Pranoto, 2005:20). Nilai COD yang tinggi menunjukkan adanya pencemaran air oleh zat-zat organik yang

berasal dari berbagai sumber seperti limbah pabrik, limbah rumah tangga, dan sebagainya.

2. Arti penting COD

Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya selulosa, tannin, lignin, fenol, polisakarida, benzene, dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran nilai COD dibandingkan nilai BOD.

Penentuan total zat organik dalam air dapat dengan cara tidak langsung yaitu menentukan COD. Disebut tidak langsung karena yang ditentukan adalah kebutuhan oksigen untuk mencerna zat organik secara kimiawi. Cara ini masih cukup relevan dan banyak digunakan pada berbagai kepentingan. Dasar penentuan total zat organik adalah dengan mengoksidasi menggunakan oksidator (KMnO_4 atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Banyaknya KMnO_4 atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang digunakan untuk oksidasi ekuivalen dengan banyaknya total zat organik (Suhardi dalam Endah Kusaeri, 2003).

3. Teknik Pengurangan COD

Pengelolaan limbah cair untuk menurunkan kadar COD antara lain dengan penyaringan dan osmosis, penyerapan karbon (adsorpsi), pertukaran ion, saringan pasir serta pengumpulan dan pengendapan (Sugiharto, 2005:297). Pada pengelolaan limbah cair ini dipergunakan cara adsorpsi karena dapat mengurangi pengotoran bahan organik, partikel termasuk benda yang tidak dapat diuraikan

(*nonbiodegradable*) ataupun gabungan antara bau, warna dan rasa (Sugiharto, 2005: 124).

2.1.3.3. Dampak Buruk Limbah Cair Batik

Air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak buruk bagi makhluk hidup dan lingkungannya. Dampak buruk tersebut adalah sebagai berikut:

1. Gangguan terhadap kesehatan

Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia mengingat bahwa banyak penyakit yang ditularkan melalui air limbah. Selain sebagai pembawa penyakit didalam air limbah juga terdapat bakteri pathogen penyebab penyakit (Sugiharto, 2005:45), serta terdapat zat-zat berbahaya dan beracun yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi makhluk hidup yang mengkonsumsinya (Ricki M.Mulia, 2005:69).

Salah satu zat berbahaya yang digunakan adalah dari penggunaan zat warna kimia naftol dan reaktif. Efek negatif pewarna kimiawi dalam proses pewarnaan oleh pengrajin batik adalah resiko terkena kanker kulit. Ini terjadi karena pada saat proses pewarnaan, umumnya pengrajin tidak menggunakan sarung tangan sebagai pengaman, walaupun memakai tidak benar-benar terlindung secara maksimal. Akibatnya, kulit tangan terus-menerus bersinggungan dengan pewarna kimia berbahaya naftol yang lazim digunakan dalam industri batik. Bahan kimia yang termasuk dalam kategori B3 (bahan beracun berbahaya) ini dapat memicu kanker kulit.

2. Penurunan kualitas lingkungan

Air limbah yang dibuang langsung ke air permukaan (misalnya: sungai dan danau) dapat mengakibatkan pencemaran air permukaan tersebut. Adakalanya, air limbah juga dapat merembes ke dalam air tanah, sehingga menyebabkan pencemaran air tanah. Bila air tanah tercemar, maka kualitasnya akan menurun sehingga tidak dapat digunakan lagi sesuai peruntukannya (Ricki M.Mulia, 2005:69).

Banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut dalam air. Hal ini mengakibatkan matinya ikan dan bakteri-bakteri di dalam air, juga dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman atau tumbuhan air, sehingga proses *self purification* yang seharusnya dapat terjadi pada air limbah menjadi terhambat (Sugiharto, 2005: 48).

3. Gangguan terhadap kerusakan benda

Air limbah yang mengandung gas karbondioksida yang agresif dapat menyebabkan proses terjadinya perkaratan pada benda yang terbuat dari besi. Dengan adanya kerusakan tersebut maka memperbesar biaya pemeliharaan, sehingga dapat menyebabkan kerugian material. Selain itu, limbah yang berkadar pH rendah atau bersifat asam maupun pH tinggi yang bersifat basa dapat merusak benda-benda yang dilaluinya (Sugiharto, 2005:50-51).

2.1.4. Pengolahan Air Limbah

2.1.4.1. Tujuan Pengolahan Air Limbah

Tujuan utama pengolahan limbah cair adalah untuk menurunkan kadar BOD, zat padat tersuspensi dan organisme-organisme pathogen. Selain itu juga

untuk menghilangkan atau mengurangi nutrient, bahan-bahan beracun, zat-zat terlarut dan zat lain yang sukar dibiodegradasi oleh mikroorganisme.

2.1.4.2. Klasifikasi Pengolahan Air Limbah

Pada dasarnya pengolahan limbah cair dalam Philip Kristanto (2002:181) dapat dibedakan menjadi:

1. Pengolahan menurut tingkatan perlakuan

Menurut tingkat proses/perlakuannya, pengolahan limbah air dapat digolongkan menjadi lima tingkatan.

1). Pengolahan pendahuluan (*pretreatment*)

Pengolahan ini digunakan untuk memisahkan padatan kasar, mengurangi ukuran padatan, memisahkan minyak atau lemak, dan proses menyertakan fluktuasi aliran limbah pada bak penampung. Unit yang terdapat dalam pengolahan pendahuluan adalah saringan, pencacah, bak penangkap pasir, penangkap lemak dan minyak, dan bak penyerataan (H.M. Soeparman dan Suparmin, 2001:106).

2). Pengolahan pertama (*primary treatment*)

Pada pengolahan ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan (Sugiharto, 2005:102). Pengendapan secara kimiawi sering digunakan sebagai pengolahan sekunder. Proses ini cukup menentukan dalam pengolahan air limbah dari pabrik tekstil (Sakti Siregar, 2005:95).

3). Pengolahan kedua (*secondary treatment*)

Perlakuan (treatment) kedua pada umumnya melibatkan proses biologis dengan tujuan untuk menghilangkan bahan organik melalui *oksidasi biokimia*.

4). Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*)

Sakti Siregar (2005:95) mengatakan, proses-proses terakhir dalam pengolahan air limbah tekstil adalah filtrasi, adsorpsi, dan oksidasi.

5). Pembunuhan kuman (*desinfektion*)

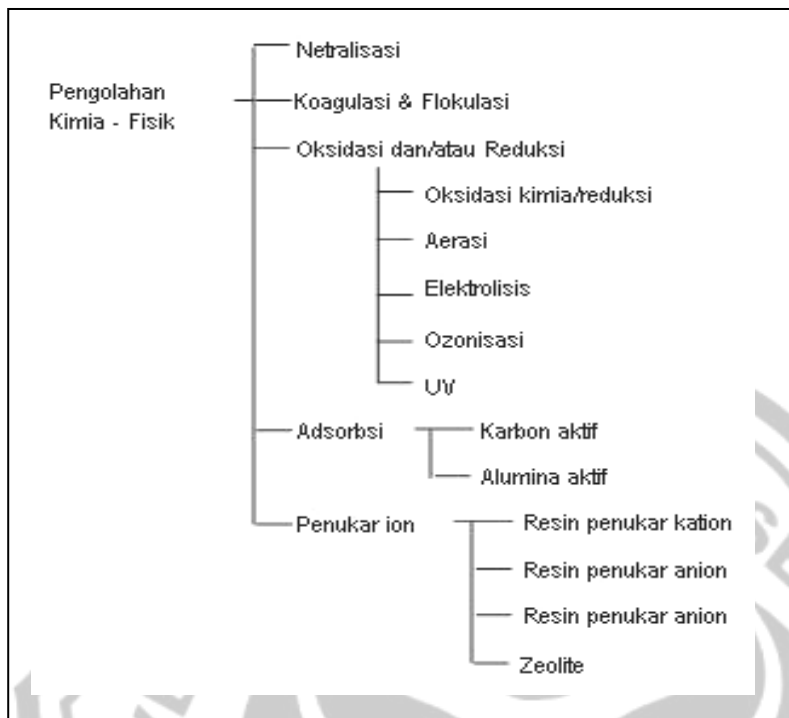
Tahap ini bertujuan untuk membunuh bakteri. Kegiatan yang termasuk dalam tahap ini adalah klorinasi dan ozonisasi.

6). Pembuangan lanjutan

Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan atau mengumpulkan lumpur yang merupakan hasil dari pengelolaan limbah cair tersebut. Kegiatan yang dapat dilakukan dalam tahap ini adalah pembakaran, penutupan tanah dan dibuang ke laut. (Sugiharto, 2005:95-146).

2. Pengolahan menurut karakteristik limbah

Berdasarkan karakteristik limbah, proses pengolahan dapat digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu proses fisika, kimia, dan biologi.



Gambar 2.3 Pengolahan Limbah secara Kimia – fisika
Sumber : Indro Sumantri dkk (2002)

2.1.4.3. Aerasi

Teknik aerasi adalah salah satu usaha pengolahan limbah cair dengan cara menambahkan oksigen ke dalam limbah cair tersebut. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur lainnya. Usaha penambahan oksigen ke dalam air limbah dapat melalui 2 cara, yaitu memasukkan udara ke dalam air limbah dan memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen (Sugiharto, 2005:114). Udara berfungsi untuk konsumsi bakteri agar dengan aktif dapat memakan kandungan organik dalam limbah. Bakteri pengurai mengkonsumsi bahan-bahan organik sehingga berurai

menjadi bahan-bahan sederhana seperti CO₂, CO dan H₂O. pada akhirnya CO₂ terbang ke udara dan H₂O menyatu dengan air (Perdana Ginting, 2007:128).

Unsur fenol dalam air buangan dijumpai pada limbah pabrik *plywood* dan limbah pabrik buangan lem. Oksidasi kimia dipergunakan untuk menghancurkan fenol dengan berbagai cara. Diantaranya adalah mengatur konsentrasi bahan buangan fenol dengan cara menambahkan air agar terdapat konsentrasi sebagaimana yang diinginkan. Setelah merata maka pengoksidasian dengan kimia lebih mudah. Oksidasi kimia dipergunakan apabila lumpur buangan fenol cukup tinggi. Setelah proses oksidasi dilanjutkan dengan aerasi dan penyaringan menggunakan karbon aktif (Perdana Ginting, 2007:110).

2.1.4.4. Adsorbsi

Penyerapan secara umum adalah proses mengumpulkan benda-benda terlarut yang terdapat dalam dalam larutan dua permukaan. Antar permukaan itu bisa antara cairan dan gas, zat padat atau cairan, bahkan penyerapan dipergunakan pada permukaan zat padat dan zat yang kental (Sugiharto, 2005:123).

Soedarsono dan Benny Syahputra (2007: 4), mengatakan adsorbsi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Adsorbsi fisik, yaitu berhubungan dengan gaya *van der Waals* dan merupakan suatu proses bolak-balik apabila daya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat yang terlarut akan diadsorbsi pada permukaan adsorben.
2. Adsorbsi kimia yaitu : reaksi yang terjadi antara zat padat dan zat terlarut yang teradsorbsi.

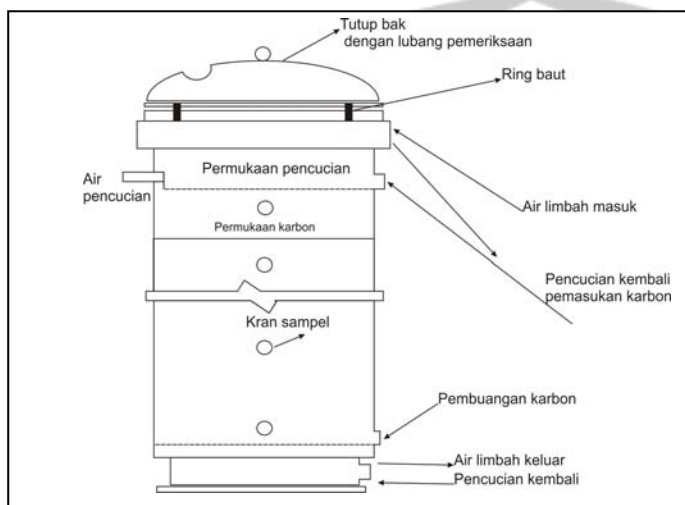
Adsorpsi menggunakan istilah adsorbant dan adsorbent, dimana adsorbent adalah merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbant adalah merupakan suatu media yang diserap. Pada air buangan proses adsorpsi adalah merupakan gabungan antara adsorpsi secara fisika dan kimia yang sulit dibedakan, namun tidak akan mempengaruhi analisa pada proses adsorpsi.

Pengelolaan limbah cair untuk menurunkan kadar COD antara lain dengan penyaringan dan osmosis, penyerapan karbon (adsorpsi), pertukaran ion, saringan pasir serta penggumpalan dan pengendapan (Sugiharto, 2005:97). Pada pengelolaan limbah cair ini dipergunakan cara adsorpsi karena dapat mengurangi pengotoran bahan organik, partikel termasuk benda yang tidak dapat diuraikan (*nonbiodegradable*) ataupun gabungan antara bau, warna dan rasa (Sugiharto, 2005:124).

2.1.4.4.1. Jenis adsorben

Proses adsorpsi dapat terjadi pada seluruh permukaan benda, maka yang sering adalah bahan padat yang menyerap partikel yang berada dalam air limbah. Bahan yang akan diserap disebut sebagai *adsorbate* atau *solute*, sedangkan bahan penyerapnya dikenal sebagai *adsorbent*. Penjernihan air limbah dengan teknik adsorpsi ini dipergunakan untuk mengurangi pengotoran bahan organik, partikel termasuk benda yang tidak dapat diuraikan (*nonbiodegradable*) ataupun gabungan antara bau, warna, dan rasa. Bahan yang dapat digunakan adalah karbon aktif, *molekuler sieves*, aluminium aktif

Ada empat adsorben penting yang digunakan secara luas oleh industri diantaranya yaitu karbon aktif, aluminum aktif, silika gel, dan *molekuler sieves* (Joseph P.R dkk, 2007:414). Bahan yang paling banyak digunakan sebagai *adsorbent* adalah *activated* karbon atau yang lebih dikenal sebagai arang batok kelapa.



Gambar 2.4 : Jenis Bak Penyerapan dengan Karbon Aktif
(Sumber: Sugiharto, 2005: 25)

1. Arang Aktif Tempurung Kelapa

Arang aktif adalah bentuk arang yang telah diaktifkan dengan menggunakan gas CO₂, uap air, atau bahan-bahan kimia. Arang aktif dari tempurung kelapa memiliki keunggulan dibanding dari bahan lain (kayu, sekam padi, tongkol jagung) yaitu kemampuannya dalam menyerap warna maupun aroma. Arang aktif digunakan sebagai bahan pembantu pada industri pangan maupun non pangan (pengolahan minyak goreng, gula pasir dan menurunkan bahan-bahan kimia) (Departemen Pertanian, 2002:1).

Arang aktif ialah karbon yang berbentuk amorf, berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, serta mempunyai daya adsorpsi yang jauh lebih besar dibandingkan dengan arang yang belum mengalami aktivasi (Departemen Perindustrian dalam Ratna, 2005:17). Secara garis besar proses pembuatan arang aktif pada dasarnya adalah proses pembentukan luas permukaan internal yang berukuran mikro atau meso sebanyak mungkin, yang disebut proses aktivasi karbon. Proses pembentukan ada 2, yaitu:

1). Cara fisika

Adalah pemakaian panas pada hampir semua reaksi yang ada tanpa pemberian zat aditif. Proses karbonisasi pada prinsipnya adalah mengeliminir unsur-unsur hidrogen serta oksigen yang terikat dalam bahan baku sehingga tinggal karbonnya saja yang merupakan unsur dominasi dalam arang. Karbonisasi dilakukan dengan jalan memanaskan bahan baku dalam bejana tertutup yang berarti jumlah udaranya sangat terbatas pada suhu 400-600°C.

2). Cara kimia

Cara pembuatan hampir sama dengan proses fisika, yang membedakan hanya pada cara kimiawi yaitu melibatkan suatu reagen sebagai contoh H_3PO_4 , H_2SO_4 , ZnH_2 , HCl , dan $Ca(OCl)_2$. Caranya yaitu dengan mencampurkan bahan dengan reagen yaitu H_3PO_4 kemudian dipanaskan pada suhu di atas 100°C sekitar 15 menit, setelah itu dipanaskan pada bejana hingga suhu 200°C selama 1 jam. Selanjutnya suhu dinaikkan sampai 400-500°C selama kurang lebih 20 menit. Setelah itu arang dicuci dengan air (Sigit P dan Edy C dalam Maman, 2003:16-19). Selain itu juga dapat menggunakan $NaOH$ dengan perendaman selama 12 jam

kemudian dilakukan penyaringan, ditiriskan dan dikeringkan kemudian di panaskan dalam *muffle furnice* pada temperatur 900°C (Akrom Hasani dkk, 1996:10).

Pengujian mutu arang aktif dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan arang aktif agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian mutu arang aktif meliputi

1. Penentuan bagian yang hilang pada pemanasan 950°C.
2. Penentuan kadar air.
3. Penentuan kadar abu.
4. Daya serap terhadap larutan I2.

(Meilita Tryana Sembiring dan Tuti Sarma Sinaga, 2003:7)

Menurut standar industri Indonesia (SII), arang aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti yang tercantum pada tabel berikut ini:

Tabel 2.2. Persyaratan Arang Aktif Menurut SII No.0258 -79

Jenis	Persyaratan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 oC	Maksimum 15%
Air	Maksimum 10%
Abu	Maksimum 2,5%
Bagian yang tidak diperarang	Tidak nyata
Daya Serap terhadap larutan I	Minimum 20%

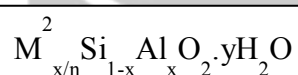
2. Zeolit

Kata “zeolit” berasal dari kata yunani “zein” yang berarti membuih dan “lithos” yang berarti batu. Zeolit merupakan mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan mudah kering. Warna zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atauputih kekuning-kuningan (Mursi Sutarti, 1994:12).

Zeolit adalah kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi (Aslina Br.Ginting dkk, 2007:38).

Zeolit merupakan suatu mineral silikat hidrat dari Al dan Ca atau Al dan Na yang terdapat di alam. Atau merupakan resin tukar ion buatan. Prinsip aktif proses zeolit adalah natrium aluminosilikat (pemutih/zeolit buatan). Dibuat dalam bentuk pelintiran-pelintiran atau granula kasar untuk menyaring air. Adanya kalsium akan menggusur natrium, tapi sama sekali tidak akan merusak bentuk ion-ionnya (M.Natsir Aryad, 2000:380)

Mineral zeolit bukan merupakan mineral tunggal, melainkan sekelompok mineral yang terdiri dari beberapa jenis unsur. Secara umum mineral zeolit adalah senyawa alumino silikat hidrat dengan logam alkali tanah serta mempunyai rumus kimia sebagai berikut :



Dalam keadaan normal maka ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang membentuk bulatan di sekitar kation. Bila kristal tersebut dipanaskan selama beberapa jam, biasanya pada temperatur 250-900°C, maka kristal zeolit yang bersangkutan berfungsi menyerap gas atau cairan. Daya serap (absorbansi) zeolit tergantung dari jumlah ruang hampa dan luas permukaan. Biasanya mineral zeolit mempunyai luas permukaan beberapa ratus meter persegi untuk setiap gram berat. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30% dari beratnya dalam keadaan kering. Pengeringan zeolit biasanya dilakukan dalam ruang hampa dengan menggunakan gas atau udara kering

nitrogen atau metana dengan maksud mengurangi tekanan uap air terhadap zeolit itu sendiri (Dwi Karsa A.R dkk, 2007:19).

Keuntungan lain dari penggunaan mineral zeolit sebagai bahan penyaring adalah pemilahan molekul zat yang terserap, disamping penyerapan berdasarkan ukuran garis tengah molekul ruang hampa. Apabila ada dua molekul atau lebih yang dapat melintas, tetapi karena adanya pengaruh kutub atau hubungan antara molekul zeolit itu sendiri dengan molekul zat yang diserap, maka hanya sebuah saja yang diloloskan, sedang yang lain ditahan atau ditolak. Molekul yang berkutub lebih atau tidak jenuh akan lebih diterima daripada yang tidak berkutub atau yang jenuh.

Adsorpsi terjadi pada permukaan pori membran. Partikel zeolit memiliki tiga tipe pori, yaitu *macropore* dan *micropore* (masing-masing dengan ukuran $>50\text{nm}$ dan $<2\text{nm}$). Di antara keduanya terdapat *mesopore*. *Macropore* merupakan jalan masuk ke dalam partikel menuju *micropore*. *Macropore* tidak berkontribusi terhadap besarnya luas permukaan membran zeolit. Sebaliknya, *micropore* adalah penyebab besarnya luas permukaan membran zeolit. *Micropore* tersebut sebagian besar terbentuk selama proses aktivasi. Pada *micropore* inilah sebagian besar peristiwa adsorpsi terjadi (Dwi Karsa A.R dkk, 2007:20).

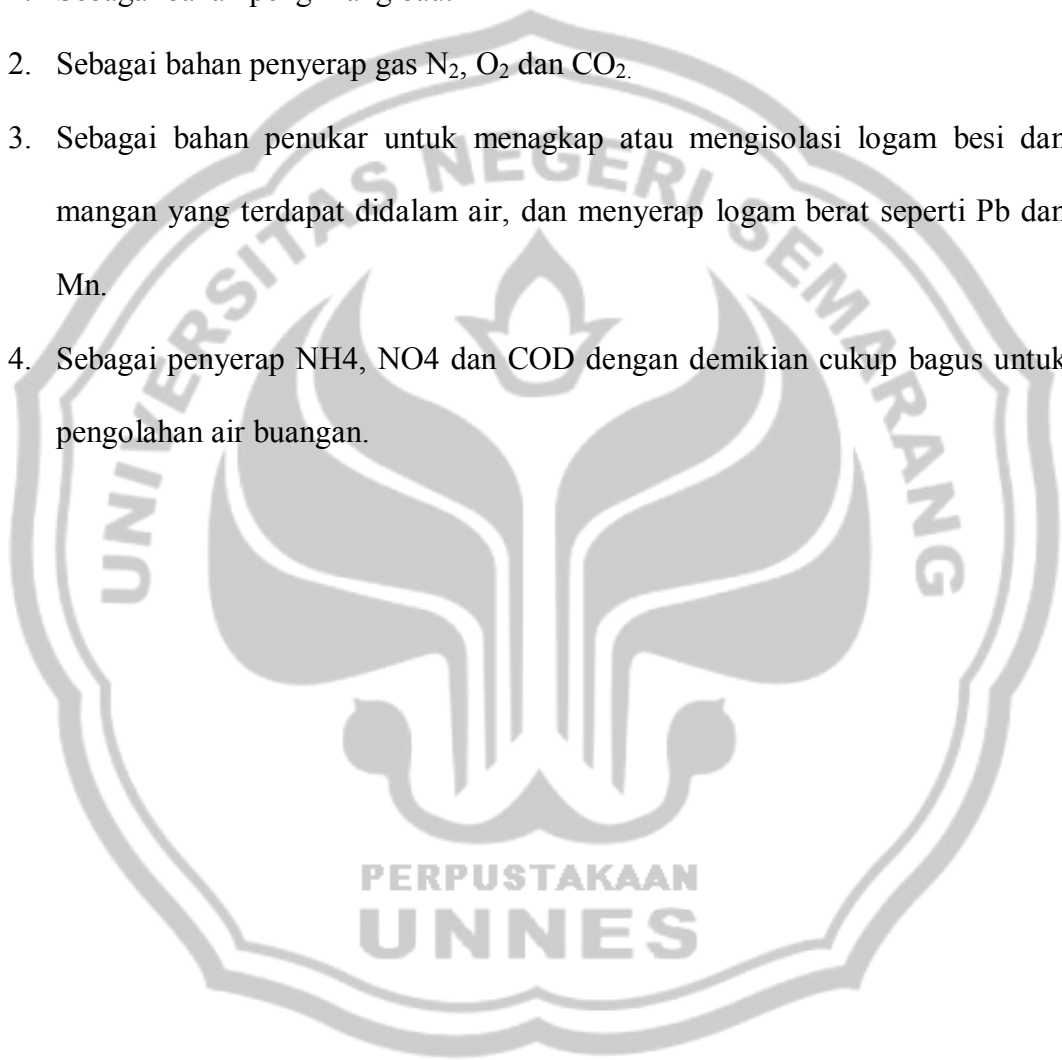
Proses adsorpsi terjadi melalui tiga tahap, yaitu:

1. *Macro transport*: pergerakan material organik melalui sistem *macropore* membran zeolit.
2. *Micro transport*: pergerakan material organik melalui sistem *mesopore* dan *micropore* dari membran zeolit.

3. *Sorption*: melekatnya material organik pada permukaan membran zeolit, yaitu di permukaan *macropore*, *mesopore* dan *micropore*.

Menurut Sukarrumidi (2009:89) dalam bidang lingkungan zeolit dapat dimanfaatkan untuk:

1. Sebagai bahan penghilang bau.
2. Sebagai bahan penyerap gas N_2 , O_2 dan CO_2 .
3. Sebagai bahan penukar untuk menangkap atau mengisolasi logam besi dan mangan yang terdapat didalam air, dan menyerap logam berat seperti Pb dan Mn.
4. Sebagai penyerap NH_4 , NO_4 dan COD dengan demikian cukup bagus untuk pengolahan air buangan.



2.1.5. Persyaratan Pembuangan Air Limbah

Baku mutu air limbah industri tekstil diatur dalam keputusan menteri negara lingkungan hidup nomor KEP-51/MENLH/10/1995 dan Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor 10 tahun 2004.

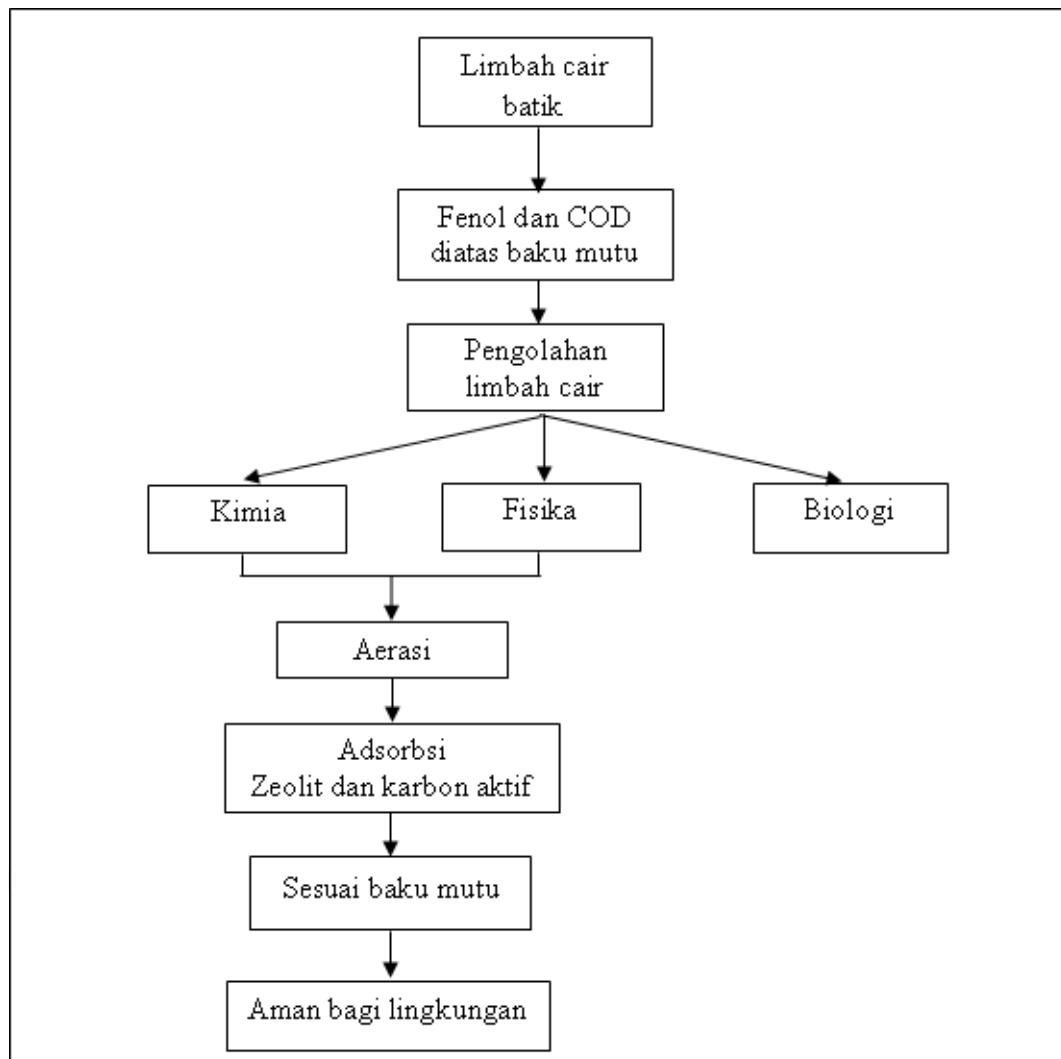
No	Parameter	Kadar Maksimal (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton)							
			Tekstil terpadu	Pencucian kapas, pem- intalan	Perekatan	Pengikisan, penasakan	Penucatan	Menserasi	Pen- Celup- an	Pencetak- an
1	Temperatur	38°	-	-	-	-	-	-	-	-
2	BOD ₅	60	6.00	0.42	0.6	1.44	1.08	0.9	1.2	0.36
3	COD	150	15.0	1.05	1.5	3.6	2.7	2.25	3.0	0.9
4	TSS	50	5.00	0.35	0.5	1.2	0.9	0.75	1.0	0.3
5	Fenol total	0.5	0.05	0.004	0.005	0.012	0.009	0.008	0.01	0.003
6	Khrom total	1.0	0.01	-	-	-	-	-	-	-
7	Amoniak total	8.0	0.80	0.056	0.08	0.192	0.144	0.12	0.16	0.048
8	Sulfida (sbg S)	0.3	0.03	0.002	0.003	0.007	0.005	0.005	0.006	0.002
9	Minyak dan lemak	3.0	0.30	0.021	0.03	0.07	0.054	0.045	0.06	0.018
10	pH					6.0-9.0				
11	Debit Maksimum		100	7	10	24	18	15	20	5

Tabe

12.4 Baku Mutu Air Limbah Industri tekstil dan batik

2.2. Kerangka Teori

Berdasarkan uraian dalam landasan teori, maka disusun kerangka teori mengenai pemanfaatan karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit alam sebagai media adsorpsi dalam menurunkan fenol dan COD pada limbah UKM batik sebagai berikut:



Gambar 2.5 Kerangka Teori

Sumber: Philip Kristanto (2002), Heryando Polar (1994), Daryanto (1995), Ricki M. Mulia (2005), Perdana Ginting (2007), H.M. Soeparman dan Suparmin (2001), Sugiharto (2005), Sakti Siregar (2005), Srinings Peni (2002), I Nyoman Sujana (2008)

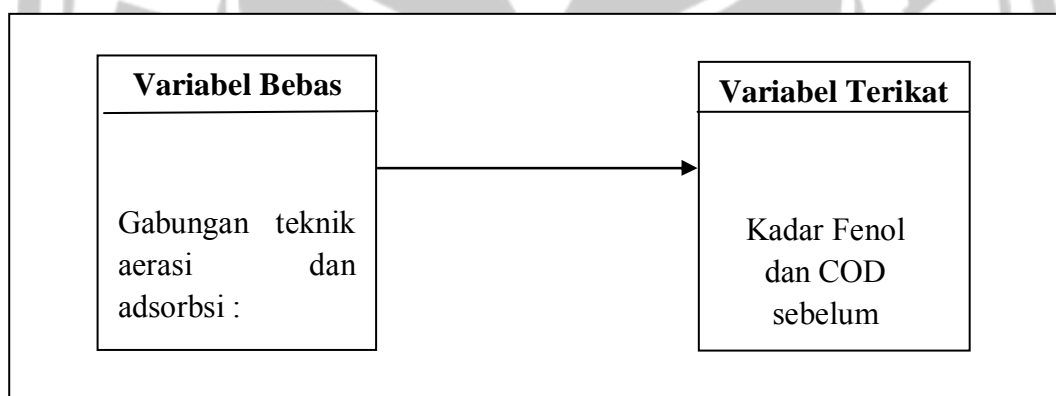


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep

Kerangka konsep penelitian adalah suatu hubungan atau kaitan antara konsep satu terhadap konsep yang lain dari masalah yang ingin diteliti, atau dapat diartikan sebagai suatu hubungan atau kaitan antara konsep – konsep atau variabel – variabel yang akan diamati atau diukur melalui penelitian yang dimaksud (Soekidjo Notoatmojo, 2002:33). Kerangka konsep penelitian dari penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 3.1 : Kerangka Konsep

3.2 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka teori di atas dapat diketahui hipotesisnya sebagai berikut :

Ha: Gabungan metode aerasi dan adsorpsi (zeolit dan karbon aktif tempurung kelapa) dapat menurunkan kadar fenol dan COD pada limbah cair industri batik.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel adalah ukuran atau ciri atau sifat dari suatu benda, baik benda hidup atau mati yang diselidiki (Ircham Macfoedz, 2005: 26). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

3.3.1 Variabel bebas : gabungan antara metode aerasi dan adsorpsi.

3.3.2 Variabel terikat : kadar fenol dan COD setelah perlakuan.

3.4 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel

Definisi operasional dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel

No.	Variabel	Definisi Operasional	Skala
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	Variabel Proses:		
	Gabungan antara teknik aerasi dan adsorpsi	Alat untuk menurunkan kadar fenol dan COD pada limbah cair industri batik. Teknik aerasi berupa bak	Nominal

penampungan yang dipasang kipas sebagai aerator (sebagai penyuplai oksigen) yang dilakukan selama 15 jam, sedangkan teknik adsorpsi berupa pipa PVC yang di dalamnya diisi dengan zeolit, karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit dengan variasi ketebalan zeolit dan karbon aktif 20 cm, 30 cm dan 40 cm.

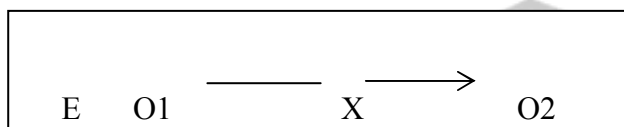
2. Variabel terikat: Kadar fenol dan COD	Kadar Fenol dan COD limbah cair industri batik	Rasio
sebelum perlakuan	yang diturunkan menggunakan aerasi dan adsorpsi	

3.5 Jenis dan Rancangan Penelitian

Jenis dan rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen semu karena syarat – syarat sebagai penelitian eksperimen murni tidak cukup memadai, yaitu tidak ada randomisasi pengelompokan anggota sampel pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (Soekidjo Notoatmojo, 2002:162). Pada penelitian ini dilakukan pengukuran awal (*pre-test*) terhadap kadar fenol dan COD limbah cair UKM batik sebelum diberlakukan gabungan antara teknik aerasi dan adsorpsi. Setelah adanya pelakuan terhadap

limbah cair industri batik tersebut, dilakukan pengukuran kadar fenol dan COD (*posttest*).

Dalam penelitian ini digunakan pendekatan *One Group Pre-test dan Post-test Design*. Rancangan penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Sumber: Bisma Murti (1997: 139)

Keterangan :

E : Kelompok yang mendapat intervensi (eksperimen)

O1 : Pengamatan pertama

O2 : Pengamatan kedua

X : Intervensi

3.6 Obyek Penelitian dan Replikasi

3.6.1. Obyek Penelitian

Obyek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair UKM batik yang diambil di dukuh Dalangan, desa Kliwonan, kecamatan Masaran, kabupaten Sragen yaitu di tempat produksi milik bapak Ramno dengan

alamat dukuh Dalangan Rt 23, desa Kliwonan, kecamatan Masaran, kabupaten Sragen. Sifat obyek penelitian ini adalah berpasangan (*pretest-posttest*).

3.6.2. Replikasi

Replikasi adalah frekuensi (banyaknya) suatu perlakuan yang diselidiki dalam suatu percobaan (Hanifah Ali Kemas, 2004:9). Semakin banyak ulangan yang dipergunakan, hasil percobaan makin dapat dipercaya. Jumlah ulangan dianggap telah cukup baik bila memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$(t - 1)(r - 1) \geq 15$$

Keterangan :

t = treatment

r = replikasi

Jika t = 3 maka :

$$r = (3 - 1)(r - 1) \geq 15$$

$$2r - 2 \geq 15$$

$$2r \geq 15$$

$$r = 8,5$$

r = 9 (dibulatkan)

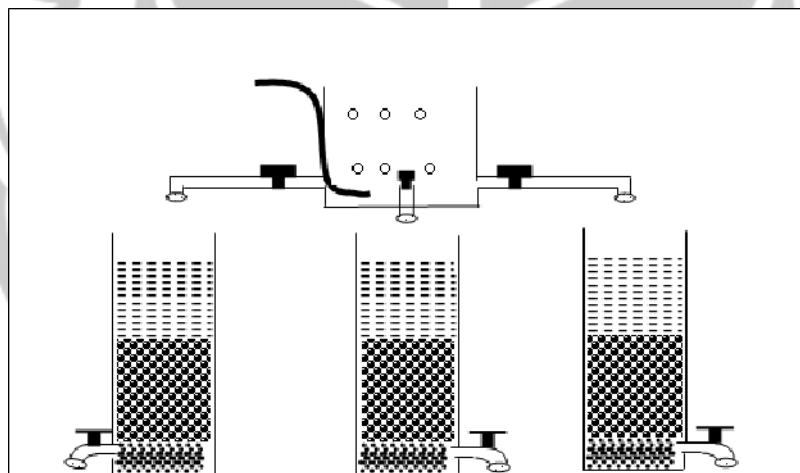
Jadi total jumlah sampel adalah 27 untuk pemeriksaan sampel fenol dan 27 untuk pemeriksaan sampel COD.

3.7 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat-alat yang digunakan untuk pengumpulan data (Soekidjo Notoatmojdo, 2002:48). Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

3.7.1 Bak Aerasi dan Bak adsorbsi

Aerasi dan adsorbsi adalah alat yang digunakan untuk menurunkan kadar fenol dan COD yang berupa bak aerasi dan bak adsorbsi. Bak aerasi diaplikasikan berupa bak berisi limbah cair industri batik yang diberi suplai oksigen dengan kipas (sebagai aerator), kemudian dialirkan ke bak adsorbsi. Bak adsorbsi diaplikasikan sebagai bak yang di dalamnya diisi dengan zeolit dan karbon aktif.



Gambar 3.2 Rancangan Alat Penelitian

3.7.1.1 Alat dan bahan penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian untuk pembuatan bak aerasi dan bak adsorbsi adalah sebagai berikut:

- 1) Arang batok kelapa (diameter 8 – 32 mesh) sebanyak 6 kg.
- 2) Zeolit sebanyak 6 kg.
- 3) Kerikil (5 – 10 mm) sebanyak 4 kg.
- 4) Limbah cair industri batik sebanyak 30 L.
- 5) Ember plastik ukuran 10 L sebanyak 3 buah.
- 6) Pipa PVC 1,5 loss.
- 7) Pipa ukuran kecil.
- 8) Kran sebanyak 6 buah.
- 9) Kipas ukuran sedang sebanyak 1 buah.
- 10) Lem pipa.
- 11) Mistar.
- 12) Jerigen ukuran 10 Liter sebanyak 3 buah.
- 13) Pisau/ Kater.
- 14) Jarum.
- 15) Lilin 1 buah.
- 16) Botol botol aqua 600 ml ukuran sebanyak 27 buah.

3.7.1.2 Cara pembuatan

1. Cara pembuatan bak aerasi
 - 1) Melubangi bagian bawah ember plastik dengan menggunakan pisau sebesar ukuran kran yang telah tersedia.
 - 2) Memasang kran pada bagian bawah pipa.
 - 3) Memasang pipa yang sudah ada kran ke ember plastik yang telah dipasang.
 - 4) Memasang aerator yang telah dihubungkan dengan listrik.

2. Cara pembuatan bak adsorpsi

- 1) Melubangi pipa PVC pada bagian bawah menggunakan pisau/ karter, setinggi 5 cm dari dasar pipa.
- 2) Memasang pipa yang telah berkan ke lubang bagian bawah pipa.
- 3) Membuat sprayer dari pipa yang telah disesuaikan panjangnya dengan diameter bak adsorpsi, dengan cara melubangi dengan jarum yang dipanasi dengan lilin, melubanginya secara menyebar dan tidak terlalu besar agar air dapat menyebar ke seluruh permukaan karbon aktif dan alirannya tidak terlalu deras.
- 4) Menyambungkan bak aerasi ke bak adsorpsi dengan memasang pipa pada bak aerasi ke lubang bagian atas pada bak adsorpsi dan memasang sprayer pada ujung pipa yang telah masuk di bak adsorpsi.
- 5) Memasukkan pasir halus, kerikil kemudian zeolit dan karbon aktif ke dalam bak adsorpsi dengan ketebalan sesuai yang telah ditentukan.

3.7.1.3 Cara Kerja Alat

1. Menyiapkan bak aerasi dan memasang adaptor sebagai penyuplai oksigen.
2. Memasukkan zeolit dan karbon aktif ke dalam bak adsorpsi, dengan ketebalan 40 cm pada bak I.
3. Memasukkan zeolit dan karbon aktif ke dalam bak adsorpsi, dengan ketebalan 60 cm pada bak II.
4. Memasukkan zeolit dan karbon aktif ke dalam bak adsorpsi, dengan ketebalan 80 cm pada bak III.

5. Memasukkan limbah cair industri batik ke dalam bak aerasi sebanyak 30 Liter.
6. Menghidupkan aerator dengan menghubungkannya dengan listrik dan melakukan aerasi tersebut selama 15 jam.
7. Setelah 15 jam, membuka kran penghubung bak aerasi dengan bak adsorpsi dan mengukur kecepatan aliran.
8. Membuka kran pada pipa *effluent* dan menampung limbah cair industri batik yang telah melewati bak adsorpsi ke dalam jerigen.
9. Menampung *effluent* pada jerigen setiap variasi ketebalan zeolit dan karbon aktif.

3.7.2 Tes laboratorium

Tes laboratorium yang dilakukan adalah untuk mengetahui kadar Fenol dan COD. Tes laboratorium dilaksanakan sebagai tahap pelaksanaan yang bertujuan untuk mengetahui kadar fenol dan COD sebelum adanya perlakuan, serta dilaksanakan sebagai tahap evaluasi yang bertujuan untuk mengetahui kadar fenol dan COD setelah adanya perlakuan.

3.7.2.1 Pengukuran Fenol

1. Alat dan bahan pengukuran fenol

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengukuran fenol adalah :

- 1) Alat : spektrofometri sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang antara 190 – 900 nm dan lebar celah antara 0,2 – 2 nm, dan telah dikalibrasi, pipet seukuran 5 dan 10 ml, labu ukur 100 dan 1000 ml, gelas ukur 100 ml, gelas piala 500 dan 1000 ml, labu erlenmeyer, corong pemisah 500 ml.

2) Bahan : larutan indikator metil, larutan asam fosfat, larutan NH_4OH .

2. Metode pengukuran Fenol

Metode pengukuran fenol yaitu dengan metode aminoantiprin, yaitu :

1) Persiapan benda uji, antara lain:

- a. Sediakan uji yang telah diambil sesuai dengan metode pengambilan contoh uji kualitas air.
- b. Ukur 500 ml contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam labu didih, tambahkan beberapa batu didih dan beberapa tetes larutan indikator metal jingga sampai terjadi warna kuning.
- c. Tambahkan 2 – 3 tetes larutan asam fosfat 1 : 9 sampai warna larutan menjadi merah jingga dan bila timbul gas H_2S atau SO_4 , goyang-goyang labu didih sampai bau gas hilang.

3. Metode uji kadar Fenol

- 1) Ukur 500 ml benda uji dan masukkan ke dalam gelas piala 1000 ml.
- 2) Tambahkan 12 ml larutan NH_4OH 0,5 N dan atur pH menjadi $7,9 \pm 0,1$ dengan penambahan larutan penyangga fosfat.

3.7.2.2 Pengukuran COD

1. Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengukuran COD adalah :

- 1) Alat : COD reaktor, spektrofotometer, COD tube, magnetic stirrer, peralatan kaca.
- 2) Bahan : H_2PO_4 Pa, H_2SO_4 Pa, Ag_2SO_4 Pa, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ Pa, Kalium hidrogen ptalat (KHP).

2. Metode pengukuran COD

Metode pengukuran COD dilakukan dengan menggunakan metode refluks tertutup, yaitu :

- 1) Mengisi tabung reaksi dengan larutan pereaksi ($K_2Cr_2O_7 + HgSO_4$), H_2SO_4 , dan sampel.
- 2) Memanaskan tabung reaksi tersebut di COD reactor pada suhu $150\text{ }^{\circ}C$ selama 2 jam, kemudian mendinginkannya sampai suhu ruang.
- 3) Memasukkan tabung reaksi tersebut pada spektrofotometer dan membaca hasilnya.

3.8 Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data disini adalah cara-cara yang ditempuh dan alat yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan datanya. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan secara langsung oleh peneliti terhadap sasaran atau disebut juga data primer (Eko Budiarto, 2001:5). Data primer diperoleh dengan cara pengambilan sampel dilapangan, kemudian hasil pengukuran kadar fenol dan COD dari Balai Laboratorium Kesehatan Semarang.

3.9 Teknik Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

3.9.1 Analisis univariat

Analisis ini dilakukan terhadap tiap variabel untuk mengetahui rata-rata (*mean*) hasil penelitian pada masing-masing perlakuan dan prosentase perbedaan kadar fenol dan COD sebelum dan sesudah perlakuan.

3.9.2 Analisis bivariat

Analisis data yang digunakan untuk mengetahui perbedaan penurunan kadar fenol dan COD pada limbah cair industri batik di dukuh Dalangan, desa Kliwonan, kecamatan Masaran, kabupaten Sragen sebelum dan sesudah diberlakukan perlakuan penerapan gabungan teknik aerasi dan adsorpsi dilakukan dengan beberapa syarat. Skala pengukuran pada penelitian ini adalah numerik dengan hipotesis komparatif pada obyek penelitian yang berpasangan. Jika syarat uji parametrik terpenuhi, maka teknik analisis data yang digunakan adalah uji *t-test* berpasangan. Syarat uji *t-test* berpasangan adalah data terdistribusi normal. Data yang tidak terdistribusi normal diuji dengan analisis non-parametrik yaitu menggunakan uji *Wilcoxon*.

Uji normalitas data dilakukan dengan uji *Saphiro-wilk* karena jumlah obyek penelitian kurang dari 50. untuk mengetahui perbedaan penurunan kadar fenol dan COD pada 2 kelompok sebelum dan sesudah perlakuan, dilakukan uji *paired t-test* jika karena data terdistribusi tidak normal maka dilakukan uji alternatif uji *Wilcoxon*.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Pengujian Air Limbah UKM Batik Purnama pada Survei Awal

Survei awal pada air limbah UKM batik Purnama dilaksanakan pada tanggal 12 April 2010 di laboratorium Pusat MIPA UNS adalah tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Kadar Fenol dan COD pada Survei Awal

No	Parameter	Kadar Limbah	Baku Mutu
1)	(2)	(3)	(4)
	Fenol	0,846	0,5 mg/l
	COD	2.460	100 mg/l

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kadar fenol pada pengukuran kadar COD pada kedua pengukuran melebihi baku mutu mengenai limbah tekstil dan batik yang ditetapkan oleh Perda Provinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004.

4.2. Hasil Penelitian Air Limbah UKM Batik Purnama

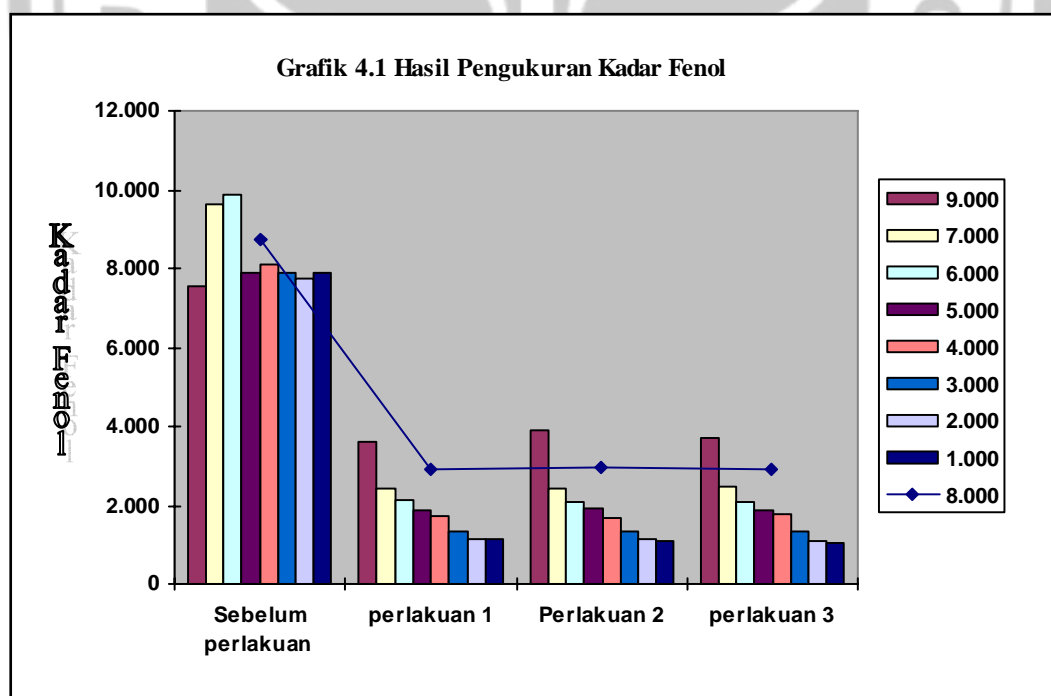
4.2.1. Hasil Pengukuran Kadar Fenol

Hasil pengukuran kadar fenol pada air limbah UKM Batik Purnama sebelum dan setelah melewati perlakuan aerasi dan adsorpsi dengan media ketinggian 40 cm, 60 cm, 80 cm rata-rata hasil pengukuran yaitu terendah 2,0304 pada ketinggian 80 dan tertinggi 2,0476 pada ketinggian media 60 cm. (Tabel 4.2)

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran kadar fenol *pre-treatment* dan *post-treatment*

No	Replikasi	<i>Pre-treatment</i>	<i>Post-treatment</i>		
			Ketinggian 40 cm	Ketinggian 60 cm	Ketinggian 80 cm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)
1.	Sampel 1	7,5500	3,6240	3,8900	3,7080
2.	Sampel 2	8,7500	2,9050	2,9500	2,9180
3.	Sampel 3	9,6240	2,4150	2,4150	2,4550
4.	Sampel 4	9,8900	2,1160	2,0750	2,0600
5.	Sampel 5	7,9030	1,8900	1,9030	1,8880
6.	Sampel 6	8,0850	1,7500	1,6600	1,7690
7.	Sampel 7	7,9030	1,3440	1,3350	1,3270
8.	Sampel 8	7,7690	1,1330	1,1150	1,0880
9.	Sampel 9	7,8880	1,1240	1,0850	1,0610
Jumlah		75,362	18,3006	18,4284	18,2736
Rata – rata		8,3735	2,0334	2,0476	2,0304

Data penurunan kadar fenol selengkapnya dapat dilihat pada grafik 4.1 sebagai berikut:



Presentase perbedaan kadar fenol sebelum dan sesudah perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Prosentase penurunan kadar fenol pada perlakuan 1

Replikasi	Pre-treatment	Post-test	Selisih	Persentase penurunan
		Perlakuan 1		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sampel 1	7,5500	3,6240	3,9260	52,00 %
Sampel 2	8,7500	2,9050	5,8450	66,80 %
Sampel 3	9,6240	2,4150	7,2090	74,91 %
Sampel 4	9,8900	2,1160	7,7740	78,60 %
Sampel 5	7,9030	1,8900	6,0130	76,09 %
Sampel 6	8,0850	1,7500	6,3350	78,35 %
Sampel 7	7,9030	1,3440	6,5590	82,99 %
Sampel 8	7,7690	1,1330	6,6360	85,42 %
Sampel 9	7,8880	1,1240	6,7640	85,75 %
Jumlah	75,362	18,3006	57,0610	680,91 %
Rata-rata	8,3735	2,0334	6,3400	75,66 %

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa dari 9 replikasi rata-rata kadar fenol sebelum perlakuan 8,3735 mg/l setelah perlakuan 2,0334 mg/l selisih dengan sebelum perlakuan yaitu 6,3400 mg/l. Sehingga didapatkan rata-rata penurunan fenol sebesar 75,66 %.

Tabel 4.4 Data Prosentase penurunan kadar fenol pada perlakuan 2

Replikasi	Pre-treatment	Post-test	Selisih	Persentase penurunan
		Perlakuan 2		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sampel 1	7,5500	3,8900	3,6600	48,48 %
Sampel 2	8,7500	2,9500	5,8000	66,29 %
Sampel 3	9,6240	2,4150	7,2090	74,91 %
Sampel 4	9,8900	2,0750	7,8150	79,19 %
Sampel 5	7,9030	1,9030	6,0000	75,92 %
Sampel 6	8,0850	1,6600	6,4250	79,49 %
Sampel 7	7,9030	1,3350	6,5580	82,98 %
Sampel 8	7,7690	1,1150	6,6540	85,65 %
Sampel 9	7,8880	1,0850	6,8030	86,24 %
Jumlah	75,362	18,4284	56,9240	679,15 %
Rata-rata	8,3735	2,0476	6,3248	75,46 %

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa dari 9 replikasi rata-rata kadar fenol sebelum perlakuan 8,3735 mg/l setelah perlakuan 2,0476 mg/l selisih dengan sebelum perlakuan yaitu 6,3248 mg/l. Sehingga didapatkan rata-rata penurunan fenol sebesar 75,46 %.

Tabel 4.5 Data Prosentase penurunan kadar fenol pada perlakuan 3

Replikasi	Pre-treatment	Post-test	Selisih	Persentase penurunan
		Perlakuan 3		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sampel 1	7,5500	3,7080	3,8420	50,89 %
Sampel 2	8,7500	2,9180	5,8320	66,65 %
Sampel 3	9,6240	2,4550	7,1690	74,49 %
Sampel 4	9,8900	2,0600	7,8300	79,17 %
Sampel 5	7,9030	1,8880	6,0150	76,11 %
Sampel 6	8,0850	1,7690	6,3160	78,12 %
Sampel 7	7,9030	1,3270	6,5760	83,21 %
Sampel 8	7,7690	1,0880	6,6810	86,00 %
Sampel 9	7,8880	1,0610	6,8270	86,55 %
Jumlah	75,362	18,2736	57,0880	681,19 %
Rata-rata	8,3735	2,0304	6,3431	75,69 %

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa dari 9 replikasi rata-rata kadar fenol sebelum perlakuan 8,3735 mg/l setelah perlakuan 8,3735 mg/l selisih dengan sebelum perlakuan yaitu 6,3431 mg/l. Sehingga didapatkan rata-rata penurunan fenol sebesar 75,69 %.

Dari data diatas maka dapat diketahui rata-rata penurunan kadar fenol terbesar *pre-treatment* yaitu pada ketinggian media adsorpsi 80 cm sebesar 75,69% selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rata-rata Persentase Penurunan Kadar Fenol

No	Kelompok Data	Presentase Penurunan
1	Setelah perlakuan 1	75,66 %
2	Setelah perlakuan 2	75,46 %
3	Setelah perlakuan 3	75,69 %

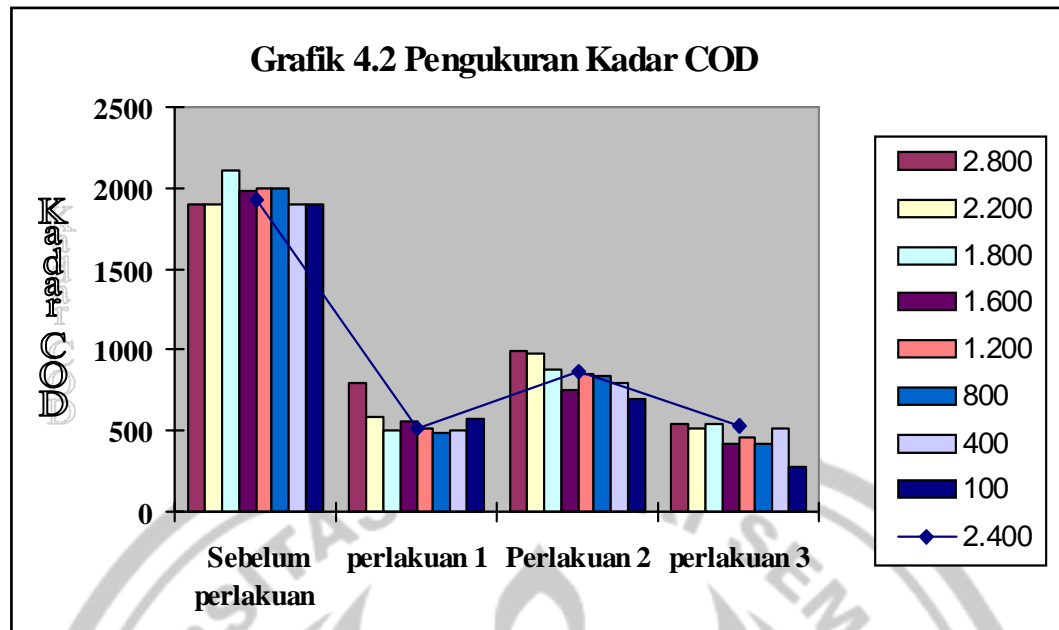
4.2.2. Hasil Pengukuran Kadar COD

Hasil pengukuran kadar COD pada air limbah UKM Batik Purnama setelah melewati perlakuan aerasi dan adsorpsi dengan media ketinggian 40 cm, 60 cm, 80 cm. Rata-rata hasil pengukuran yaitu terendah 470,3037 mg/l pada ketinggian 80 dan tertinggi 851,4652 mg/l, pada ketinggian media 60 cm dapat dilihat pada tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil pengukuran kadar COD *pre-treatment* dan *post-treatment*.

No	Replikasi	<i>Pre-treatment</i>	<i>Post-treatment</i>		
			Ketinggian 40 cm	Ketinggian 60 cm	Ketinggian 80 cm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)
1.	Sampel 1	1.902,1181	791,3386	998,0160	543,3071
2.	Sampel 2	1.932,5702	519,6850	867,6000	531,5520
3.	Sampel 3	1.895,5520	585,7920	971,7120	520,7040
4.	Sampel 4	2.102,0800	499,0080	879,1680	542,4000
5.	Sampel 5	1.987,6850	555,1181	759,3600	412,2240
6.	Sampel 6	2.001,0160	520,7040	856,9920	455,6160
7.	Sampel 7	1.998,0080	488,1600	835,2960	425,1969
8.	Sampel 8	1.898,4000	508,9920	798,1920	519,6850
9.	Sampel 9	1.902,1680	574,9440	696,8504	282,0480
Jumlah		17.619,5973	5.043,742	7.663,186	4.232,733
Rata – rata		1957.7330	560.4157	851.4652	470,3037

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa ada penurunan kadar rata-rata COD sebelum dan sesudah diberi perlakuan aerasi dan adsorpsi. Dimana pada perlakuan ke-2 penurunan lebih kecil dibandingkan pada perlakuan 1 dan perlakuan 3. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik 4.2 sebagai berikut:



Presentase perbedaan kadar COD sebelum dan sesudah perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.8 Data Penurunan kadar COD pada perlakuan 1

Replikasi	<i>Pre-treatment</i>	<i>Post-test</i> Perlakuan 1	Selisih	Persentase penurunan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sampel 1	1.902,1181	791,3386	1.110,7795	58,40 %
Sampel 2	1.932,5702	519,6850	1.412,8852	73,11 %
Sampel 3	1.895,5520	585,7920	1.309,7600	69,10 %
Sampel 4	2.102,0800	499,0080	1.603,0720	76,26 %
Sampel 5	1.987,6850	555,1181	1.432,5669	72,07 %
Sampel 6	2.001,0160	520,7040	1.480,3570	73,98 %
Sampel 7	1.998,0080	488,1600	1.509,8480	75,57 %
Sampel 8	1.898,4000	508,9920	1.389,4080	73,19 %
Sampel 9	1.902,1680	574,9440	1.327,2240	69,77 %
Jumlah	17.619,5973	5043,742	11.248,6800	571,68%
Rata-rata	1.957,7330	560,4157	1.249,85	63,52 %

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa dari 9 replikasi rata-rata kadar COD sebelum perlakuan 1.957,7330 mg/l setelah perlakuan 560,4157 mg/l selisih

dengan sebelum perlakuan yaitu 1.249,85 mg/l. Sehingga didapatkan rata-rata penurunan fenol sebesar 63,52 %.

Tabel 4.9 Data Penurunan kadar COD pada perlakuan 2

Replikasi	Pre-treatment	Post-test	Selisih	Persentase penurunan
		Perlakuan 2		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sampel 1	1.902,1181	998.0160	904,1021	47,53 %
Sampel 2	1.932,5702	867.6000	1.064,9702	55,11 %
Sampel 3	1.895,5520	971.7120	923,8400	48,74 %
Sampel 4	2.102,0800	879.1680	1.222,9120	58,18 %
Sampel 5	1.987,6850	759.3600	1.228,3250	61,80 %
Sampel 6	2.001,0160	856.9920	1.144,0240	57,17 %
Sampel 7	1.998,0080	835.2960	1.162,7120	58,19 %
Sampel 8	1.898,4000	798.1920	1.100,2080	57,95 %
Sampel 9	1.902,1680	696.8504	1.205,3176	63,36 %
Jumlah	17.619,5973	7.663.186	18.279,421	508,03 %
Rata-rata	1.957,7330	851,4651	2.031,0468	56,45 %

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa dari 9 replikasi rata-rata kadar COD sebelum perlakuan 1.957,7330 mg/l setelah perlakuan 851,4651 mg/l selisih dengan sebelum perlakuan yaitu 2.031,0468 mg/l. Sehingga didapatkan rata-rata penurunan fenol sebesar 56,45 %.

Tabel 4.10 Data Penurunan kadar COD pada perlakuan 3

Replikasi	Pre-treatment	Post-test	Selisih	Persentase penurunan
		Perlakuan 3		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sampel 1	1.902,1181	543,3071	1.358,8110	71,44 %
Sampel 2	1.932,5702	531,5520	1.401,0182	72,50 %
Sampel 3	1.895,5520	520,7040	1.374,8480	72,53 %
Sampel 4	2.102,0800	542,4000	1.559,6800	74,20 %
Sampel 5	1.987,6850	412,2240	1.575,4340	79,26 %
Sampel 6	2.001,0160	455,6160	1.545,4000	77,23 %
Sampel 7	1.998,0080	425,1969	1.572,8111	78,72 %
Sampel 8	1.898,4000	519,6850	1.378,7150	72,63 %
Sampel 9	1.902,1680	282,0480	1.620,1200	85,17 %
Jumlah	17.619,5973	4.232,7330	13.386,8373	762,40 %
Rata-rata	1.957,7330	470,3037	1.487,4264	84,71 %

Berdasarkan table di atas, diketahui bahwa dari 9 replikasi rata-rata kadar COD sebelum perlakuan 1.957,7330 mg/l setelah perlakuan 470,3037 mg/l selisih dengan sebelum perlakuan yaitu 1.487,4264 mg/l. Sehingga didapatkan rata-rata penurunan fenol sebesar 84,71 %.

Dari data diatas maka dapat diketahui rata-rata penurunan kadar COD terbesar *pre-treatment* yaitu pada ketinggian media adsorpsi 80 cm sebesar 84,71 % selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.11 sebagai berikut:

Tabel 4.11 Rata-rata Prosentase Penurunan Kadar COD

No	Kelompok Data	Presentase Penurunan
	Setelah perlakuan 1	63,23 %
	Setelah perlakuan 2	56,45 %
	Setelah perlakuan 3	84,71 %

4.3. Uji Normalitas Data

4.3.1. Kadar Fenol

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui sebaran data normal atau tidak. Setelah itu, kemudian dilanjutkan analisis uji hipotesis. Karena jumlah obyek penelitian kurang dari 50 maka uji normalitas menggunakan uji *Shapiro wilk*. Hasil uji normalitas data pada kelompok sebelum perlakuan dan setelah perlakuan dengan taraf kepercayaan 95% dan tingkat kesalahan (α) 0,05 dapat dilihat pada tabel 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4.12. Hasil uji normalitas data kadar fenol

No	Kelompok Data	N	Nilai <i>p</i>
1	Sebelum perlakuan	9	.025
2	Setelah perlakuan 1	9	.480
3	Setelah perlakuan 2	9	.362
4	Setelah perlakuan 3	9	.501

Hasil pengujian normalitas data adar fenol pada kelompok sebelum perlakuan diperoleh nilai signifikansi (p) = 0,025 ($p < 0,05$), nilai p setelah perlakuan 1 adalah 0,480 ($p > 0,05$), nilai p setelah perlakuan 2 adalah 0,362 ($p > 0,05$), nilai p setelah perlakuan 3 adalah 0,501 ($p > 0,05$), yang berarti bahwa terdapat data yang terdistribusi tidak normal yaitu pada kadar fenol sebelum perlakuan.

4.3.2. Kadar COD

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui sebaran data normal atau tidak. Setelah itu, kemudian dilanjutkan analisis uji hipotesis. Karena jumlah obyek penelitian kurang dari 50, maka uji normalitas menggunakan uji *Shapiro wilk*. Hasil uji normalitas data pada kelompok sebelum perlakuan dan setelah perlakuan dengan taraf kepercayaan 95% dan tingkat kesalahan (α) 0,05 dapat dilihat pada tabel 4.13 sebagai berikut :

Tabel 4.13. Uji normalitas data untuk kadar COD

No	Kelompok Data	N	Nilai p
1	Sebelum perlakuan	9	.058
2	Setelah perlakuan 1	9	.002
3	Setelah perlakuan 2	9	.901
4	Setelah perlakuan 3	9	.041

Hasil pengujian normalitas data kadar COD pada kelompok sebelum perlakuan diperoleh nilai signifikansi (p) = 0,058 ($p > 0,05$), nilai p setelah perlakuan 1 adalah 0,002 ($p < 0,05$), nilai p setelah perlakuan 2 adalah 0,901 ($p > 0,05$), nilai p setelah perlakuan 3 adalah 0,041 ($p < 0,05$), yang berarti bahwa

terdapat data yang terdistribusi tidak normal yaitu pada kadar COD setelah perlakuan 1 dan setelah perlakuan 3.

4.4. Hasil Uji Beda

4.4.1. Kadar fenol sebelum dan sesudah perlakuan

Uji lanjutan dilakukan bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan kadar fenol sebelum dan setelah dilakukan perlakuan. Uji lanjutan menggunakan uji *wilcoxon* karena data terdistribusi tidak normal. Hasil uji *wilcoxon* dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% dan tingkat kesalahan (α) 0,05 dapat dilihat pada tabel 4.14 sebagai berikut:

Tabel 4.14 Hasil uji beda kadar fenol sebelum dan setelah perlakuan

No	Kelompok Data	Mean	SD	<i>p</i> value
1	Sebelum perlakuan – setelah perlakuan 1	1957.733033	70.2043507	0.008
2	Sebelum perlakuan – Setelah perlakuan 2	560.415744	92.9251555	0.008
3	Sebelum perlakuan – Setelah perlakuan 3	851.465156	95.1862210	0.008

Hasil tes statistik dari uji *wilcoxon* dapat dilihat untuk kadar fenol nilai *p* adalah 0,008 ($p < 0,05$) pada semua perlakuan, yang berarti terdapat perbedaan bermakna kadar fenol sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan metode aerasi dan adsorpsi berbagai ketinggian 40 cm, 60 cm, dan 80 cm.

4.4.2. Kadar COD sebelum dan sesudah perlakuan

Uji lanjutan dilakukan bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan kadar COD sebelum dan setelah dilakukan perlakuan. Uji lanjutan

menggunakan uji *wilcoxon* karena data terdistribusi tidak normal. Hasil uji *wilcoxon* dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% dan tingkat kesalahan (α) 0,05 dapat dilihat pada tabel 4.15 sebagai berikut:

Tabel 4.15 Hasil uji beda kadar COD sebelum dan setelah perlakuan

No	Kelompok Data	Mean	SD	<i>p</i> Value	N
1	Sebelum perlakuan – setelah perlakuan 1	1957.733033	70.2043507	0.008	9
2	Sebelum perlakuan – Setelah perlakuan 2	560.415744	92.9251555	0.008	9
3	Sebelum perlakuan – Setelah perlakuan 3	851.465156	95.1862210	0.008	9

Hasil tes statistik dari uji *wilcoxon* dapat dilihat untuk kadar COD, nilai *p* adalah 0,008 ($p < 0,05$) pada semua perlakuan, yang berarti terdapat perbedaan bermakna kadar COD sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan metode aerasi dan adsorpsi berbagai ketinggian 40 cm, 60 cm, dan 80 cm.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Kadar Fenol dan COD dari Survei Awal

Kualitas air limbah UKM batik Purnama pada pengukuran awal untuk kadar fenol yaitu 0,846 mg/l dan kadar COD yaitu 2.460 mg/l. Dimana kadar fenol berda dibawah baku mutu dan kadar COD berada diatas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.10 Tahun 2004 yaitu 0,5 mg/l untuk kadar fenol dan 100 mg/l untuk kadar COD.

Terdapat perbedaan kadar air limbah batik pada setiap pengukuran disebabkan karena beberapa hal diantaranya adanya perbedaan pada setiap proses yang dilakukan. Dimana dalam proses tersebut penggunaan zat warna yang berbeda juga dapat mempengaruhi kadar kandungan air limbah yang dihasilkan.

5.2. Kadar Fenol dan COD dari Hasil Penelitian

Hasil penelitian terhadap limbah batik setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan tehnik aerasi dan adsrobsi, maka didapatkan kadar fenol pada perlakuan I=2,0334 mg/l, perlakuan II=2,0476 mg/l, dan perlakuan III=2,0304 mg/l. Kadar rata-rata COD pada perlakuan I=560,4157 mg/l, pada perlakuan II=851,4652 mg/l, pada perlakuan III=470,3037 mg/l. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.10 Tahun 2004 tentang baku mutu air limbah industri

tekstil dan Batik yaitu 0,5 mg/l untuk kadar fenol dan 100 mg/l untuk kadar COD. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian pengolahan limbah dengan gabungan tehnik aerasi dan adsorpsi masih diatas ambang batas yang telah ditentukan.

Kadar fenol dan COD bila melebihi ambang batas yang telah ditentukan, maka akan menyebabkan efek bagi lingkungan. Fenol pada konsentrasi 0,001 mg/l dalam air dapat menyebabkan pencemaran, karena jika dikonsumsi fenol dapat terakumulasi didalam tubuh dan bersifat racun. Selain itu fenol juga dapat terdegrasi menjadi senyawa lain yang bahkan lebih reaktif. Konsentrasi standar maksimal yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan RI untuk (Rahmi, 2007:28).

5.3. Bak Aerasi dan Adsorpsi sebagai Alat Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan oleh Fahriar Anantatur (2001) mengenai media tinggi adsorpsi karbon aktif batubara terhadap kadar warna dan zat padat tersuspensi pada limbah cair industri kecil batik tradisional Mivika di Samarinda menunjukkan bahwa dengan media ketinggian 50 cm, 70 cm, dan 90 cm dapat menurunkan zat warna limbah batik dengan besar penurunan antara 98,6% sampai 99,3%, dan menurunkan kadar TSS dengan besar penurunan antara 44,1% sampai 78,8%.

Tri rahayu (2002) tentang adsorpsi dengan karbon aktif pada limbah tekstil selama 24 jam menunjukkan penurunan COD sebesar 41,75%. Dan penelitian

oleh A'tina Fatha (2007) tentang pemanfaatan zeolit aktif untuk menurunkan BOD dan COD limbah tahu, zeolit aktif dapat menurunkan COD sebesar 19,16%.

Hasil penelitian Marjono (2009) tentang [peranan aerasi dalam perubahan BOD \(*biological oxygen demand*\) dan COD \(*chemical oxygen demand*\) limbah cair domestik \(studi kasus di ipal Kedungtungkul Mojosongo Surakarta\)](#), aerasi berperan secara signifikan dalam menurunkan kadar BOD dan COD. Waktu aerasi dari jam ke 1 menurunkan kadar BOD sebesar 56,50% dari kondisi awal, dan menurunkan kadar COD sebesar 64,28% dari kondisi awal.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, sehingga penelitian ini menggunakan metode gabungan aerasi dan adsorpsi dengan beberapa media ketinggian yaitu 40 cm, 60 cm, 80 cm. Dimana prinsip kerja dari alat ini adalah mensuplai oksigen kedalam air limbah dengan menggunakan aerator selama \pm 15 jam. Suplai oksigen kedalam air limbah bertujuan untuk konsumsi bakteri agar dengan aktif dapat memakan kandungan organik dalam limbah. Bakteri pengurai mengkonsumsi bahan-bahan organik sehingga berurai menjadi bahan-bahan sederhana seperti CO_2 , CO dan H_2O pada akhirnya CO_2 terbang ke udara dan H_2O menyatu dengan air (Perdana Ginting, 2007: 128). Adsorpsi yang digunakan menggunakan zeolit alam dan karbon aktif tempurung kelapa dimana prinsip kerjanya adalah menyerap zat-zat organik yang tidak dapat terurai dalam air limbah yang dapat menimbulkan bau, warna dan rasa pada air limbah.

Hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui rata-rata penurunan kadar fenol setelah perlakuan yaitu sebesar 75,66 % pada perlakuan I, 75,46 % pada

perlakuan II, 75,69 % pada perlakuan III. Rata-rata penurunan kadar COD setelah dilakukan perlakuan yaitu sebesar 63,52 % pada perlakuan I, 56,45 % pada perlakuan II, dan 84,71 % pada perlakuan III. Maka dapat disimpulkan bahwa tehnik pengolahan limbah batik dengan gabungan metode aerasi dan adsorpsi efektif dalam menurunkan kadar fenol dan COD.

5.4. Analisis Hasil Penelitian

Berdasarkan tes kadar fenol setelah perlakuan I, perlakuan II, dan perlakuan III dilakukan uji statistik menggunakan SPSS 12 *for windows*. Hasil pengujian normalitas data dengan menggunakan *shapiro wilk* pada kelompok sebelum perlakuan (*pre-treatment*) diperoleh nilai $p = 0,025$. Setelah perlakuan (*post-treatment*) diperoleh nilai $p = 0,480$ pada perlakuan I, setelah perlakuan II nilai $p = 0,362$, dan setelah perlakuan III nilai $p = 0,501$. Karena ada nilai p yang kurang dari 0,05 ($p < 0,05$), maka disimpulkan data terdistribusi tidak normal. Jika data terdistribusi tidak normal maka dilakukan uji alternatif yaitu uji *wilcoxon*.

Hasil uji non parametrik dengan uji *wilcoxon* diperoleh nilai *significancy* kelompok sesudah perlakuan I, perlakuan II, perlakuan III dan sebelum perlakuan adalah 0,008 ($p < 0,05$), dengan demikian dapat disimpulkan terdapat perbedaan bermakna antara sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan dengan aerasi dan adsorpsi.

Berdasarkan tes kadar COD setelah perlakuan I, perlakuan II, perlakuan III dilakukan uji statistik menggunakan SPSS 12 *for windows*. Hasil uji normalitas

data dengan menggunakan *shapiro wilk* pada kelompok sebelum perlakuan (*pre-teratment*) diperoleh nilai $p = 0,058$, setelah perlakuan I nilai $p = 0,002$, setelah perlakuan II nilai $p = 0,901$, dan setelah perlakuan III nilai $p = 0,401$. Karena terdapat nilai p yang kurang dari 0,05 ($p < 0,05$) maka disimpulkan data terdistribusi tidak normal. Jika data terdistribusi tidak normal, maka dilakukan uji alternatif yaitu uji *wilcoxon*.

Hasil uji non parametrik dengan uji *wilcoxon* diperoleh nilai *significancy* kelompok sesudah perlakuan I, perlakuan II, perlakuan III dan sebelum perlakuan adalah 0,008 ($p < 0,05$), dengan demikian dapat disimpulkan terdapat perbedaan bermakna antara sebelum dan sesudah perlakuan dengan aerasi dan adsorpsi.

Penelitian ini telah dapat membuktikan bahwa metode gabungan aerasi dan adsorpsi dapat menurunkan kadar fenol dan COD pada limbah cair UKM batik Purnama. Meskipun demikian penelitian ini terdapat beberapa kekurangan, diantaranya persentase penurunan kadar fenol dan kadar COD yang tidak urut dimana pada media ketinggian 60 cm kadar fenol dan COD lebih tinggi dibandingkan media ketinggian 40 cm. Kemungkinan penyebab keadaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Lama aerasi terhadap kadar sampel. Dimana pada ulangan pertama, kedua dan selanjutnya tidak sama yaitu pada ulangan terakhir akan mendapat aerasi yang lebih lama dibandingkan dengan yang pertama.
2. Kecepatan tetesan air dari bak aerasi menuju bak adsorpsi yang tidak sama.

Selain itu terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ketepatan hasil penelitian diantaranya adalah sebagai berikut :

5.3.1. Aerator

Aerator berfungsi menyuplai oksigen pada air limbah. Aerator lebih baik jika lebih banyak, sehingga gelembung-gelembung udara dapat menyentuh seluruh bagian air limbah dan proses udara untuk konsumsi bakteri agar dengan aktif dapat memakan kandungan organik dalam limbah berjalan baik. Dalam penelitian ini menggunakan satu aerator yang dimodifikasi pada bagian ujung masing-masing dipasang 2 karbon penyebar udara, sehingga terdapat 4 karbon sebagai jalan udara.

5.3.2. Bahan Penyerap

Bahan penyerap yang digunakan mempunyai kemampuan menyerap yang berbeda-beda, tergantung bahan asal dan metode aktivasi yang digunakan (Srinings Peni, 2002:18). Dalam penelitian ini bahan adsorpsi dengan zeolit dan karbon aktif. Aktivasi dilakukan pada karbon aktif tempurung kelapa. Aktivasi karbon aktif yaitu dengan menggunakan NaOH 4M direndam selama 10 jam kemudian dicuci dengan aquades, kemudian dikeringkan dengan pengering sederhana. Dalam mengeringkan karbon aktif lebih baik jika menggunakan *muffle furnice* dengan suhu 400-600°C.

5.3.3. Ukuran butir

Semakin kecil ukuran butir maka semakin besar permukaannya, sehingga semakin banyak menyerap kontaminan (Srinig Peni, 2002:18). Ukuran butir bahan penyerap yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 5-7 mm.

5.3.4. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbant berlansung lebih baik. Konsentrasi zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup (Srinig Peni, 2002:18).

5.3.5. Kecepatan alir

Semakin kecil kecepatan alir air limbah, maka penyerapan semakin besar karena waktu tinggal air limbah untuk kontak dengan media adsorpsi semakin lama. Kecepatan aliran air pada ketiga pipa dari bak aerasi menuju bak adsorpsi yaitu 120 ml/menit saat pengukuran awal sebelum air limbah dialirkan ke bak adsorpsi.

5.3.6. Pengawetan sampel

Sampel tidak diawetkan dengan H_2SO_4 sampai $pH < 2$, tetapi hanya menggunakan yeap dengan suhu $-4^{\circ}C$.

5.3.7. Pengukuran sampel

Waktu pengukuran sampel yang tidak sama, dimana dalam satu hari hanya bisa mengukur 5 sampel limbah.

5.3.8. Diameter Kolom

Semakin kecil diameter kolom bak adsorpsi, maka semakin tinggi bak adsorpsi sehingga proses adsorpsi semakin lama (Srinings Peni, 2002:18). Dalam penelitian ini menggunakan bak adsorpsi dengan diameter 5 inchi.



BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian gabungan metode aerasi dan adsorpsi dalam menurunkan fenol dan COD pada limbah cair UKM batik Purnama di desa Kliwonan kecamatan Masaran kabupaten Sragen tahun 2010 didapatkan hasil sebagai berikut:

Berdasarkan hasil uji non parametrik kadar fenol dan COD dengan uji *wilcoxon* diperoleh nilai *significancy* kelompok sesudah perlakuan I, perlakuan II, perlakuan III dan sebelum perlakuan adalah 0,008 ($p < 0,05$), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa, terdapat perbedaan bermakna antara sebelum dan sesudah perlakuan dengan aerasi dan adsorpsi.

6.2. SARAN

6.2.1. Bagi Pemilik UKM

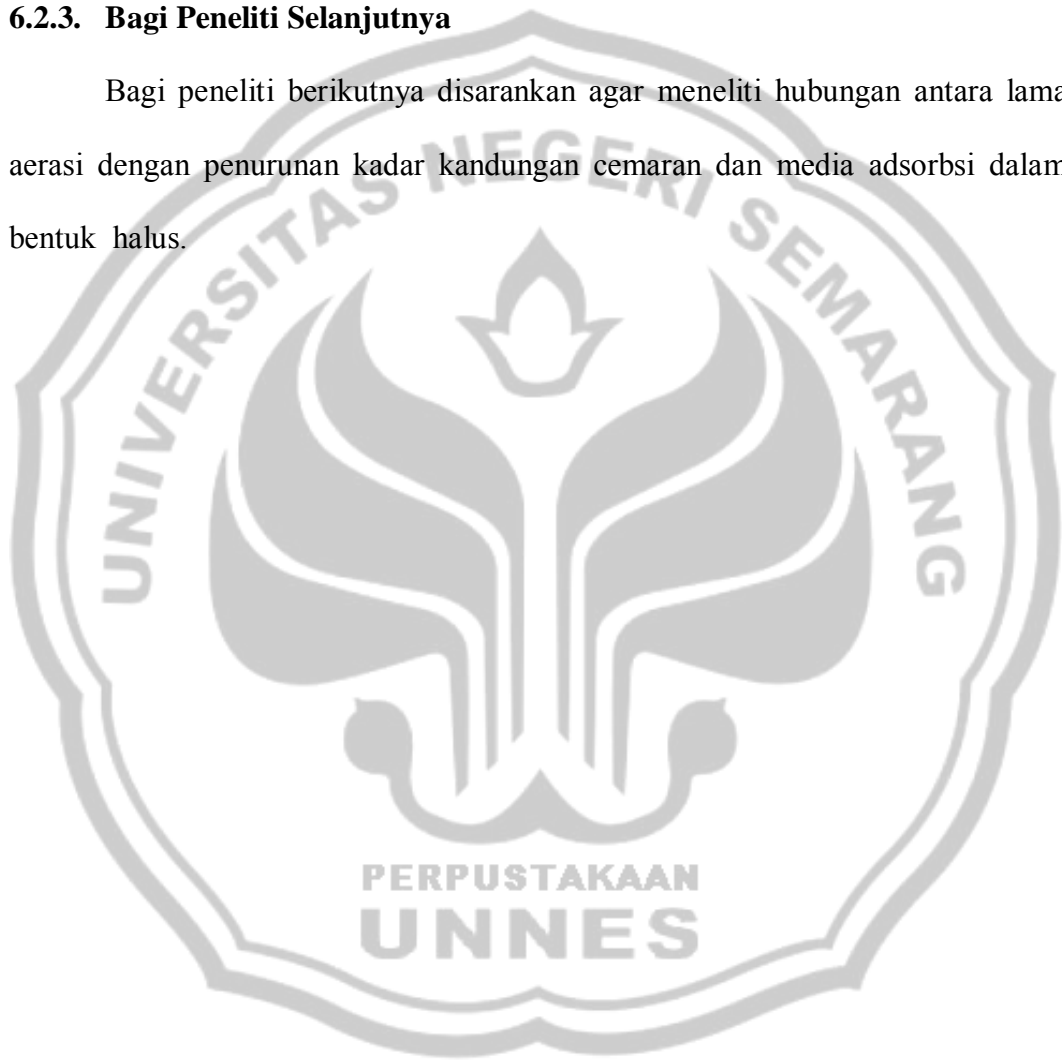
Bagi pemilik hendaknya mengelola limbah cair, sebelum dibuang ke lingkungan untuk mengurangi pencemaran langsung dari limbah batik. Salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan metode aerasi dan adsorpsi.

6.2.2. Bagi Balai Lingkungan Hidup

Bagi pihak BLH diharapkan melakukan pengawasan terhadap buangan air limbah bagi industri menengah kebawah dan melakukan penyuluhan, pelatihan tetan pengolahan air limbah..

6.2.3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Bagi peneliti berikutnya disarankan agar meneliti hubungan antara lama aerasi dengan penurunan kadar kandungan cemaran dan media adsorpsi dalam bentuk halus.



DAFTAR PUSTAKA

- Akrom Hasani dkk, 1996, *Pengaruh Bahan Aktivasi H_3PO_4 dan NaOH terhadap Mutu Karbon Aktif*.
- Arie Herlambang, 2002, *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Samarinda*. BPPT dan Bapedal
- Aslina Br.Ginting dkk, 2007, *Karakterisasi Komposisi Kimia Luas Permukaan Pori dan Sifat Termal dari Zeolit Bayah, Tasikmalaya, dan Lampung*, LIPI. Vol. 3 No. 1 Januari 2007: 1–48.
- A'tina Fatha, 2007, *Pemanfaatan Zeolit aktif untuk menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Tahu*. Skripsi UNNES
- Augustinus Ign dkk, 2008, *Teknologi Daur Ulang Air Limbah Batik, Solusi Inovatif untuk Mengatasi Kelangkaan Air di Sragen*, <http://genderswcu.blogspot.com/2008/09/teknologi-daur-ulang-air-limbah-batik.html>. Diakses 12 Januari 2010
- Alaerts, dan Santika, S.S. 1984. *Metode penelitian air*. Usaha Nasional Surabaya. Indonesia
- Arie Herlambang, 2002, *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*. Samarinda BPPT dan Bapedal.
- Bisma Murti, 1997, *Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Darmono, 2001, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press.
- Daryanto, 1995, *Masalah Pencemaran*, Bandung: Transito.
- Daryanto, 2007, *Tehnik Pembuatan Batik dan Sablon*. Semarang: Aneka Ilmu.
- Dwi Karsa Agung Rakhmatullah dkk, 2007, *Pembuatan Adsorben dari Zeolit Alam Dengan Karakteristik Adsorption Properties Untuk Kemurnian Bioetanol*, Bandung,. Laporan Penelitian: ITB Bandung.
- Deni Swantomo dkk, 2009, *Adsorpsi Fenol dalam Limbah Dengan Zeolit Alam Terkalsinasi*. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta.
- Departemen Pertanian, 2002, *Pengolahan Tempurung Kelapa Menjadi Arang Aktif*. Lembar Informasi Pertanian. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau.

- Endah Kusaeri, 2003, *Penurunan COD Air Limbah Pabrik Gula dengan Menggunakan Ferro Sulfat ($FeSO_4$) sebagai Koagulan*. Semarang FMIPA UNNES.
- Eko Budiarto, 2001, *Biostatistik untuk Kedokteran dan Kesehatan Masyarakat*. Jakarta: EGC
- Fahriar Anantatur, 2001, *Pengaruh Tinggi Media Adsorpsi Karbon Aktif Batubara Terhadap Kadar Warna dan Zat Padat Tersuspensi pada Limbah Cair Industri Kecil Batik Tradisional Mivika, di Samarinda, Semarang*. Skripsi: Universitas Diponegoro.
- G. Alaerts dan Sri S.S, 1987, *Metode Penelitian Air*, Surabaya: Usaha Nasional.
- Hanifah Ali Kemas, 2004, *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*, Jakarta: Raja Grafindo.
- Hefni Effendi, 2003, *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Henny Setyaningsih, 2008, *Pengolahan Limbah Batik Dengan Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon aktif*, Jakarta, Tesis: Universitas Indonesia.
- Heryando Polar, 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Jakarta: PT Rineka Cipta.
- H.M. Soeparman dan Suparmin, 2001, *Pembuangan Tinja dan Air Limbah*, Jakarta: Prestasi Pustaka Publisher.
- IKM, FIK, UNNES, 2007, *Pedoman Penyusunan Skripsi Mahasiswa Progrma Strata I*, Semarang: Jurusan IKM FIK UNNES.
- Indah Purwaningsih, 2008, *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau dari Parameter Chemical Oxygen Demand (Cod) dan Warna*, Skripsi; Universitas Islam Indonesia
- Indro Sumantri, 2002, *Dasar-dasar teknologi Pengolahan Limbah Cair*. http://www.airminumisiulang.com/filedownload/teknologi_pengolahan_limbah_cair.pdf. Diakses 4 Januari 2010
- Intan Nila Sari, 2008, *Efektivitas Metode Adsorpsi Abu Sekam Padi untuk menurunkan Kadar Logam Cr Pada Batik X di Kota Surakarta*, Semarang. Skripsi: FKM UNDIP.

- I Nyoman Suardana, 2008, *Optimalisasi Daya Adsorpsi Zeolit terhadap Ion Kromium (III)*, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha. PDF, diakses tanggal 11 Januari 2010.
- Ircham Mafoedz, dkk, 2005, *Metodologi Penelitian Kesehatan Keperawatan dan Kebidanan*, Yogyakarta; Penerbit Fitramaya.
- Juli Soemirat, 2002, *Kesehatan Lingkungan*, Yogyakarta: Gajahmada University.
- Joseph P.R dkk, 2007, *Handbook of Chemical and Environmental Engineering Calculations*, New York: John Wiley & Sons.
- Lembar Informasi Pertanian, 2002, *Pengolahan Tempurung Kelapa Menjadi Aranga Aktif*, Riau: Departemen Pertanian.
- Marjono, 2009, *Peranan Aerasi dalam Perubahan BOD dan COD Limbah Cair Domestik (Studi Kasus IPAL Kedungmundu Mojosongo Surakarta)*. Skripsi. UNS
- Made Arsawan dkk, *Pemanfaatan Metode Aerasi dalam Pengolahan Limbah Berminyak*, ECOTROPHIC Volume 2 No. 2 November 2007, http://ejournal.unud.ac.id/abstrak/04_arsawan_p.pdf. Diakses tanggal 17 Febuari 2010
- Mei Pranoto, 2005, *Penggunaan Biofilter Enceng Gondok untuk Menurunkan Kadar COD Limbah Cair dari Pabrik Tahu*, Semarang: FMIPA UNNES
- Meilita Tryana Sembiring dan Tuti Sarma Sinaga, 2003, *Arang Aktif (Pengelalan dan Proses Pembuatannya)*, <http://library.usu.ac.id/download/ft/industri-meilita.pdf>, Diakses 27 Oktober 2009.
- M.Natsir Aryad, 2000, *Kamus Kimia*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- M. Raharjo, 2004, *Manajemen Laboratorium Kesehatan Lingkungan Modul 8 FKM Bagian Kesehatan Lingkungan*, Semarang,.FKM UNDIP.
- Muljadi, 2009, *Efisiensi Pengolahan Limbah Industri Batik Cetak dengan Metode Fisika-Kimia dan Biologi terhadap Penurunan Parameter Pencemar (BOD, COD, dan Logam Berat Krom (Cr) (Studi kasus di Desa Buntulan Makam Haji Sukoharjo)*, EKUILIBRIUM. Volume 8, No 1, Januari 2009, hlm 7-16.
- Mursi Sutarti, 1994, *Zeolit Tinjauan Literatur*, Jakarta Pusat: Dokumentasi dan Informasi Ilmiah
- Okid Pranama A dan Kusumo Winarno, 2000, *Upaya Perbaikan Limbah Cair Batik dngan Pemanfaatan Ekstrak Yeast*, Laporan Penelitian: UNS.

- Perdana Ginting, 2007, *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*, Bandung: Yrama Widya.
- Philip Kristanto, 2002, *Ekologi Industri*, Yogyakarta: Andi.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Air Limbah.
- Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air limbah.
- Rahmi, 2007, Adsorpsi Fenol pada Membran Komposit Khitosan Berikatan Silang, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* . Vol. 6, No. 1, hal. 28-34, 2007.
- Ricki M. Mulia, 2005, *Kesehatan Lingkungan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sakti Siregar, 2005, *Instalasi Pengolahan Air Limbah*, Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Slamet R. dkk, 2005, *Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat (Cr^{6+} atau Pt^{4+}) secara Simultan dengan Fotokatalisis TiO_2 , $ZnO-TiO_2$, dan $CdS-TiO_2$* . MAKARA TEKNOLOGI, Volume 9 No.2 November 2005: 66-71
- SNI 06-246-1991, *Metode Pengujian Kadar Fenol dalam Air dengan Alat Spektrofometer Secara Aminoantiprin*. Diakses tanggal 28 Januari 2010
- Soedarsono dan Benny Syahputra, 2007, *Pengolahan Air Limbah Batik dengan Proses Kombinasi Elektrokimia, Filtrasi, dan Adsorpsi*, <http://bennysyah.edublogs.org/files/2007/04/makalah-warna-akin.doc>. Diakses 27 Oktober 2009
- Soekidjo Notoatmojdo, 2002, *Metodologi Penelitian Kesehatan*, Jakarta: Rieneke Cipta.
- Sugiharto, 2005, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sukandarrumidi, 2009, *Bahan Galian dan Industri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Sopiyudin Dahlan, 2008, *Statistik Untuk kedokteran*. Jakarta: Salemba Medika.
- Srining Peni, 2002, *Perbedaan Penurunan Kadar zat warna dengan media adsorpsi karbon aktif tempurung kelapa, Breaksi Batu Apung, Kulit Kacang*

Pada Industri Batik Roro Djonggrang Yogyakarta, Surakarta,. Tesis:
Universitas Sebelas Maret

Wahyu Widyowati dkk, 2008, *Efek Toksik Logam*, Yogyakarta: CV. Andi Offset.





Deskripsi Kadar Fenol

Statistics

		fenol_sblm_ perlakuan	stlh_ perlakuan_A	stlh_ perlakuan_B	stlh_ perlakuan_C
N	Valid	9	9	9	9
	Missing	0	0	0	0
Mean		8.373556	2.033444	2.047556	2.030444
Median		7.903000	1.890000	1.903000	1.888000
Mode		7.9030	1.1240 ^a	1.0850 ^a	1.0610 ^a
Std. Deviation		.8522419	.8408341	.9232944	.8799553
Variance		.726	.707	.852	.774
Skewness		1.134	.786	1.003	.797
Std. Error of Skewness		.717	.717	.717	.717
Kurtosis		-.252	.022	.626	.117
Std. Error of Kurtosis		1.400	1.400	1.400	1.400
Minimum		7.5500	1.1240	1.0850	1.0610
Maximum		9.8900	3.6240	3.8900	3.7080

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Uji Normalitas Kadar Fenol

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
fenol_sblm_perlakuan	9	100.0%	0	.0%	9	100.0%
stlh_perlakuan_A	9	100.0%	0	.0%	9	100.0%
stlh_perlakuan_B	9	100.0%	0	.0%	9	100.0%
stlh_perlakuan_C	9	100.0%	0	.0%	9	100.0%

PERPUSTAKAAN
UNNES

Descriptives

		Statistic	Std. Error	
fenol_sblm_perlakuan	Mean	8.373556	.2840806	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	7.718464	
		Upper Bound	9.028647	
	5% Trimmed Mean	8.335062		
	Median	7.903000		
	Variance	.726		
	Std. Deviation	.8522419		
	Minimum	7.5500		
	Maximum	9.8900		
	Range	2.3400		
	Interquartile Range	1.3585		
	Skewness	1.134	.717	
	Kurtosis	-.252	1.400	



Descriptives

			Statistic	Std. Error
stlh_perlakuan_A	Mean		2.033444	.2802780
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1.387122	
		Upper Bound	2.679767	
	5% Trimmed Mean		1.995605	
	Median		1.890000	
	Variance		.707	
	Std. Deviation		.8408341	
	Minimum		1.1240	
	Maximum		3.6240	
	Range		2.5000	
	Interquartile Range		1.4215	
	Skewness		.786	.717
	Kurtosis		.022	1.400
stlh_perlakuan_B	Mean		2.047556	.3077648
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1.337849	
		Upper Bound	2.757262	
	5% Trimmed Mean		1.998673	
	Median		1.903000	
	Variance		.852	
	Std. Deviation		.9232944	
	Minimum		1.0850	
	Maximum		3.8900	
	Range		2.8050	
	Interquartile Range		1.4575	
	Skewness		1.003	.717
	Kurtosis		.626	1.400
stlh_perlakuan_C	Mean		2.030444	.2933184
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1.354051	
		Upper Bound	2.706838	
	5% Trimmed Mean		1.991105	
	Median		1.888000	
	Variance		.774	
	Std. Deviation		.8799553	
	Minimum		1.0610	
	Maximum		3.7080	
	Range		2.6470	
	Interquartile Range		1.4790	
	Skewness		.797	.717
	Kurtosis		.117	1.400

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
fenol_sblm_perlakuan	.299	9	.020	.808	9	.025
stlh_perlakuan_A	.140	9	.200*	.930	9	.480
stlh_perlakuan_B	.155	9	.200*	.916	9	.362
stlh_perlakuan_C	.153	9	.200*	.932	9	.501

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
sblm_perlakuan	9	1957.7330 33	70.2043507	1895.5520	2102.0800
stlh_perlakuan_A	9	560.41574 4	92.9251555	488.1600	791.3386
stlh_perlakuan_B	9	851.46515 6	95.1862210	696.8504	998.0160
stlh_perlakuan_C	9	470.30366 7	86.8340675	282.0480	543.3071

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
stlh_perlakuan_A - fenol_sblm_perlakuan	9 ^a	5.00	45.00
	0 ^b	.00	.00
	0 ^c		
Total	9		

a. stlh_perlakuan_A < fenol_sblm_perlakuan

b. stlh_perlakuan_A > fenol_sblm_perlakuan

c. stlh_perlakuan_A = fenol_sblm_perlakuan

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
stlh_perlakuan_B - fenol_sblm_perlakuan	Negative Ranks	9 ^a	5.00	45.00
	Positive Ranks	0 ^b	.00	.00
	Ties	0 ^c		
	Total	9		

a. stlh_perlakuan_B < fenol_sblm_perlakuan

b. stlh_perlakuan_B > fenol_sblm_perlakuan

c. stlh_perlakuan_B = fenol_sblm_perlakuan

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
stlh_perlakuan_C - fenol_sblm_perlakuan	Negative Ranks	9 ^a	5.00	45.00
	Positive Ranks	0 ^b	.00	.00
	Ties	0 ^c		
	Total	9		

a. stlh_perlakuan_C < fenol_sblm_perlakuan

b. stlh_perlakuan_C > fenol_sblm_perlakuan

c. stlh_perlakuan_C = fenol_sblm_perlakuan

Test Statistics^b

	stlh_ perlakuan_A - fenol_sblm_ perlakuan	stlh_ perlakuan_B - fenol_sblm_ perlakuan	stlh_ perlakuan_C - fenol_sblm_ perlakuan
Z	-2.666 ^a	-2.666 ^a	-2.666 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	.008	.008	.008

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Deskripsi Kadar COD

Statistics

		sbIm_ perlakuan	stlh_ perlakuan_A	stlh_ perlakuan_B	stlh_ perlakuan_C
N	Valid	9	9	9	9
	Missing	0	0	0	0
Mean		1957.733033	560.415744	851.465156	470.303667
Median		1932.570200	520.704000	856.992000	519.685000
Mode		1895.5520 ^a	488.1600 ^a	696.8504 ^a	282.0480 ^a
Std. Deviation		70.2043507	92.9251555	95.1862210	86.8340675
Variance		4928.651	8635.085	9060.417	7540.155
Skewness		1.102	2.295	.052	-1.404
Std. Error of Skewness		.717	.717	.717	.717
Kurtosis		.809	5.838	-.256	1.805
Std. Error of Kurtosis		1.400	1.400	1.400	1.400
Minimum		1895.5520	488.1600	696.8504	282.0480
Maximum		2102.0800	791.3386	998.0160	543.3071

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Uji Normalitas Kadar COD

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
COD_sbIm_perlakuan	9	100.0%	0	.0%	9	100.0%
stlh_perlakuan_A	9	100.0%	0	.0%	9	100.0%
stlh_perlakuan_B	9	100.0%	0	.0%	9	100.0%
stlh_perlakuan_C	9	100.0%	0	.0%	9	100.0%

Descriptives

			Statistic	Std. Error
sbIm_perlakuan	Mean		1957.733	23.40145
	95% Confidence Interval for Mean		1903.769	
	Lower Bound	Upper Bound	2011.697	
	5% Trimmed Mean		1953.168	
	Median		1932.570	
	Variance		4928.651	
	Std. Deviation		70.20435	
	Minimum		1895.552	
	Maximum		2102.080	
	Range		206.5280	
	Interquartile Range		99.2530	
	Skewness		1.102	.717
	Kurtosis		.809	1.400

Descriptives

			Statistic	Std. Error
stlh_perlakuan_A	Mean		560.4157	30.97505
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	488.9871	
		Upper Bound	631.8443	
	5% Trimmed Mean		551.6009	
	Median		520.7040	
	Variance		8635.085	
	Std. Deviation		92.92516	
	Minimum		488.1600	
	Maximum		791.3386	
	Range		303.1786	
	Interquartile Range		76.3680	
	Skewness		2.295	.717
	Kurtosis		5.838	1.400
	stlh_perlakuan_B	Mean		851.4652
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	778.2985	
		Upper Bound	924.6318	
5% Trimmed Mean			851.9132	
Median			856.9920	
Variance			9060.417	
Std. Deviation			95.18622	
Minimum			696.8504	
Maximum			998.0160	
Range			301.1656	
Interquartile Range			146.6640	
Skewness			.052	.717
Kurtosis			-.256	1.400
stlh_perlakuan_C		Mean		470.3037
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	403.5571	
		Upper Bound	537.0502	
	5% Trimmed Mean		476.7066	
	Median		519.6850	
	Variance		7540.155	
	Std. Deviation		86.83407	
	Minimum		282.0480	
	Maximum		543.3071	
	Range		261.2591	
	Interquartile Range		118.2655	
	Skewness		-1.404	.717
	Kurtosis		1.805	1.400

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
sblm_perlakuan	.230	9	.186	.840	9	.058
stlh_perlakuan_A	.281	9	.039	.720	9	.002
stlh_perlakuan_B	.163	9	.200*	.971	9	.901
stlh_perlakuan_C	.271	9	.056	.826	9	.041

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
sblm_perlakuan	9	1957.7330 33	70.2043507	1895.5520	2102.0800
stlh_perlakuan_A	9	560.41574 4	92.9251555	488.1600	791.3386
stlh_perlakuan_B	9	851.46515 6	95.1862210	696.8504	998.0160
stlh_perlakuan_C	9	470.30366 7	86.8340675	282.0480	543.3071

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
stlh_perlakuan_A - sblm_perlakuan	Negative Ranks	9 ^a	5.00
	Positive Ranks	0 ^b	.00
	Ties	0 ^c	
	Total	9	

a. stlh_perlakuan_A < sblm_perlakuan

b. stlh_perlakuan_A > sblm_perlakuan

c. stlh_perlakuan_A = sblm_perlakuan

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
stlh_perlakuan_B -	Negative Ranks	9 ^a	5.00	45.00
sblm_perlakuan	Positive Ranks	0 ^b	.00	.00
	Ties	0 ^c		
	Total	9		

a. stlh_perlakuan_B < sblm_perlakuan

b. stlh_perlakuan_B > sblm_perlakuan

c. stlh_perlakuan_B = sblm_perlakuan

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
stlh_perlakuan_C -	Negative Ranks	9 ^a	5.00	45.00
sblm_perlakuan	Positive Ranks	0 ^b	.00	.00
	Ties	0 ^c		
	Total	9		

a. stlh_perlakuan_C < sblm_perlakuan

b. stlh_perlakuan_C > sblm_perlakuan

c. stlh_perlakuan_C = sblm_perlakuan

Test Statistics^b

	stlh_perlakuan_A - sblm_perlakuan	stlh_perlakuan_B - sblm_perlakuan	stlh_perlakuan_C - sblm_perlakuan
Z	-2.666 ^a	-2.666 ^a	-2.666 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	.008	.008	.008

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test