



**EFEKTIVITAS KARBON AKTIF SERBUK BIJIKELOR (*Moringa oleifera*)
TERHADAP PENURUNAN KADAR KADMIUM (Cd) PADA LIMBAH CAIR BATIK
(Studi pada industri batik UD. Pakem Sari Sumberpakem Kabupaten Jember)**

SKRIPSI

Oleh

**Mega Wrida Silvia
NIM 142110101064**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER**

2018





**EFEKTIVITAS KARBON AKTIF SERBUK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)
TERHADAP PENURUNAN KADAR KADMIUM (Cd) PADA LIMBAH CAIR BATIK
(Studi pada industri batik UD. Pakem Sari Sumberpakem Kabupaten Jember)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat
dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh

**Mega Wrida Silvia
NIM 142110101064**

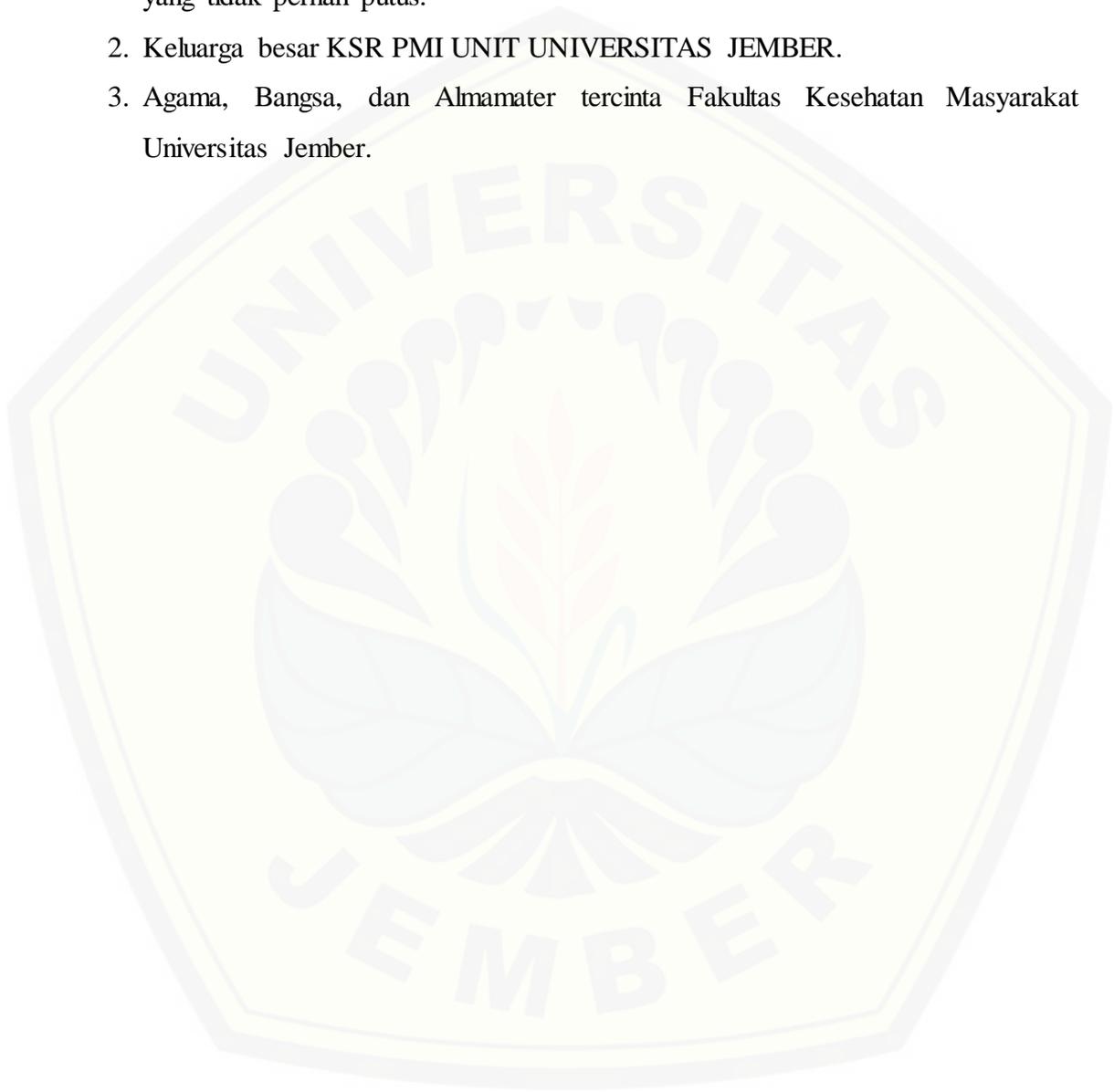
**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER**

2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Abah Suwarso dan Umi Ida Laila dan semua keluarga besar saya di Banyuwangi yang selalu memberikan doa dan dukungan serta kasih sayang yang tidak pernah putus.
2. Keluarga besar KSR PMI UNIT UNIVERSITAS JEMBER.
3. Agama, Bangsa, dan Almamater tercinta Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.



MOTTO

“Dan bila dikatakan kepada mereka: “Janganlah kau membuat kerusakan di muka bumi” mereka menjawab: “Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan” ingatlah sesungguhnya mereka itulah orang-orang yang membuat kerusakan, tetapi tidak sadar.”

(Terjemahan Surat Al-Baqarah: 11-12)¹



¹Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahan*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mega Wrida Silvia

NIM : 142110101064

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul Efektivitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Penurunan Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Batik adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instisusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan prinsip ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 September 2018

Yang menyatakan,

Mega Wrida Silvia

NIM 142110101064

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS KARBON AKTIF SERBUK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)
TERHADAP PENURUNAN KADAR KADMIUM (Cd) PADA LIMBAH CAIR BATIK
(Studi pada industri batik UD. Pakem Sari Sumberpakem kabupaten Jember)**

Oleh

Mega Wrida Silvia

142110101064

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes

Dosen Pembimbing Anggota : Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes

PENGESAHAN

Skripsi BERJUDUL "Efektivitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Penurunan Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Batik" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 20 September 2018

Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat

Pembimbing

TANDA TANGAN

1. DPU : Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes (.....)

NIP : 198111202005012001

2. DPA : Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes (.....)

NIP : 197509142008121002

Penguji

1. Ketua : Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes (.....)

NIP : 197708282003122001

2. Sekretaris : Andrei Ramani, S.KM., M.Kes (.....)

NIP : 198008252006041005

3. Anggota : Erwan Widiyatmoko, S.T (.....)

NIP : 197802052000121003

Mengesahkan
Dekan,

Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes
NIP. 198005162003122002

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesaikannya skripsi dengan judul **“Efektivitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Penurunan Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Batik”**, sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember. Dalam skripsi ini dijabarkan efektivitas karbon aktif serbuk biji kelor (*Moringa Oliefera*) terhadap penurunan kadar kadmium (Cd) pada limbah cair, sehingga nantinya dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penyelenggaraan pengelolaan limbah cair batik yang baik bagi kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat di sekitar lingkungan industri batik.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut berkontribusi dalam penyusunan proposal skripsi ini. terima kasih dan penghargaan saya sampaikan pula kepada yang terhormat:

1. Ibu Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes, selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU);
4. Ibu Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA);
5. Ibu Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes selaku Ketua Penguji;
6. Bapak Andrei Ramani, S.KM., M.Kes selaku Sekretaris Penguji;
7. Bapak Erwan Widiyatmoko, S.T selaku Anggota Penguji;
8. Kedua Orangtua Abah Suwarso dan Umi Ida Laila yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tiada henti, memberi motivasi, dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis;

9. Sahabat-sahabat tercinta, Dini Hastiantini, Fifian Lula, Putri Diah, Kurnias Anis, Nella Stella F yang selalu memberikan motivasi kepada saya dalam mengerjakan skripsi ini;
10. Rekan organisasi KSR PMI Unit Universitas Jember, Laily M dan Sri Wahyuni yang selalu membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini;
11. Yuli Santoso, Okman Nurochim, Aisyah Nur K, Nindi Listia, Arina Zakiah, Moch. Syehfu, Fiezu Himmah, Nella Nur A, M. Abdul W, Oc Triwi, Mulyani yang telah memberikan masukan kepada penulis baik dalam hal menyelesaikan skripsi dan berorganisasi;
12. Bapak N. Ari Subagio, S.E., M.Si selaku Pembina KSR PMI Unit Universitas Jember yang telah membantu kelancaran skripsi dan membimbing saya dalam berorganisasi
13. Keluarga besar KSR PMI Unit Universitas Jember dan para alumni yang sudah banyak memberikan ilmu dan pengalaman berorganisasi;
14. Teman-teman PBL Kelompok 02 Desa Selok Anyar Kabupaten Lumajang tahun 2017 yang selalu mendukung dalam penyelesaian skripsi ini;
15. Rekan-rekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah memberikan motivasi dan semangat kepada penulis;

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya disiplin ilmu kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, 20 September 2018

Penulis

RINGKASAN

Efektivitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Penurunan Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Batik (Studi Kasus Industri Batik UD. Pakem Sari Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember); Mega Wrida Silvia; 142110101064; 95 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Industri batik termasuk dalam industri tekstil yang banyak menggunakan air dalam proses produksinya, sehingga menghasilkan limbah cair sebanyak 80% dari jumlah air yang digunakan dalam pembatikan. Pada proses pewarnaan/pencelupan akan menghasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat. Limbah cair batik mengandung logam berat yang berbahaya salah satunya adalah Cd. Senyawa Cd di industri tekstil terutama digunakan dalam proses pencelupan yang menggunakan zat warna direk dan zat warna mordan. Kadar Kadmium pada limbah cair pewarnaan batik UD. Pakem Sari sebesar 1,93 ppm. Kadar Kadmium pada limbah cair pelepasan malam UD. Pakem Sari sebesar 3,5 ppm. Kadar Kadmium pada limbah cair yang dicampur keduanya UD. Pakem Sari sebesar 2,10 ppm. Hal ini telah melebihi Baku Mutu Air Limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 kadar maksimum Kadmium yaitu 0,1 ppm. Logam kadmium adalah tiga besar logam berat yang bersifat toksik tinggi serta tidak mampu terurai di dalam lingkungan dan akhirnya diakumulasi di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan.

Salah satu alternatif pengolahan limbah cair batik adalah dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif serbuk biji kelor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kadar kadmium pada limbah cair batik yang tidak diberi karbon aktif serbuk biji kelor sebagai kelompok kontrol (K) dengan limbah cair batik yang diberi karbon aktif serbuk biji kelor sebanyak 20 gr/100 ml, 25 gr/100 ml, 30 gr/100 ml dan diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 20 menit sebagai kelompok perlakuan (X). Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan desain penelitian *True Experimental*

dengan bentuk *Posttest Only Control Group Design*. Pada penelitian ini terdapat 24 sampel yang terbagi dalam 4 kelompok yaitu kelompok kontrol (K) yaitu limbah cair batik tanpa diberi karbon aktif serbuk biji kelor, kelompok perlakuan pertama (X1) yaitu limbah cair batik diberi karbon aktif serbuk biji kelor sebanyak 20 gr/ 100 ml, kelompok perlakuan kedua (X2) yaitu limbah cair batik diberi karbon aktif serbuk biji kelor sebanyak 25 gr/100 ml, dan kelompok perlakuan ketiga (X3) yaitu limbah cair batik diberi karbon aktif serbuk biji kelor sebanyak 30 gr/100 ml. Tiap kelompok terdapat 6 replikasi dan dilakukan pengadukan karbon aktif serbuk biji kelor ke dalam limbah cair batik dengan kecepatan 400 rpm selama 20 menit.

Melakukan analisis kadar kadmium menggunakan SSA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kadar kadmium pada kelompok kontrol (K) sebesar 1,545 ppm, kelompok perlakuan pertama (X1) sebesar 0,0780 ppm, kelompok perlakuan kedua (X2) sebesar 0,0520 ppm dan kelompok perlakuan ketiga (X3) sebesar 0,02143 ppm. Hasil kelompok perlakuan tidak melebihi Baku Mutu Lingkungan (BML) yang telah ditetapkan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 kadar maksimum Kadmium yaitu 0,1 ppm. Melakukan uji normalitas, karena data tidak berdistribusi normal kemudian dilakukan uji *Kruskall wallis* untuk mengetahui adanya perbedaan pada setiap kelompok. Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan sebesar 0,000 dengan interval kepercayaan 95%. Kemudian di lanjutkan dengan uji Mann Whithney Test untuk menguji perbedaan antara satu kelompok atau perlakuan dengan perlakuan lainnya dengan membandingkan 2 kelompok secara bergantian. Hasilnya signifikan dan memiliki nilai beda sebesar 0,0003 dengan interval kepercayaan 95%. Sehingga penggunaan karbon aktif serbuk biji kelor dapat menurunkan logam kadmium pada limbah cair batik.

Saran Bagi Industri batik diharapkan dapat mengolah limbah cair batik secara sederhana dengan menampung semua limbah cair terlebih dahulu yang dilengkapi dengan filter *Up Flow* menggunakan karbon aktif serbuk biji kelor.

SUMMARY

The Effectiveness of Activated Carbon of *Moringa oleifera* Seed Powder on a Reduction of Cadmium (Cd) Level in Batik Liquid (A Case Study of Batik Industry in UD. Pakem Sari, Sumberpakem, Sumberjambe, Jember); Mega Wrida Silvia; 142110101064; 95 pages; Department of Environmental Health and Occupational Health and Safety, Public Health Faculty, Jember University.

Batik industry is one of textile industries which uses a lots of water in its production process, resulting 80% of liquid waste from the amount of water performed for producing batik. In addition, dyeing or coloring process will produce turbid and concentrated liquid waste. The liquid waste of batik production contains dangerous heavy metals including Cd as the one of them. In several textile industries, Cd compounds primarily utilize as a material for dyeing process using direct dye and mordant dyestuff. Cadmium content contained in liquid waste of UD. Pakem Sari batik dyeing reach 1.93 ppm. Besides, Cadmium content resulted from wax release is noted in 3.5 ppm. Further, the mixture of both liquid waste is in the amount of 2.10 ppm. Apparently, it was exceeded Wastewater Quality Standards regarding on the Minister of Environment Regulation Number 5 Year 2014 which says that Cadmium content must in the average of 0.1 ppm. Cadmium is the top three heavy metals which are highly toxic and unable to decompose in the environment, and then it is finally accumulated in humans' body through the food chain.

One alternative treatment for batik liquid waste was to apply absorption method by using activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder. This research aimed at analyzing the distinction of Cadmium level between batik liquid waste which was not given activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder was a control group (K), and the waste which was given activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder as much as 20 grams/100 ml, 25 grams/100 ml, 30 grams/100 ml, and it was stirred at 400 rpm for 20 minutes was as treatment group (X). The type of research used in this study was experiment with a true experimental design in the form of Posttest Only Control Group Design. In this

research, there were 24 samples which were divided into 4 groups. Control group (K) was a group which the batik liquid waste was not given activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder. First treatment group (X1) was a group by adding 20 grams activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder per 100 ml. Second treatment group (X2) was the liquid waste given activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder in the amount of 25 grams/ 100 ml. The third treatment group was given 30 grams/ 100 ml of activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder to the liquid waste. Each group had 6 replications and was carried out stirring the activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder in batik liquid waste at 400 rpm for 20 minutes.

The analysis of Cadmium level utilized SSA. The results indicated that the average cadmium level in control group (K) was 1.545 ppm, the first treatment group (X1) was 0.0780 ppm, the second treatment group (X2) was 0.0520 ppm, and the third treatment group (X3) was 0.02143 ppm. The results of treatment group was not transcended the Environmental Quality Standards which had been clarified on the Minister of Environment Regulation No. 5 Year 2014 that noted the maximum Cadmium level was 0.1 ppm. Next, it was conducted normality test as the data was not normally distributed. Further, it was also examined through Kruskal wallis test to know the difference in each group. The results showed that there was a significant contrast of 0.000 with confidence interval of 95%. Then, it was continued to have Mann Whithney Test to examine the distinction in a group or between one treatment to another by comparing 2 groups alternately. The results were significant and had a different value of 0.0003 with confidence interval of 95%. Therefore, the use of activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder could decrease Cadmium in batik liquid waste.

This research emerged suggestions for batik industry which are expected to process batik wastewater in a simple way by accommodating all liquid waste in advance which was equipped with filter Up Flow using Saran Bagi Industri batik diharapkan dapat mengolah limbah cair batik secara sederhana dengan menampung semua limbah cair terlebih dahulu yang dilengkapi dengan filter *Up Flow* activated carbon of *Moringa oleifera* seed powder to reduce Cadmium content in batik liquid waste.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PRAKATA	vii
HALAMAN RINGKASAN	ix
HALAMAN SUMMARY	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR SINGKATAN	xx
DAFTAR NOTASI	xxii
BAB 1. PENDAHULUAN.	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan	7
1.3.1 Tujuan Umum.....	7
1.3.2 Tujuan Khusus	8
1.4 Manfaat	8
1.4.1 Manfaat Teoritis	8
1.4.2 Manfaat Praktis	8
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Batik	10
2.1.1 Definisi Limbah Cair Batik.....	10
2.1.2 Bahan Yang Digunakan Untuk Batik	10
2.1.3 Proses Pembuatan Batik	11
2.2 Limbah Cair	14

2.2.1 Definisi Batik.....	14
2.2.2 Karakteristik Batik	15
2.3 Pencemaran Air	16
2.3.1 Sumber Pencemaran	16
2.4 Logam Berat.....	17
2.4.1 Logam Berat Kadmium (Cd).....	17
2.4.2 Pencemaran Kadmium (Cd).....	18
2.4.3 Efek Toksik Kadmium (Cd).....	18
2.5 Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	19
2.5.1 Klasifikasi Kelor (<i>Moringa oleifera</i>).....	19
2.5.2 Morfologi Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	20
2.5.3 Kandungan Kimia Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>).....	20
2.5.4 Biji kelor (<i>Moringa Oleifera</i>) sebagai koagulan.....	21
2.6 Karbon Aktif.....	22
2.7 Adsorpsi.....	23
2.7.1 Definisi Adsorpsi	23
2.7.2 Proses Adsorpsi	24
2.8 Kerangka Teori	27
2.9 Kerangka Konsep	28
2.10 Hipotesis Penelitian	29
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Jenis Penelitian.....	30
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian	32
3.2.1 Tempat Penelitian.....	32
3.2.2 Waktu Penelitian	33
3.3 Objek Dan Teknik Pengambilan Objek Penelitian	33
3.3.1 Objek Penelitian	33
3.3.1.1 Populasi Penelitian.....	33
3.3.1.2 Sampel Penelitian	33
3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel	33
3.4 Variabel Dan Definisi Operasional.....	35
3.4.1 Variabel Bebas.....	35
3.4.2 Variabel Terikat	35
3.4.3 Definisi Operasional.....	36

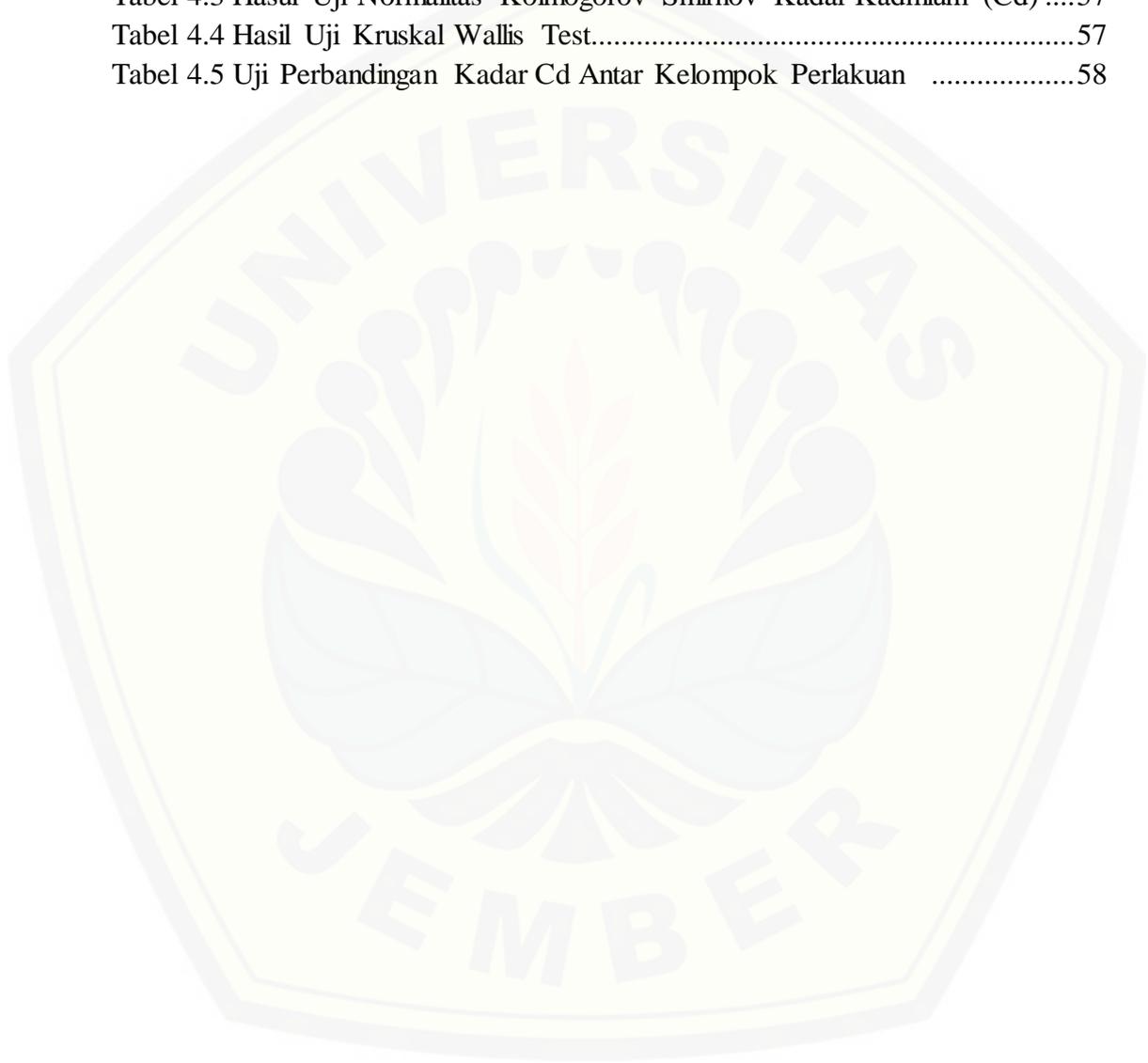
3.5 Bahan Penelitian Dan Instrumen Penelitian	36
3.5.1 Alat Penelitian.....	36
3.5.2 Bahan Penelitian.....	37
3.6 Prosedur Kerja	37
3.6.1 Prosedur Pembuatan Serbuk Biji Kelor.....	37
3.6.2 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor	37
3.6.3 Prosedur Uji Kualitas Karbon Aktif	38
3.6.4 Prosedur Perlakuan Serbuk Biji Kelor.....	40
3.7 Kerangka Operasional Penelitian	41
3.9 Data Dan Sumber Data	42
3.9.1 Data Primer	42
3.9.2 Data Sekunder.....	42
3.10 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	42
3.11 Teknik Penyajian dan Analisis Data	42
3.11.1 Teknik Penyajian Data.....	42
3.11.2 Teknik Analisa Data	43
3.12 Alur Penelitian	45
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Hasil	46
4.1.1 Gambaran Umum U.D Pakemsari	46
4.1.2 Pembuatan Karbon Aktif.....	47
4.1.1.1 Proses Pembuatan Karbon Aktif	48
4.1.1.2 Kualitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor.....	50
4.1.3 Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik yang Tidak di beri Perlakuan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor.....	52
4.1.4 Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik yang di beri Perlakuan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor pada kelompok Perlakuan X1, X2, X3	53
4.1.5 Hasil Uji Statistika Penambahan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor Terhadap Penurunan Kadar Kadmium (Cd) Limbah Cair Batik.....	56
4.2 Pembahasan	58
4.2.1 Pembuatan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor.....	58

4.2.2 Uji Kualitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor	59
4.2.3 Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik yang Tidak di berikan Perlakuan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor	62
4.2.4 Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik yang diberikan Perlakuan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor pada Kelompok Perlakuan X1	64
4.2.5 Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik yang diberikan Perlakuan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor pada Kelompok Perlakuan X2.....	65
4.2.5 Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik yang diberikan Perlakuan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor pada Kelompok Perlakuan X3.....	66
4.2.6 Perbedaan Penambahan Konsentrasi Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor Terhadap Penurunan Kadar Kadmium (Cd)	68
BAB 5. PENUTUP.....	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair	16
Tabel 3.1 Tata Letak RAL Penelitian	32
Tabel 4.1 Kualitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor.....	52
Tabel 4.2 Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik	54
Tabel 4.3 Hasil Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov Kadar Kadmium (Cd)	57
Tabel 4.4 Hasil Uji Kruskal Wallis Test.....	57
Tabel 4.5 Uji Perbandingan Kadar Cd Antar Kelompok Perlakuan	58

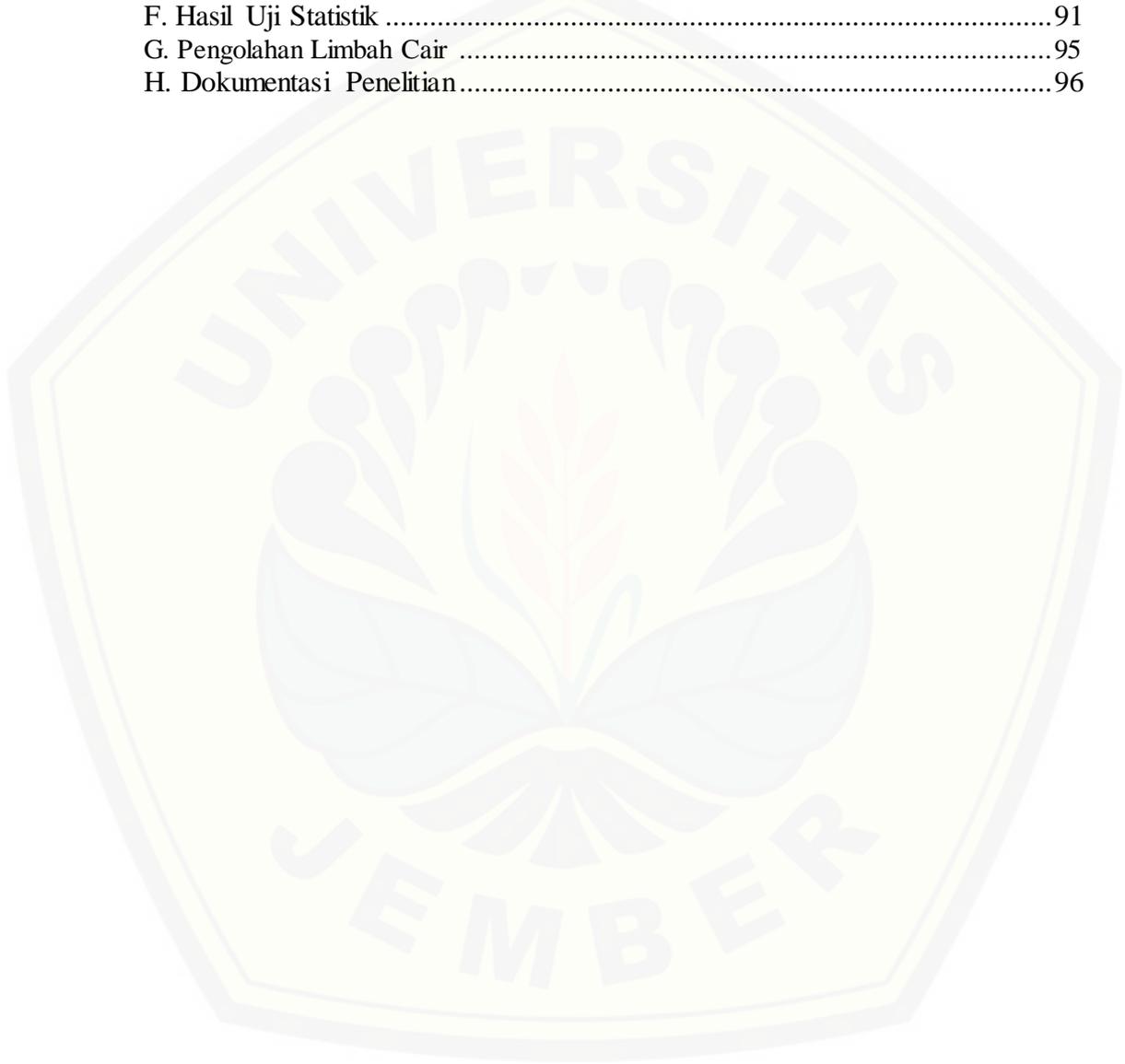


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Menggambar Motif.....	11
Gambar 2.2 Mencanting Malam.....	12
Gambar 2.3 Mewarnai Kain dengan Teknik Colet.....	13
Gambar 2.4 Melorotkan Malam.....	13
Gambar 2.5 Stuktur Umum Asan Amino.....	21
Gambar 2.6 Stuktur zat aktif 4-alfa-3-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate.....	22
Gambar 2.7 Kerangka Teori.....	27
Gambar 2.8 Kerangka konsep.....	28
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	31
Gambar 3.2 Teknik Pengambilan Sampel.....	34
Gambar 3.3 Kerangka Alur Prosedur Kerja Penelitian.....	41
Gambar 3.4 Alur Penelitian.....	45
Gambar 4.1 Kadar Cd pada Kelompok Kontrol.....	53
Gambar 4.2 Kadar Cd Setelah di Beri Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Gambar alur Perlakuan.....	83
B. Hasil Analisa Studi Pendahuluan.....	85
C. Surat Ijin penelitian	86
D. Hasil Analisa.....	88
E. Hasil Kualitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor	89
F. Hasil Uji Statistik	91
G. Pengolahan Limbah Cair	95
H. Dokumentasi Penelitian.....	96



DAFTAR SINGKATAN

UNESCO	= <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
RI	= Republik Indonesia
gr/ml	= Gram per mililiter
Cd	= Kadmium
ppm	= Part per milion
SNI	= Standart Nasional Indonesia
RAL	= Rancangan Acak Lengkap
SSA	= Spektometri Serapan Atom
pH	= <i>Potential of Hydrogen</i>
Pb	= Timbal
BOD	= <i>Biochemical Oxygen Demand</i>
COD	= <i>Chemical Oxygen Demand</i>
TSS	= <i>Total Suspended Solid</i>
UU	= Undang-undang
PP	= Peraturan Pemerintah
TPA	= Tempat Pembuangan Akhir
Hg	= Merkuri
As	= Arsen
Cr	= Kromium
Ni	= Nikel
cm	= Sentimeter
C	= Karbon
H	= Hidrogen
O	= Oksigen
GAC	= <i>Granular Activated Carbon</i>
PAC	= <i>Powdered Activated Carbon</i>
mg/g	= Miligram per gram
m	= Meter
N	= Normalitas

M	= Molaritas
V	= Volume
rpm	= Rotary per minute atau revolution per minute
HCl	= Asam Klorida
HNO ₃	= Asam Nitrat
MgCl ₂	= Magnesium Klorida
Ca(OH) ₂	= Kalsium Hidroksida
CaCl ₂	= Kalsium Klorida
Ca ₃ (PO) ₄	= kalsium Fosfat.
H ₃ PO ₄	= Asam Fosfat
ZnCl ₂	= Seng Klorida



DATAR NOTASI

%	= Persen
-	= Sampai dengan, kurang
/	= Atau, per
<	= Kurang dari
>	= Lebih dari
≥	= Lebih besar dari sama dengan
x	= Kali
→	= Menjadi
+	= Tambah
-	= Bagi, per
=	= Sama dengan
°C	= Derajat celsius
(= Buka kurung
)	= Tutup kurung

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batik merupakan karya budaya warisan nenek moyang. Batik mempunyai nilai seni yang sangat tinggi, dengan corak, serta tata warna yang khas milik suatu daerah yang menunjukkan identitas serta menggambarkan kekayaan yang dimiliki oleh bangsa Indonesia. Batik di Indonesia merupakan warisan budaya kemanusiaan dan nonbendawi yang sudah di akui oleh UNESCO sejak tanggal 2 Oktober 2009 (Lestari, 2012 : 01). Batik merupakan karya budaya bangsa Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi, karena menjadi sumber hidup bagi para pengrajinnya, membuka lapangan usaha, menambah devisa negara, dan mendukung kepariwisataan yang sangat potensial. hal tersebut membuat industri batik di Indonesia ini sangat berkembang. Maka tak heran apabila pemerintah menetapkan batik menjadi komoditi handal yang masuk menjadi salah satu dari bidang produksi kreatif (Media Industri, 2010; Kementerian perdagangan RI, 2012, 2013).

Data Kementerian Perindustrian menunjukkan jumlah unit usaha batik selama lima tahun sejak 2011 hingga 2015 tumbuh 14,7% dari 41.623 unit menjadi 47.755 unit (Rully, 2015:01). Menurut Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Jember pada tahun 2015 terdapat 8 industri batik di jember yang sudah memiliki ijin industri, ada pula home industri batik yang belum memiliki ijin industri salah satunya adalah UD. Pakem Sari yang berdiri mulai tahun 1935. Home industri ini setiap harinya dapat menghasilkan batik sebanyak 30 potong dengan jumlah pekerja sebanyak 25 orang, namun UD. Pakem Sari ini juga bisa menerima pesanan batik, apabila industri ini menerima pesanan bisa menyelesaikan batik sampai 100 potong per hari.

Dalam proses produksinya, industri batik banyak menggunakan bahan-bahan kimia dan air. 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. Proses

pembuatan batik melalui 3 tahapan, yaitu pemolaan, pewarnaan, pelepasan malam (lilin) pada kain (Gratha, 2012: 10-13). Karakteristik limbah batik meliputi: (i) karakteristik fisika yang terdiri atas warna, bau, zat padat tersuspensi, temperatur, dan (ii) karakteristik kimia yang terdiri atas bahan organik, anorganik, fenol, sulfur, pH, logam berat, senyawa racun (nitrit), dan gas (Muljadi, 2009 : 7-16). Industri batik ini merupakan industri yang paling banyak menggunakan air dalam proses produksinya sehingga air limbah yang dihasilkan juga banyak, limbah cair sisa pewarnaan dan limbah cair sisa pelepasan malam yang di panaskan dan mengandung bahan malam dan zat pewarna dari UD. Pakem Sari ini sangat pekat dan UD. Pakem Sari masih membuang langsung ke badan sungai, padahal Berdasarkan penelitian Hartanti (2011) kandungan dari limbah cair industri batik dilaporkan mengandung logam berat salah satunya adalah kadmium (Hartanti, 2011 : 25-30). Logam tersebut berasal dari zat pewarna (CrCl_3 atau chromium chloride, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ atau pottasium dichromate) maupun berasal dari zat mordan yaitu pengikat zat warna meliputi $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$ (Suharty, 1999 : 78).

Pencemaran logam berat masih banyak ditemukan dilingkungan, baik logam berat essensial maupun non essensial seperti timbal (Pb) dan Cadmiun (Cd) (Moelyaningrum & Pujiati, 2015 : 101-108). Kadmium (Cd) merupakan unsur kimia yang memiliki jumlah atom sebesar 48 dan terdiri dari 8 isotop. Logam berat ini berbetuk lunak, berwarna metal biru-putih. Logam berat kadmium ini juga masih banyak di temukan dalam lingkungan Kadmium terdapat pada cat, pigmen warna, pensil warna dan juga dapat digunakan ada industri tekstil (Dantje T, 2015 : 95). Berbagai organ tubuh dapat terpengaruh setelah paparan jangka panjang terhadap kadmium. keracunan kadmium kronis umumnya berupa kerusakan pada banyak sistem fisiologis tubuh. Sistem-sistem tubuh yang dapat dirusak oleh keracunan kronis logam kadmium adalah pada sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan/paru), sistem sirkulasi (darah), dan jantung, disamping itu semua keracunan kronis juga dapat merusak kelenjar reproduksi, sistem penciuman dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang. (Haryando, 2012:124). Kadmium masuk melalui saluran pencernaan sehingga menyebabkan mual, muntah, diare, sakit perut, dan tenesmus (rejan). Inhalasi Cd

menyebabkan demam, batuk, gelisah, sakit perut, sakit kepala (Palar, 2004:74). Hal tersebut sejalan dengan laporan data Puskesmas Sumberjambe tentang 10 kesakitan tertinggi di Kecamatan Sumberjambe bulan Januari-Juni tahun 2018 yaitu KIR sebanyak 863 Orang, infeksi akut lain pada saluran pernafasan sebanyak 837 orang, pemeriksaan kehamilan sebanyak 513 orang, hipertensi primer sebanyak 359 orang, kunjungan bayi sebanyak 325 orang, dispepsia sebanyak 305 orang, diare dan gastroenteritis sebanyak 299 orang, gastritis sebanyak 298 orang, nyeri kepala 291 orang, demam yang tidak diketahui sebabnya sebanyak 280 orang. Menurut data tersebut penyakit infeksi akut lain pada saluran pernafasan, dispepsia, diare dan gastroenteritis, gastritis dan nyeri kepala masuk dalam 10 penyakit tertinggi pada wilayah kecamatan Sumberjambe. Kadmium ini bersama dengan timbal dan merkuri bergabung sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia (Manahan, 2002:217). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 05 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya, khusus untuk kadar maksimum kandungan kadmium (Cd) sebesar 0,1 ppm.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilaksanakan pada tanggal 6 November 2017 industri UD. Pakem Sari setiap harinya dapat membuang limbah cair sebanyak 20 timba dengan volume satu timba yaitu 9 liter air limbah. Air limbah UD. Pakem Sari belum memiliki sistem pengolahan limbah yang baik dan memenuhi syarat. Limbah yang dihasilkan langsung dibuang di badan sungai tanpa melakukan pengelolaan terlebih dahulu. Limbah pewarna yang dibuang sembarangan dapat mencemari lingkungan. Limbah cair industri yang dibuang langsung ke badan-badan air utama tanpa diolah terlebih dahulu. Zat berbahaya yang digunakan terkadang dapat memasuki lingkungan sehingga mengakibatkan kerusakan pada ekosistem dan mencemari persediaan air minum, limbah cair seperti zat pewarna juga menjadi masalah khusus di beberapa negara (Palupi, 2000:34). Limbah cair batik yang dibuang sembarangan juga dapat merubah kualitas sungai itu sendiri seperti warna, bau dan rasa, hilangnya aktifitas biologi perairan, pencemaran tanah dan air tanah, serta perubahan fisik tumbuhan,

binatang dan manusia oleh zat kimia yang menjadi permasalahan ekologis akibat industri.

Sungai yang berada di belakang UD. Pakem Sari ini masih digunakan untuk aktivitas sehari-hari oleh beberapa orang seperti mencuci baju, mandi serta irigasi sawah yang berada di barat sekitar 100 m dari industri batik UD. Pakem Sari. Sehingga perlu adanya suatu upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut. Berdasarkan studi pendahuluan pada tanggal 14 November 2017, kadar Kadmium (Cd) dalam limbah cair batik yang diambil pada 1 bak sisa proses pelepasan malam sebanyak 100 ml di industri batik UD. Pakem Sari sebesar 1,93 ppm, untuk 100 ml dari 1 bak pewarnaan sebesar 3,5 ppm, dan untuk 100 ml dari 1 bak pencampuran limbah sisa pewarnaan dan pelepasan malam sebesar 2,10 ppm. Hal ini telah melebihi Baku Mutu Air Limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah kadar maksimum kandungan kadmium (Cd) sebesar 0,1 ppm. Pencemaran logam berat kadmium (Cd) pada air sungai akibat limbah cair batik ini perlu ditanggulangi demi mengurangi toksisitas terhadap kesehatan manusia. Salah satu alternatifnya yang dapat digunakan untuk melakukan pengolahan limbah cair batik adalah dengan metode adsorpsi.

Adsorpsi adalah proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fasa fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Adsorben yang paling banyak digunakan untuk menyerap logam berat adalah karbon aktif. Karbon aktif adalah suatu padatan berpori yang dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan suhu tinggi. Semakin luas permukaan Karbon aktif maka daya adsorpsinya semakin tinggi, Karbon aktif digunakan sebagai adsorben karena karbon aktif bersifat sangat aktif terhadap partikel yang kontak dengan karbon aktif tersebut. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki ruang pori yang sangat banyak dengan ukuran tertentu dapat menyerap partikel-partikel yang akan diserap (Irmanto dan Suyata, 2010:22-23). Bahan organik merupakan bahan yang terbukti dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat pada air limbah (Moelyaningum, 2018 : 265-276). Bahan baku yang berasal dari bahan organik dapat dibuat menjadi karbon aktif

karena bahan baku tersebut mengandung karbon salah satunya adalah serbuk biji kelor.

Kelor merupakan tumbuhan yang dapat tumbuh pada daerah tropis dan subtropis pada semua jenis tanah dan tahan terhadap musim kering dengan toleransi terhadap kekeringan sampai 6 bulan (Mendieta-Araica B, Spörndly E, Reyes- Sánchez N, Salmerón-Miranda F, Halling M., 2013). Kelor juga merupakan tumbuhan serbaguna karena dari semua bagian tumbuhan dapat dimanfaatkan (Duke, J.A. (1998), Sutherland, J.P). Salah satu bagian kelor yang dapat dimanfaatkan adalah biji kelor, berdasarkan hasil penelitian Tie a, J., Jianga, M., Lia, H., Zhanga, S., Zhangb, X (2015) menunjukkan bahwa biji kelor dapat berperan sebagai koagulan alami dalam mengatasi pencemaran air limbah oleh pewarna sintetis. Sebelumnya dilaporkan bahwa biji kelor merupakan bahan alami yang terbaik yang berperan penting dalam pengelolaan air untuk memperbaiki kualitas air, mereduksi logam berat, bakteri E. Coli, alga serta sebagai surfaktan (Anwar, F., dan Rashid, U., 2007 ; Pritchard, M., Craven, T., Mkandawire, T., Edmondson, A.S., O'Neill, J.G., 2010; Sharma, P., Kumari, P., Srivastava, M.M., Srivastava, S., 2007; Beltrán-Heredia, J., Sánchez-Martín, J., Barrado-Moreno, M.M., 2012).

Selama ini biji kelor belum dimanfaatkan dengan baik. Biji kelor yang sudah tua bagi orang awam tidak dimanfaatkan lagi tetapi ada pula yang memanfaatkan biji kelor tersebut sebagai benih yang di budidayakan menjadi tumbuhan kelor dengan tujuan untuk mendapatkan bibit yang unggul. Kelemahannya proses pembibitan ini membutuhkan waktu yang sangat lama dan kebanyakan masyarakat menanam tumbuhan kelor dengan cara stek, sehingga pemanfaatan biji kelor ini masih kurang di lingkungan masyarakat. Biji kelor juga memiliki kandungan protein kationik yang mengandung zat aktif 4-alfa-4-rhamon-siloxylbenzil- isothiocyanate. Zat aktif ini mampu mengkoagulasi dan menetralkan muatan negatif yang ada didalam air dengan mekanisme adsorpsi menggunakan serbuk biji kelor, serbuk biji kelor ini yang akan menarik logam berat yang bermuatan positif dalam air (Nand, V, Maata M, Koshy K, and Sotheeswaran S, 2012). Kabupaten Jember juga salah satu kabupaten yang

memiliki beberapa tempat yang memproduksi biji kelor kering. Biji kelor kering di kabupaten Jember bisa di dapatkan di wisata handicraft Tutul Balung Kabupaten Jember, toko online rumah herbal Jember, di Toko pertanian Desa Kesilir Wuluhan Kabupaten Jember.

Berdasarkan Penelitian Ulfiana (2016) biji kelor dapat menurunkan logam berat khususnya pada logam berat Pb dengan konsentrasi 20 gr/100 ml, 25 gr/ 100 ml, 30 gr/100 ml yang di ayak dengan ayakan berukuran 115 mesh dan dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 100 rpm selama 20 menit dan 30 menit . Biji kelor ini di ubah menjadi serbuk biji kelor sebagai media adsorbennya. Hasil yang di dapatkan dari penyerapan serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) serta waktu pemaparan yang optimal dalam menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) pada air limbah batik adalah sebesar 85% dengan konsentrasi 30 gram dan lama waktu pemaparan selama 20 menit, sehingga waktu 20 menit efektif digunakan untuk waktu kontak adsorben dengan adsorbat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak atau lama interaksi antara serbuk biji kelor dengan air maka jumlah ion logam yang terakumulasi juga semakin banyak, namun apabila waktu kontak atau waktu interaksi terlalu lama maka adsorben tersebut akan mencapai titik jenuh, sehingga dalam kondisi ini akan menyebabkan senyawa aktif pada serbuk biji kelor dan logam tidak stabil dan mengakibatkan logam yang telah terikat oleh protein biji kelor akan terlepas kembali.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Srivastava VCM and Mishra IM (2008) Logam yang akan paling banyak diserap dari penggunaan serbuk biji kelor yaitu Pb diikuti oleh Cd, karena ion timbal (Pb) memiliki radius terkecil dibandingkan dengan radius pada ion logam lainnya kemudian diikuti oleh Cd menuju ke permukaan dan pori-pori adsorben. Oleh karena itu untuk memaksimalkan hasil penyerapan terhadap logam kadmium maka serbuk biji kelor tersebut dirubah menjadi karbon aktif sehingga mempunyai pori yang sangat besar untuk menyerap logam pada limbah cair. Kemudian dilakukan pengayakan dengan ukuran 100 mesh. Menurut penelitian Baryatik (2016) Semakin besar besar ukuran mesh arang aktif maka logam berat yang teradsorpsi semakin

banyak, karena luas permukaan kontak antara adsorben dengan adsorbat semakin besar (Baryatik. P, Pujiati. R. S, Ellyke, 2016 : 04).

Penelitian yang dilakukan oleh M. Wendy (2011) dalam komparasi biji kelor berkulit dan biji kelor berkulit pada proses koagulasi flokulasi limbah cair batik pengadukan dilakukan dengan kecepatan 300 rpm, 400 rpm, dan 500 rpm. Kecepatan 400 rpm ini merupakan kecepatan yang berada pada kondisi yang tepat sehingga kontak antar partikel masih bisa berlangsung tanpa menimbulkan proses deflokulasi. Pengadukan yang terlalu lambat akan menyebabkan ion yang terdapat pada larutan tidak dapat bertumbukan dengan baik sehingga menyisakan partikel-partikel kecil yang masih mengapung bebas dan menambah nilai kekeruhan dengan hasil nilai kekeruhan terendah diantara ketiganya (M. Wendy, 2011 : 48). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan karbon aktif serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) sebanyak 20 gr/100 ml, 25 gr/ 100 ml, 30 gr/100 ml yang di ayakan dengan ayakan berukuran 100 mesh dan diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 400 rpm selama 20 menit untuk menurunkan kadar kadmium (Cd) pada limbah cair batik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “ Apakah Karbon Aktif serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) efektif digunakan sebagai adsorben logam berat kadmium (Cd) limbah cair batik yang diberikan perlakuan 20 gr/100 ml, 25 gr/ 100 ml, 30 gr/100 ml selama 20 menit ?”

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis efektivitas karbon aktif serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai penurunan kadar logam berat kadmium (Cd) dengan perlakuan 20 gr/100 ml, 25 gr/ 100 ml, 30 gr/100 ml selama 20 menit.

1.3.2 Tujuan Khusus

Penelitian ini memiliki tujuan khusus sebagai berikut :

- a. Mendeskripsikan proses pembuatan karbon aktif serbuk biji kelor
- b. Menganalisis penurunan kadar logam berat kadmium (Cd) limbah cair batik yang tidak diberikan perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor selama 20 menit.
- c. Menganalisis penurunan kadar logam berat kadmium (Cd) limbah cair batik yang di diberikan perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor sebanyak 20 gr/100 ml selama 20 menit .
- d. Menganalisis penurunan kadar logam berat kadmium (Cd) limbah cair batik yang di diberikan perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor sebnyak 25 gr/100 ml selama 20 menit.
- e. Menganalisis penurunan kadar logam berat kadmium (Cd) limbah cair batik yang di diberikan perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor sebanyak 30 gr/100 ml selama 20 menit.
- f. Menganalisis perbedaan penurunan kadar logam berat kadmium (Cd) limbah cair batik 20 gr/100 ml ,25 gr/100 ml, 30 gr/100 m yang diberikan perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor selama 20 menit.

1.4 Manfaat

1.4.1 Manfaat Teoritis

Dapat dijadikan sebagai bahan pengembangan ilmu dibidang kesehatan masyarakat khususnya pada bidang kesehatan lingkungan dalam pengelolaan limbah cair , khususnya untuk industri UD.Pakem Sari.

1.4.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini memiliki manfaat praktis sebagai berikut :

- a. Bagi Mahasiswa

Memberikan pengetahuan dan wawasan baru tentang pengelolaan limbah cair batik yang mengandung logam berat kadmium (Cd) dengan menggunakan karbon aktif serbuk biji kelor sebagai adsorbennya.

b. Bagi Fakultas

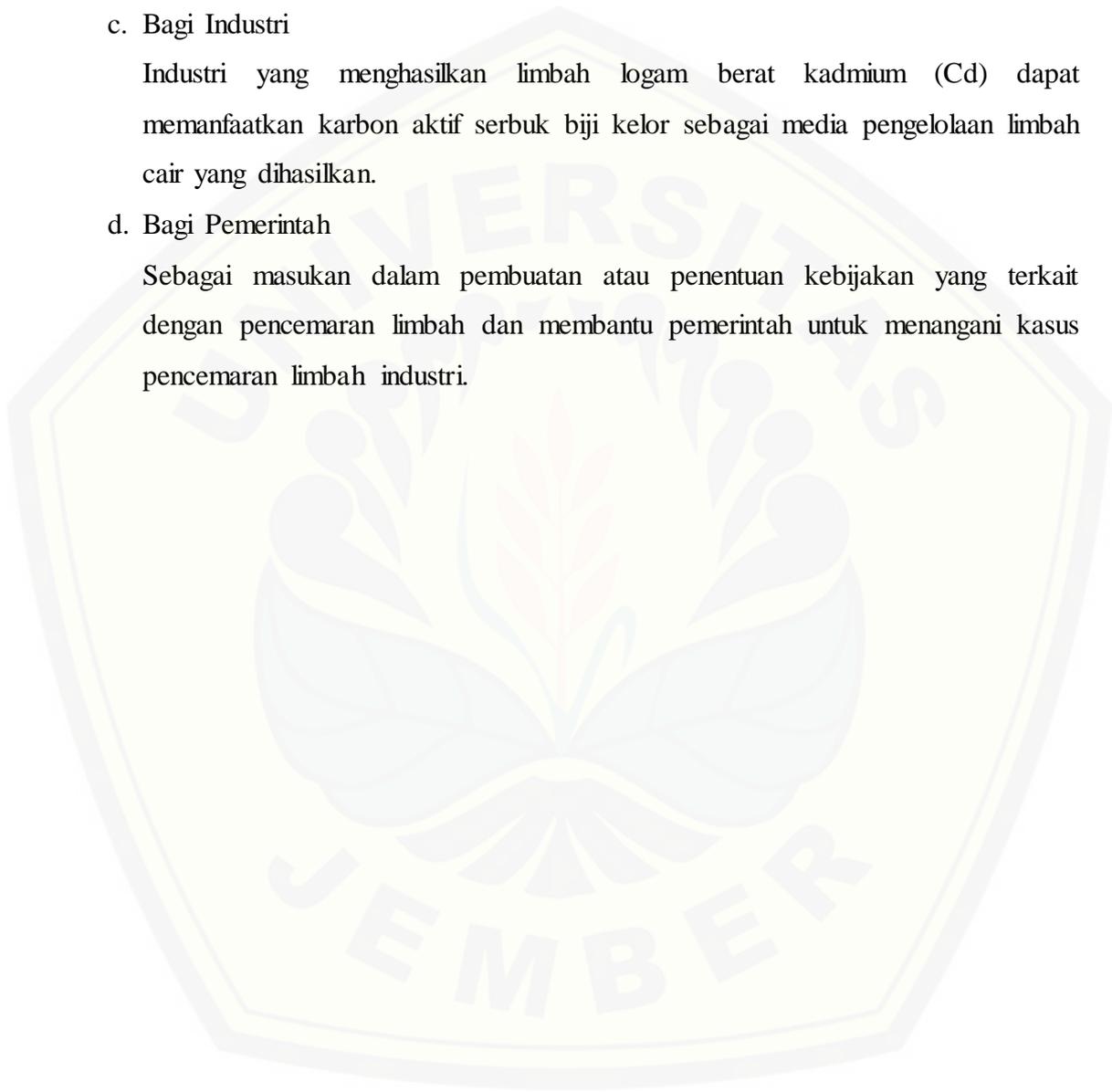
Dapat digunakan sebagai bahan bacaan terkait dengan pengelolaan limbah cair yang mengandung logam berat kadmium (Cd) dengan karbon aktif serbuk biji kelor.

c. Bagi Industri

Industri yang menghasilkan limbah logam berat kadmium (Cd) dapat memanfaatkan karbon aktif serbuk biji kelor sebagai media pengelolaan limbah cair yang dihasilkan.

d. Bagi Pemerintah

Sebagai masukan dalam pembuatan atau penentuan kebijakan yang terkait dengan pencemaran limbah dan membantu pemerintah untuk menangani kasus pencemaran limbah industri.





BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batik

2.1.1 Definisi Batik

Secara etimologi kata batik berasal dari bahasa Jawa, yaitu “tik” yang berarti titik yang kemudian menjadi istilah “batik” (Anas, 1997:14). Batik adalah cara pembuatan bahan sandang berupa tekstil yang bercorak pewarnaan dengan menggunakan lilin sebagai penutup untuk mengamankan warna dari perembesan warna lain didalam pencelupan (Murtihadi, 1979:3). Kain panjang batik dan sarung yang hingga kini masih digunakan oleh wanita maupun pria terutama di pedesaan dan telah berabad-abad lamanya menjadi bagian penting dalam khazanah busana melayu (van Roojen, 2001:9). Berdasarkan teknik pembuatannya batik dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu batik tulis, batik cap, dan batik sablon/printing. Batik tulis adalah kain yang dihiasi dengan tekstur dan corak batik menggunakan canting. Batik cap adalah kain yang dihiasi dengan tekstur dan corak batik yang dibentuk dengan cap (biasanya terbuat dari tembaga). Batik sablon/printing adalah batik yang proses pembuatannya dicetak melalui proses sablon, batik printing tidak dapat dikategorikan sebagai batik, karena tidak melalui teknik perintang warna. Batik print adalah tekstil yang menggunakan ragam hias batik (Gratha, 2012: 4).

2.1.2 Bahan yang digunakan untuk batik

Dalam proses pembuatan batik diperlukan beberapa bahan. Berikut bahan-bahan yang digunakan dalam membatik (Gratha, 2012: 5-6):

a. Kain

Kain yang digunakan dalam membatik adalah kain yang berasal dari serat alam seperti katun dan sutera, tanpa ada tambahan bahan sintetis. Adanya bahan sintetis mengakibatkan warna tidak dapat meresap ke dalam serat kain dan malam susah dihilangkan. Katun yang biasa digunakan adalah jenis primissima, prima dan berkolin. Kain belacu yang berbahan dasar katun dapat juga digunaka

b. Malam

Malam adalah lilin khusus yang digunakan untuk membatik. Terdiri atas campuran parafin, gonorukem (getah pinus), dan lemak hewan

c. Bahan pewarna

Bahan pewarna yang digunakan untuk batik adalah pewarnaan dingin, sehingga tidak semua jenis warna dapat digunakan. Pewarna sintetis yang umum digunakan adalah jenis naftol, indigosol, remazol, dan procion. Masing-masing pewarna memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Bahan pewarna alam biasanya berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti akar mengkudu, mangga, daun indigo/nila, kayu tinggi, dan lain-lain.

2.1.3 Proses Pembuatan Batik

Secara umum proses pembuatan batik melalui 3 tahapan, yaitu pemolaan, pewarnaan, pelepasan malam (lilin) pada kain. Berikut tahapan dalam membatik (Gratha, 2012: 10-13) :

a. Menggambar motif pada kain

Melakukan motif pada kain dapat dilakukan dengan menjiplak motif yang sudah ada dengan cara meletakkan gambar dibawah kain, lalu salin diatas kain. Selain itu juga dapat menggunakan meja kaca yang diberi lampu pada bagian bawahnya agar gambar terlihat jelas.



Gambar 2.1 Menggambar Motif (Sumber : Data Primer, 2018)

b. Mencanting

Mencanting dilakukan dengan cara menorehkan malam cair pada kain yang sudah digambar menggunakan canting. Canting diisi dengan malam cair hingga sepertiga bagian saja. Kemudian mulai mencanting dengan menorehkan cucuk canting pada kain mengikuti garis *outline* yang sudah ada. Setelah selesai membuat *outline*, bagian yang kosong harus diberi *isen-isen*, berupa titik-titik atau garis-garis. Setelah sisi bagian atas selesai dicanting, balik kain kemudian canting bagian bawah kain. Setelah proses mencanting selesai maka kain siap diwarnai.



Gambar 2.2 mencanting malam (Sumber : Anonim, 2018)

c. Mewarnai kain

Mewarnai kain dapat dilakukan dengan teknik celup dan colet (bahan pewarna langsung dikuas pada permukaan kain, seperti melukis). Pewarna yang digunakan pada umumnya adalah naftol, remazol, indigosol, dan procion. Proses mewarnai yaitu dengan cara merendam kain yang sudah selesai dicanting hingga merata ke dalam bak yang berisi air yang dicampur dengan deterjen, kemudian angin-anginkan hingga air berhenti menetes. Selanjutnya memasukkan kain ke dalam bak yang berisi larutan naftol sebagai dasar warna dengan cara digosok-gosok dengan tangan, kemudian angin-anginkan sampai air berhenti menetes. Selanjutnya kain dimasukkan ke dalam bak yang berisi larutan warna (formula untuk garam diazo) dengan cara digosok-gosok dengan tangan, kemudian diangin-

anginkan hingga air berhenti menetes. Pada proses tersebut akan terjadi perubahan warna sebagai akibat reaksi antara naftol dan garam diazo.



Gambar 2.3 Mewarnai kain dengan teknik colet (Sumber : Data Primer, 2018)

d. *Melorod* atau menghilangkan malam

Proses menghilangkan malam dilakukan setelah selesai proses mewarnai. Dalam keadaan basah kain direbus dalam air mendidih hingga semua malam lepas (selama 5 menit), namun tergantung banyaknya malam dan besarnya kain. Setelah di *lorod*, bilas kain di air yang bersih hingga residu malam tidak tersisa lagi, kemudian jemur di tempat teduh.



Gambar 2.4 Melorotkan malam (Sumber : Data Primer, 2018)

2.2 Limbah Cair

2.2.1 Definisi Limbah Cair

Limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat mencemari lingkungan. Mutu limbah cair adalah keadaan limbah cair yang dinyatakan dengan debit, kadar dan bahan pencemar. Debit maksimum adalah debit tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan (Suharto, 2011). Secara umum limbah cair dapat dibagi menjadi (Chandra, 2006:124-146):

a) *Human excreta* (ekskreta manusia)

Ekskreta manusia merupakan hasil akhir dari proses yang berlangsung dalam tubuh manusia yang menyebabkan pemisahan dan pembuangan zat-zat yang tidak dibutuhkan oleh tubuh. Zat-zat yang tidak dibutuhkan tersebut berbentuk tinja dan urin. Ekskreta manusia merupakan sumber infeksi dan salah satu penyebab terjadinya pencemaran tanah, pencemaran air, kontaminasi makanan, dan perkembangbiakan lalat. Penyakit yang ditimbulkan akibat pembuangan kotoran secara tidak baik diantaranya tifoid, paratifoid, disentri, diare, kolera, penyakit cacing, hepatitis viral, dan beberapa penyakit gastrointestinal lain.

b). *Sewage* (air limbah)

Air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri, dan tempat-tempat umum lainnya dan biasanya mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan. Air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain:

1) Rumah tangga

Air limbah rumah tangga sebagian besar mengandung bahan organik sehingga memudahkan dalam pengelolaannya. Contoh: air bekas cucian, air bekas memasak, air bekas mandi.

2) Perkotaan.

Contoh: air limbah dari perkantoran, perdagangan, selokan, dan dari tempat-tempat ibadah.

3) Industri

Limbah industri lebih sulit pengelolaannya dibandingkan limbah rumah tangga karena mengandung pelarut mineral, logam berat, dan zat-zat organik lain yang bersifat toksik. Contoh: air limbah dari pabrik baja, pabrik tinta, pabrik cat, dan pabrik karet.

c. *Industrial waste* (bahan buangan dari sisa proses industri)

Limbah industri (*industrial waste*) yang berbentuk cair dapat berasal dari pabrik yang biasanya banyak menggunakan air pada proses produksinya. Selain itu, limbah cair juga dapat berasal dari bahan baku yang mengandung air sehingga di dalam proses pengolahannya, air harus dibuang. Jenis-jenis industri yang menghasilkan limbah cair antara lain, industri *pulp* dan rayon, pengolahan *crumb rubber*, minyak kelapa sawit, baja dan besi, minyak goreng, kertas, tekstil, kaustik soda, elektroplating, *plywood*, tepung tapioka, pengalengan, pencelupan dan pewarnaan. Limbah cair industri mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya yang dikenal dengan sebutan B3 (bahan beracun dan berbahaya).

2.2.2 Karakteristik Limbah Cair Batik

Limbah cair batik adalah limbah cair yang berasal dari proses persiapan, proses pembatikan, proses pelepasan lilin, dan *finishing*. Limbah cair industri batik memiliki sifat dan komposisi yang kompleks, tergantung jenis serat yang diolah, macam proses Definisi Logam kadmium (Cd) serta bahan kimia yang digunakan. Secara umum limbah cair industri batik memiliki karakteristik berwarna, pH tinggi, kadar BOD, COD, suhu, padatan terlarut dan tersuspensi tinggi. Karakteristik limbah batik meliputi (Muljadi, 2009:7-16) :

- a. Karakteristik fisika, yang terdiri atas warna, bau, zat padat tersuspensi, temperatur
- b. Karakteristik kimia, yang terdiri atas bahan organik, anorganik, fenol, sulfur, pH, logam berat, senyawa racun (nitrit), dan gas

Menurut Agustina, T. E., Nurisman, E., Prasetyowati, Haryani, N (2011), karakteristik limbah cair industri batik cap tersaji dalam tabel berikut:

Tabel 2.1 karakteristik limbah cair

Parameter	Standar (mg/L)	Limbah industri batik (mg/L)
Ph	6-9	6
COD	150	4,230
Amoniak total	8	5,47
Fenol total	0,5	0,008
TSS	50	535
Sulfida	0,3	0,040
Krom total	1	0,1385
Besi	-	2,0587
Tembaga	-	0,2696
Seng	-	54,7175
Kadmium	-	0,0063
Timbal	-	0,2349

Sumber : Agutina, T. E., Nurisman, E., Prasetyowati, Haryani, N (2011)

2.3 Pencemaran Air

Pencemaran air mengacu pada definisi lingkungan hidup yang ditetapkan dalam UU tentang lingkungan hidup yaitu UU No.23/1997 dalam PP No.20/1990 tentang pengendalian pencemaran air, pencemaran air didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (pasal 1, angka 2).berdasarkan definisi pencemaran air, penyebab terjadinya pencearan berupa makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air sehingga kualitas air tercemar, pada praktinya masukkan tersebut berupa buangan yang bersifat rutin, misalnya membuang air limbah cair. Aspek pelaku atau penyebab dapat yang disebabkan oleh alam, atau oleh manusia (Arif,2010 : 221).

2.3.1 Sumber Pencemar

Banyak penyebab sumber pencemar air, tetapi secara umum dapat dikategorikan menjadi dua yaitu sumber kontaminan langsung dan tidak langsung.

Sumber langsung meliputi *efluen* yang keluar dari industri, TPA sampah, rumah tangga, dan sebagainya. Sumber tidak langsung ialah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah, atau atmosfer berupa hujan. Pada dasarnya sumber pencemaran air berasal dari industri, rumah tangga, pertanian (Arif, 2010 : 120).

2.4 Logam Berat

Logam secara khas merupakan suatu unsur konduktor listrik yang baik, mempunyai konduktivitas panas, rapatan, kemudahan ditempa, kekerasan, dan keelektropositifan yang tinggi (Miller dan Connell, 1995 :342). Komponen-komponen organik seperti berbagai logam berat berbahaya sering mencemari air. industri memproduksi logam berat secara rutin untuk keperluan manusia. Industri logam berat wajib mendapatkan pengawasan yang ketat sehingga tidak merugikan lingkungan (Fardiaz, 1992: 48) logam berat yang mencemari lingkungan adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenic (As), kadmium (Cd). khromium (Cr), dan nikel (Ni). Beberapa logam berat dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan menetap dalam waktu yang lama (Fardiaz, 1992 : 48).

2.4.1 Logam Berat Kadmium (Cd)

Logam kadmium (Cd) mempunyai sifat fisik dan kimia tersendiri berdasarkan pada sifat-sifat fisiknya, kadmium (Cd) merupakan logam yang lunak, ductile, berwarna putih seperti putih perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya apabila berada dalam udara yang basah atau lembab serta akan cepat mengalami kerusakan apabila dikenai oleh uap amonia dan sulfur hidroksida. Sedangkan berdasarkan pada sifat-sifat kimianya logam kadmium di dalam persenyawaan yang dibentuk pada umumnya mempunyai bilangan valensi 2+, sangat sedikit mempunyai valensi 1+ (Haryando, 2012 : 116). Logam kadmium (Cd) sangat banyak digunakan semenjak tahun 1950 dan total produksi dunia adalah sekitar 15.000-18.000 per tahun. Prinsip dasar atau prinsip utama dalam penggunaan kadmium adalah sebagai bahan ‘stabilisasi’ sebagai bahan pewarna dalam industri plastik dan elektroplating. (Haryando, 2012 : 117). Kadmium juga banyak digunakan dalam industri-industri ringan seperti pada proses pengolahan

roti, pengolahan ikan, pengolahan minuman dan industri tekstil (Haryando, 2012 : 118)

2.4.2 Pencemaran Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Kadmium murni berupa logam berwarna putih perak dan lunak, namun bentuk ini tak lazim di temukan di lingkungan. Umumnya kadmium terdapat dalam kombinasi dengan unsur lain, misalnya dengan oksigen (kadmium oksida) klorin (kadmium khlorida), atau dengan belerang menjadi (kadmium sulfida). Kebanyakan kadmium (Cd) merupakan produk samping dari pengecoan seng, timah, atau tembaga. Kadmium banyak digunakan dalam berbagai industri, terutama plating logam, pigmen, baterai, dan plastik. (Sudarmadji, 2004:137). Logam kadmium (Cd) dan bermacam-macam bentuk persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan, terutama sekali merupakan efek samping dari aktivitas yang dilakukan manusia. Semua aktivitas industri yang melibatkan kadmium dalam proses operasionalnya menjadi sumber pencemar kadmium. Logam kadmium membawa sifat racun yang sangat merugikan bagi semua organisme (Haryando, 2012 : 118). Kadmium ini bersama dengan timbal dan merkuri bergabung sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia (Manahan, 2002:217)

2.4.3 Efek Toksik Kadmium (Cd)

Logam kadmium (Cd) diduga merupakan salah satu penyebab dari timbulnya kanker pada manusia. karena itu, loga ini diduga pula sebagai bahan karsinogen yang berarti dapat menimbulkan penyakit kanker (Haryando, 2012 : 127). Logam kadmium (Cd) yang masuk ke dalam tubuh ikut mengalami proses fisiologis yaang terjadi dalam tubuh. Secara umum proses fisiologis tubuh lebih dikenal dengan istilah metabolisme tubuh (Haryando, 2012 : 128). Pencemaran kadmium dalam lingkungan dapat menyebabkan keracunan kadmium. Keracunan ini bisa secara akut dan kronis. Keracunan yang akut terjadi apabila pekerja terus mengalami paparan. Sedangkan keracunan yang sifat kronis disebabkan oleh daya racun yang dibawa oleh logam kadmium terjadi dalam selang waktu yang sangat

panjang. Peristiwa ini terjadi karena logam kadmium yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang kecil, sehingga dapat ditolerir oleh tubuh akan tetapi, karena proses kemasukkan itu terus menerus secara berkelanjutan, maka tubuh pada batas akhir tidak mampu memberikan toleransi terhadap daya racun yang di bawa oleh kadmium. Keracunan secara kronis ini membawa akibat yang lebih buruk dan penderitaan yang lebih menakutkan bila dibandingkan dengan keracunan akut (Haryando, 2012 : 123). Pada keracunan kadmium kronis umumnya berupa kerusakan pada banyak sistem fisiologis tubuh. Sistem-sistem tubuh yang dapat dirusak oleh keracunan kronis logam kadmium adalah pada sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan/paru), sistem sirkulasi (darah), dan jantung, disamping itu semua keracunan kronis juga dapat merusak kelenjar reproduksi, sistem penciuman dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Haryando, 2012 :124).

2.5 Biji Kelor (*Moringa oleifera*)

2.5.1 Klasifikasi Kelor (*Moringa oleifera*)

Menurut (Nurcahyati, 2014 : 18) Klasifikasi kelor (*Moringa oleifera*) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)
Sub Kelas	: Dilleniidae
Ordo	: Capparales
Famili	: Moringaceae
Genus	: Moringa
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i> Lam

2.5.2 Morfologi Kelor (*Moringa oleifera*)

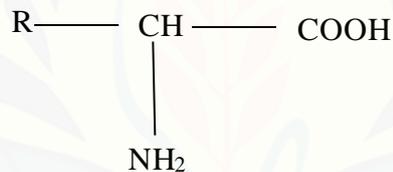
Tanaman kelor adalah tanaman perdu dengan tinggi sampai 10 meter, berbatang lunak dan rapuh, dengan Daun sebesar ujung jari berbentuk bulat telur dan tersusun majemuk. Tanaman ini berbunga sepanjang tahun berwarna putih, buah berisi segitiga dengan panjang sekitar 30 cm, tumbuh subur mulai dari daratan rendah sampai ketinggian 700 m di atas permukaan laut (Nurcahyati, 2014 : 10). Kelor (*Moringa oleifera*) tumbuh dalam bentuk poho, berumur panjang (perennial) dengan tinggi 7-12 m. Batang berkayu (lingnosus, tegak, berwarna putih kotor, kulit tipis, permukaan kasar, percabangan simpodial, arah cabang tegak atau miring, cenderung tumbuh lurus dan memanjang. Daun majemuk, bertangkai panjang, tersusun berseling (*alternate*), beranak daun gasal (*imparipinnatus*), helai daun saat muda berwarna hijau tua dan setelah dewasa hijau tua, bentuk helai daun bulat telur, panjang 1-2 cm, lebar 1-2 cm, tipis lemas, ujung pangkal tumpul (*obtusus*), tepi rata, susunan pertulangan menyirip (*pinnate*), permukaan atas dan bawah halus. Bunga muncul di ketiak daun (*axillaris*), bertangkai panjang, kelopak berwarna putih agak krem, menebar aroma khas. Buah kelor berbentuk panjang persegi tiga, panjang 20-60 cm, buah muda berwarna hijau dan setelah tua menjadi coklat, bentuk biji bulat berwarna coklat kehitaman, berbuah setelah berumur 12-18 bulan (Nurcahyati, 2014 : 20).

2.5.3 Kandungan Kimia Biji Kelor (*Moringa oleifera*)

Menurut penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa serbuk biji kelor merupakan bahan alami yang dapat membersihkan cemaran pada limbah cair yang relatif sama efektifnya jika dilakukan dengan cara pembersihan menggunakan bahan kimia. Serbuk biji kelor juga memiliki kandungan protein kationik yang mengandung zat aktif 4-alfa-4-rhamon-siloxylbenzil-isothiocyanate. Zat aktif ini mampu mengkoagulasi dan menetralsasi muatan negatif yang ada didalam air dengan mekanisme adsorpsi menggunakan serbuk biji kelor, serbuk biji kelor ini yang akan menarik logam berat yang bermuatan positif dalam air (Nand, V. Maata, M. Koshy K. Sotheeswaranet, 2012 : 4).

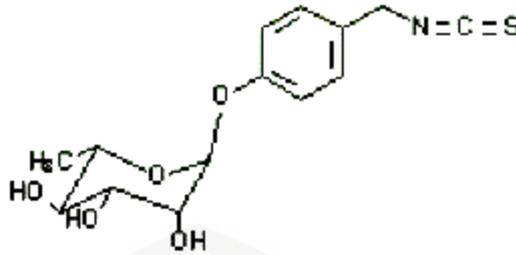
2.5.4 Biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai koagulan

Biji kelor memiliki kandungan protein cukup tinggi sekitar 2,5 gram. protein tersusun lebih dari ratusan asam amino yang berikatan satu sama lain membentuk ikatan peptida. Asam amino merupakan bagian stuktur protein dan banyak menemukan sifatnya yang penting. Asam amino dalam larutan netral, selalu membentuk ion di kutub atau disebut ion *zwitter* (Winarno, 2002 : 53) Asam amino di temukan pada protein mempunyai ciri yang sama, yaitu adanya gugus karboksil dan gugus amina yang diikat pada atom karbon yang sama. Asam amino yang ada dala protein memiliki perbedaan pada rantai sampingnya atau gugus alkil (R-) yang bervariasi dalam stuktur. Berdasarkan gugus alkil yang dimiliki terdapat empat golongan asam amino yatu golongan alkil nonpolar, alkil polar tetapi tidak bermuatan, alkil bermuatan negatif, dan alkil bermuatan positif (Lehninger, 1982:108).



Gambar 2.5 Stuktur Umum Asam Amino (Lehninger, 1982:108)

Protein merupakan poliasam amino yang banyak memiliki gugus fungsional disamping gugus utamanya. Keberadaan gugus asam amino diperkirakan mampu mengikat ion logam Cd di dalam larutannya melalui proses koagulasi. Kemampuan biji kelor dalam mengkoagulasi Cd terjadi melalui mekanisme pembentukan ikatan antara asam lewis dari protein dengan Cd yang bersifat lewis dan juga adanya kandungan zat aktif 4-alfa-3-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate, zat aktif ini merupakan zat yang mampu mengumpalka dan sekaligus menetralkan tegangan permukaan dari partikel-partikel limbah. Gambar stuktur dari kandungan aktf dalam biji kelor adalah sebagai berikut (Fahey, 2005:5).



Gambar 2.6 Struktur zat aktif 4-alfa-3-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate

2.6 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang mempunyai luas permukaan yang sangat besar yaitu 300 sampai 2000 m²/gr. Luas permukaan yang sangat besar ini disebabkan karena mempunyai struktur pori-pori. Pori-pori inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap. Karbon aktif disusun oleh atom-atom karbon yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi yang hexagonal. Kemampuan karbon aktif mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H, dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsional (Dahlan, 2013 :45).

Secara garis besar, ada 3 tahap pembuatan karbon aktif, yaitu :

1. Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung di dalam bahan baku. Caranya yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari atau pemanasan di dalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Dari proses dehidrasi ini, diperoleh bahan baku yang kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam bahan baku semakin sedikit.

2. Proses Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan di dalam *furnace*. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk methanol, uap asam asetat, tar-tar dan hidrokarbon. Material padat yang tinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit (Cheresmisinoff,1993).

3. Proses Aktifasi

Aktifasi arang berarti penghilangan zat – zat yang menutupi pori – pori pada permukaan arang. Hidrokarbon pada permukaan arang dapat dihilangkan melalui proses oksidasi menggunakan oksidator yang sangat lemah (CO_2 dan uap air) agar atom karbon yang lain tidak turut teroksidasi. Selain itu dapat juga dilakukan proses dehidrasi dengan garam-garam seperti ZnCl_2 atau CaCl_2 . Unsur mineral akan masuk di antara plat-plat heksagonal dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup, sehingga jumlah permukaan karbon aktif bertambah besar.

Aktifator adalah zat atau senyawa kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif dan zat ini akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktifator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi menjadi lepas. Selanjutnya zat aktifator tersebut akan memasuki pori dan membuka permukaan arang yang tertutup. Dengan demikian pada saat dilakukan pemanasan, senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya .

Menurut Kirk and Othmer (1978), bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif di antaranya CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl , MgCl_2 , HNO_3 , HCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, H_3PO_4 , ZnCl_2 , dan sebagainya. Semua bahan aktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air.

2.7 Adsorpsi

2.7.1 Definisi Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses mengumpulkan benda-benda terlarut yang terdapat dalam larutan antara dua permukaan. Dua permukaan dapat antara zat cair dan gas atau zat padat dan zat yang kental (Sugiharto, 1987: 123). Proses adsorpsi dapat terjadi pada seluruh permukaan benda terutama bahan padat menyerap partikel yang berada di air limbah. Bahan yang akan diserap disebut sebagai adsorbat atau *solute*, sedangkan bahan yang akan menyerap disebut sebagai adsorben

(Sugiharto, 1987 :124). Faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi antara lain massa adsorben, massa adsorbat, tegangan permukaan, luas permukaan, ukuran pori, komposisi kimia, Ph, waktu (Ngandayani, 2011; Pohan dan Tjiptahadi dalam Ngandayani 2011; Windra, 2011)

2.7.2 Proses Adsorpsi

Salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah adsorpsi. Adsorpsi adalah proses fisik atau kimia dimana senyawa berakumulasi di permukaan (*interface*) antar dua fase. *Interface* merupakan suatu lapisan yang homogen antara dua permukaan yang saling berkontak. Substansi yang diserap disebut adsorbat sedangkan material yang berfungsi sebagai penyerap disebut adsorben. Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi yaitu :

1. Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan interface. yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben atau eksternal.
2. Molekul adsorben dipindahkan dari permukaan ke permukaan luar dari adsorben (*exterior surface*).
3. Molekul-molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan luar adsorben menyebar menuju pori-pori adsorben. Fase ini disebut dengan difusi pori.
4. Molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben.

Umumnya adsorpsi ion logam dari larutan ke permukaan adsorben merupakan adsorpsi fisik dimana gaya yang bekerja antar logam berat dari permukaan karbon aktif adalah gaya Van der Waals dimana tidak terjadi reaksi kimia atau pengikatan secara ionik logam dengan adsorben. Menurut Mufrodi dkk (2008: 91), ada dua metode adsorpsi yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Perbedaan dasar antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia adalah sifat dari gaya-gaya yang menyebabkan ikatan adsorpsi tersebut.

1. Adsorpsi fisika

Ikatan Van der Waals *reversible* karena proses penyerapan dapat lepas kembali ke dalam pelarut, kalor adsorpsi kecil yaitu 5-10 kkal/mol, kecepatan

pembentukan ikatan cukup tinggi, regenerasi dapat dilakukan, terjadi pada suhu rendah, makin tinggi suhu tingkat penyerapan semakin kecil.

2. Adsorpsi kimia

Ikatan kimia *irreversible*, karena proses penyerapan tidak dapat dilepas kembali ke dalam pelarut, kalor adsorpsi besar yaitu 10-100 kkal/mol, kecepatan pembentukan ikatan bisa lambat bisa cepat, tergantung besarnya energi aktivasi. Regenerasi tidak dapat dilakukan dan terjadi pada suhu tinggi, makin tinggi suhu tingkat penyerapan semakin besar. Proses biosorpsi logam berat dengan adsorben merupakan proses yang kompleks dan mekanismenya bisa bervariasi tergantung bahan baku adsorbennya. Atom pada permukaan zat padat seperti karbon aktif memiliki gaya tidak seimbang dibandingkan dengan susunan atom pada zat padat secara umum, sehingga untuk memenuhi ketidakseimbangan permukaan karbon aktif akan menarik molekul asing. Adsorbat (ion logam) membentuk sebuah lapisan tunggal (*monolayer*) pada permukaan adsorban. Ion logam berdifusi menuju pori-pori karbon aktif karena adanya perbedaan konsentrasi adsorbat yang terdapat pada larutan dengan pori-pori karbon (Manocha, 2003:335-348). Bila didasarkan pada metabolisme sel, maka mekanismenya dapat dibagi menjadi adsorpsi yang tergantung pada metabolisme sel dan yang tidak tergantung pada metabolisme sel. Bila bahan baku biosorpsi adalah dari limbah pertanian, maka mekanisme yang mungkin adalah yang tidak tergantung pada metabolisme sel. Mekanisme biosorpsi pada bahan-bahan ini umumnya didasarkan pada interaksi kimia fisika antara ionlogam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan sel. Interaksi tersebut dapat berupa interaksi elektrostatik, *ion exchange* maupun pembentukan kompleks chelat. Sementara proses biosorpsi sendiri dapat dibagi dalam dua proses utama yaitu adsorpsi ion pada permukaan sel serta bioakumulasi sel adsorben (Kurniasari dkk, 2012:3).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi (Prawira, 2008):

a) *Agitation* (pengadukan)

Tingkat adsorpsi dikontrol baik oleh difusi film maupun difusi pori, tergantung pada tingkat pengadukan pada sistem.

b) Karakteristik adsorban (karbon aktif)

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan karakteristik penting karbon aktif sesuai dengan fungsinya sebagai adsorban. Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat adsorbs, tingkat adsorpsi naik dengan adanya penurunan ukuran partikel. Oleh karena itu adsorpsi menggunakan karbon PAC (*Powdered Activated Carbon*) lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan karbon GAC (*Granular Activated Carbon*). Kapasitas total adsorpsi karbon tergantung pada luas permukaannya. Ukuran partikel karbon tidak mempengaruhi luas permukaannya. Oleh sebab itu GAC (*Granular Activated Carbon*) atau PAC (*Powdered Activated Carbon*) dengan berat yang sama memiliki kapasitas adsorpsi yang sama.

c) Kelarutan adsorbat

Senyawa terlarut memiliki gaya tarik-menarik yang kuat terhadap pelarutnya sehingga lebih sulit diadsorpsi dibandingkan senyawa tidak larut.

d) Ukuran molekul adsorbat

Tingkat adsorpsi pada *aliphatic*, *aldehyde*, atau alkohol biasanya naik diikuti dengan kenaikan ukuran molekul. Hal ini dapat dijelaskan dengan kenyataan bahwa gaya tarik antara karbon dan molekul akan semakin besar ketika ukuran molekul semakin mendekati ukuran pori karbon. Tingkat adsorpsi tertinggi terjadi jika pori karbon cukup besar untuk dilewati oleh molekul.

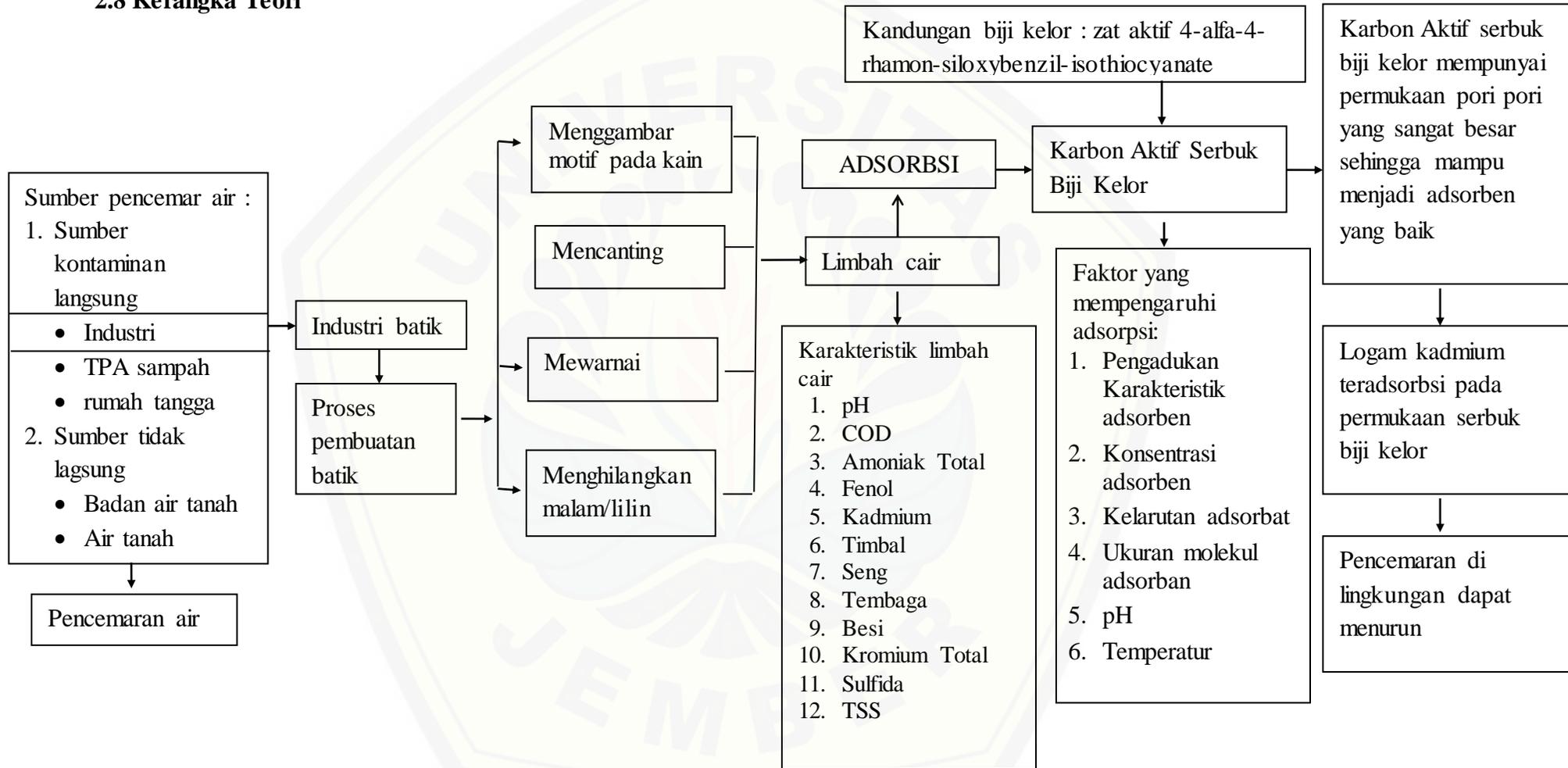
e) pH

Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.

f) Temperatur

Tingkat adsorpsi naik diikuti dengan kenaikan temperatur dan turun diikuti dengan penurunan temperatur.

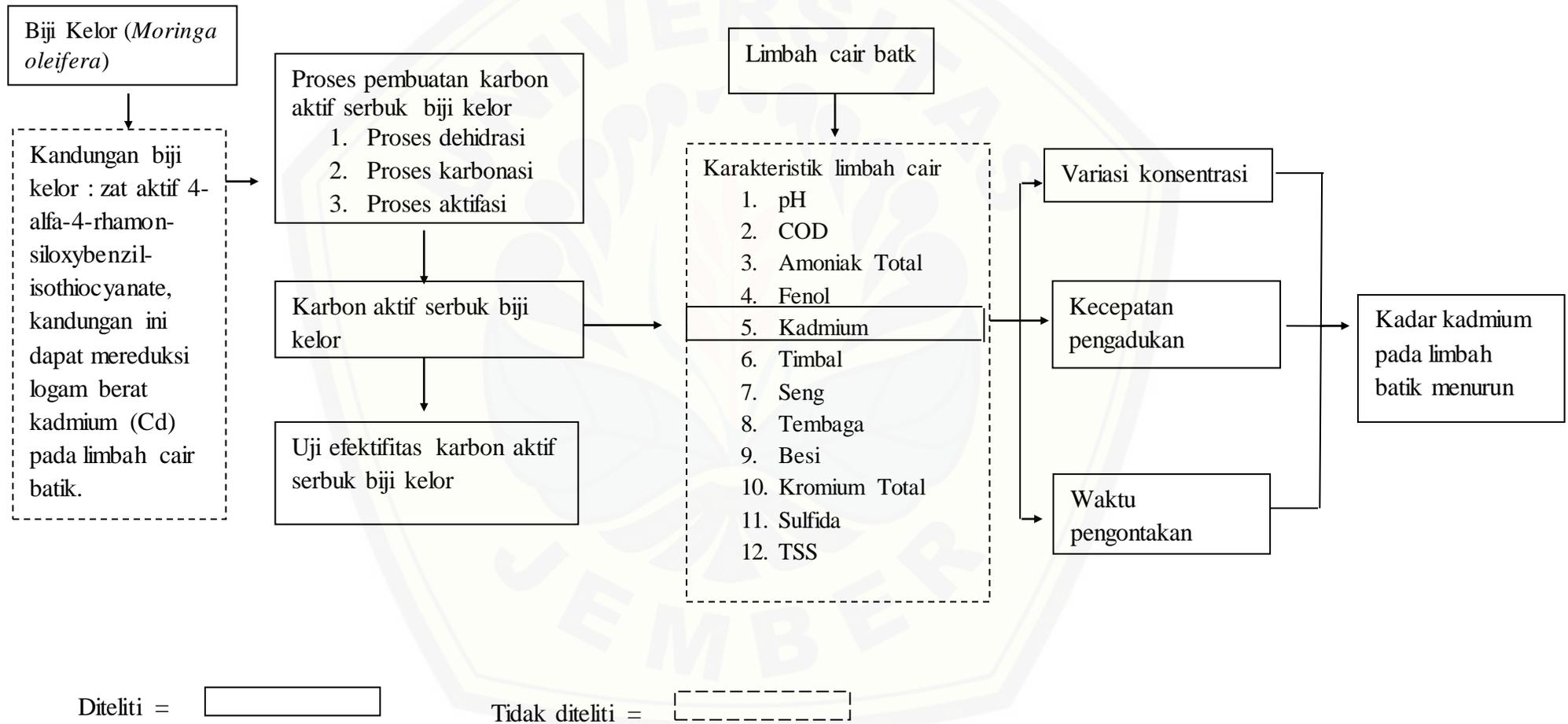
2.8 Kerangka Teori



Gambar 2.7 Kerangka Teori

Sumber : Dr.H. Arif Sumantri (2010), Gratha, (2012), Agustina El. A (2011), Prawira (2008), Nand, et al. (2012), Dahlan (2013)

2.9 Kerangka Konsep



Gambar 2.8 Kerangka Konsep



Berbagai aktivitas industri yang ada saat ini mengakibatkan banyaknya limbah yang dibuang ke lingkungan. Limbah tersebut utamanya adalah limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang berdampak pada kesehatan manusia (Hasrianti, 2012 dalam Imtisal, 2015:26). Penelitian ini mencoba menerapkan sebuah teknologi pengolahan pada limbah cair menggunakan metode adsorpsi dengan pemanfaatan biji kelor sebagai media adsorben. Biji kelor sebagai media adsorben dibuat menjadi serbuk kemudian dilakukan aktivasi secara termal yang bertujuan untuk memperbesar pori dan permukaan zat. Menurut teori tumbukan, semakin besar permukaan zat yang bersentuhan dengan partikel lain, peluang terjadinya reaksi adsorpsi semakin banyak.

2.10 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan latar belakang, tinjauan pustaka, dan kerangka konseptual, hipotesis penelitian ini adalah:

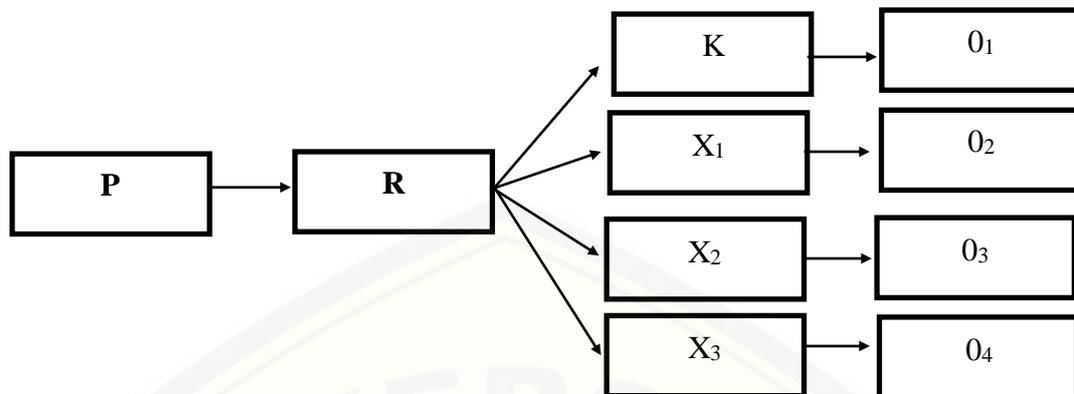
- a. Mendeskripsikan proses pembuatan karbon aktif serbuk biji kelor melalui proses dehidrasi, karbonasi dan aktivasi.
- b. Terdapat perbedaan kadar kadmium (Cd) pada kelompok yang tidak diberikan perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor yang diaduk selama 20 menit.
- c. Terdapat perbedaan kadar kadmium (Cd) pada kelompok perlakuan pertama dengan limbah cair batik yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi karbon aktif serbuk biji kelor 20 gr/100 ml dan diaduk selama 20 menit.
- d. Terdapat perbedaan kadar kadmium (Cd) pada kelompok perlakuan kedua dengan limbah cair batik yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi karbon aktif serbuk biji kelor 25 gr/100 ml dan diaduk selama 20 menit.
- e. Terdapat perbedaan kadar kadmium (Cd) pada kelompok perlakuan ketiga dengan limbah cair batik yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi karbon aktif serbuk biji kelor 30 gr/100 ml dan diaduk selama 20 menit.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah *True Experiment* dengan desain *Posttest only control Group* yaitu eksperimen yang tidak melakukan pretest melainkan hanya posttest saja. Pengukuran pengaruh perlakuan (intervensi) dilakukan dengan cara membandingkan kelompok yang diberi perlakuan dan tidak diberi perlakuan (Notoatmodjo, 2012 : 60). Ciri utama dari *true experimental* adalah bahwa sampel yang digunakan untuk eksperimen maupun sebagai kelompok kontrol diambil secara random dari populasi tertentu (Notoatmodjo, 2005:167).

Pada desain penelitian ini terdapat empat kelompok yang masing-masing dipilih secara random (R), Yaitu kelompok yang tidak diberi karbon aktif serbuk biji kelor disebut dengan kelompok kontrol (K), kelompok yang diberi perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor 20 gr/100 ml (X_1), 25 gr/ 100 ml (X_2), 30 gr/ 100 ml (X_3). konsentrasi tersebut didapatkan pada penelitian sebelumnya (Ulfiana, 2016). Waktu pengamatan selama 20 menit dilakukan pada penelitian sebelumnya. Setelah pemberian perlakuan (X_1 , X_2 , dan X_3) dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 400 rpm karena kecepatan 400 rpm ini merupakan kecepatan yang berada pada kondisi yang tepat sehingga kontak antar partikel masih bisa berlangsung tanpa menimbulkan proses deflokulasi (M. Wendy, 2011 : 48), dengan kontak waktu selama 20 menit, limbah cair kemudian diperiksa kadar kadmium (Cd) dengan menggunakan *Spektometri Serapan Atom* (SSA).



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Keterangan :

P : Populasi

R : Random

K : Perlakuan tanpa penambahan serbuk biji kelor

X₁ : Perlakuan dengan penambahan 20 gr/100 ml karbon aktif serbuk biji kelor

X₂ : Perlakuan dengan penambahan 25 gr/100 ml karbon aktif serbuk biji kelor

X₃ : Perlakuan dengan penambahan 30 gr/100 ml karbon aktif serbuk biji kelor

O : Observasi

Penentuan banyaknya pengulangan untuk setiap perlakuan yang akan dilakukan dalam penelitian ini diperoleh berdasarkan rumus pengulangan untuk desain RAL (Rancangan Acak Lengkap) yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut (hanafiah, 2005:12)

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

$$(4-1)(r-1) \geq 15$$

$$3r-3 \geq 15$$

$$3r \geq 18$$

$$r \geq 6$$

keterangan :

t : perlakuan/ *treatment*, yaitu = 4

r : pengulangan / replikasi

15 : faktor nilai derajat kesehatan

Diketahui nilai r adalah 6, maka perlakuan dilakukan pengulangan/replikasi sebanyak enam kali, sehingga jumlah sampel yang dibutuhkan dalam pengulangan/ replikasi ditetapkan dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Total replikasi} &= n \times t \\ &= 6 \times 4 \\ &= 24 \end{aligned}$$

Jumlah pengulangan/replikasi dari empat perlakuan adalah 24 pengulangan/replikasi. Jadi, jumlah sampel yaitu 24.

Tabel 3.1 Tata Letak RAL Penelitian

Kontrol	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3
0 gr/100 ml	20 gr/ 100 ml	25 gr/ 100 ml	30 gr/ 100 ml
K1	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₁
K2	X ₁₂	X ₂₂	X ₃₂
K3	X ₁₃	X ₂₃	X ₃₃
K4	X ₁₄	X ₂₄	X ₃₄
K5	X ₁₅	X ₂₅	X ₃₅
K6	X ₁₆	X ₂₆	X ₃₆

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat yaitu untuk karbonisasi biji kelor dilakukan di Laboratorium Terapan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, pembuatan karbon aktif serbuk biji kelor dan pengontakan karbon aktif serbuk biji kelor ke dalam limbah cair batik sampai pada pengujian kadar Cd pada sampel dilakukan Laboratorium Fisik Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2017- Selesai

3.3 Objek Dan Teknik Pengambilan Objek Penelitian

3.3.1 Objek Penelitian

3.3.1.1 Populasi Penelitian

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek atau subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang telah ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2009 : 80). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh limbah cair batik produksi rata-rata yang dihasilkan dari proses pencelupan pada proses pelepasan lilin di industri batik UD. Pakem Sari, Desa Sumberpakem, Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember.

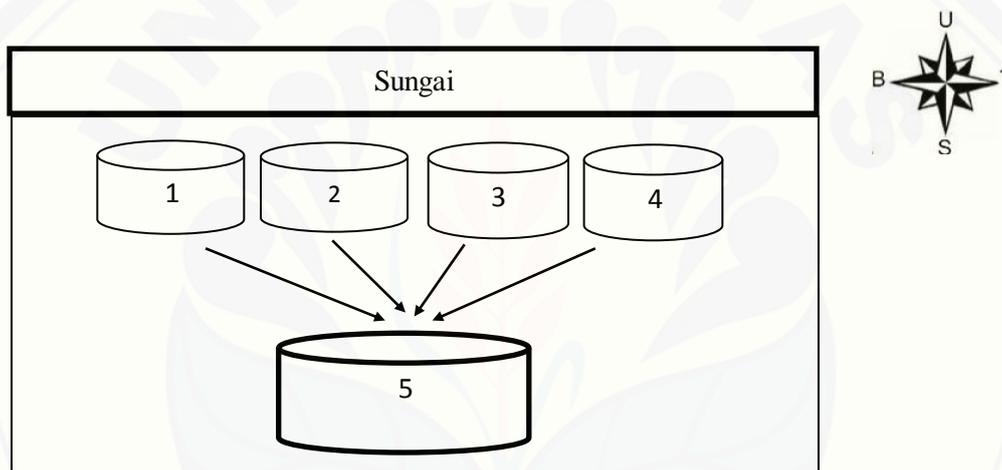
3.3.1.2 Sampel Penelitian

Sampel adalah sebagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi (Sugiyono, 2009:81). Sampel dalam penelitian ini adalah limbah cair batik sebanyak 24 sampel yang dibagi menjadi empat kelompok, yaitu kelompok kontrol (K) dan tiga kelompok perlakuan (X_1 , X_2 , dan X_3). Kelompok pertama yaitu limbah cair batik tanpa perlakuan yang disebut kelompok kontrol (K) sebanyak 6 sampel, kelompok kedua yaitu limbah cair batik diberi perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor 20gr/100 ml (X_1) sebanyak 6 sampel, kelompok ketiga yaitu limbah cair batik diberi perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor 25 gr/100 ml (X_2) sebanyak 6 sampel, dan kelompok ke empat yaitu limbah cair batik diberi perlakuan karbon aktif serbuk biji kelor 30 gr/100 ml (X_3) sebanyak 6 sampel.

3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah *grab sample*, yaitu air limbah yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu. Sesuai dengan SNI 6989.59:2008 tentang air dan air limbah bagian 59; metode pengambilan

contoh air limbah yaitu untuk industri yang belum memiliki IPAL dan tidak terdapat bak ekualisasi, maka pengambilan sampel dapat dilakukan pada saluran sebelum masuk ke badan lingkungan dengan cara sesaat (*grab sampling*). *Grab sample* di gunakan apabila sumber air limbah mempunyai karakteristik yang tidak berubah dalam suatu periode atau dalam batas jarak tertentu. Pengambilan sampel dalam penelitian yaitu air limbah yang berasal dari proses pelepasan malam/lilin dan pewarnaan karena limbah yang dibuang langsung ke sungai adalah limbah hasil pelepasan malam/lilin dan limbah sisa pewarnaan. Dan limbah hasil pewarnaan. Sampel pada penelitian ini diambil saat sebelum limbah cair masuk ke saluran pembuangan.



Gambar 3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Keterangan :

- 1, 2, : Bak penghilangan malam yang terdapat kandungan zat mordan, pewarnaan batik serta malam dengan volume masing-masing 600 ml yang mengandung logam berat kadmium (Cd) sebesar 1,93 ppm dari pengambilan sampel sebesar 100 ml
- 3,4 : Bak penyelupan atau pewarnaan batik dengan volume masing-masing 600 ml yang mengandung logam berat kadmium (Cd) sebesar 3,5 ppm dari pengambilan sampel sebesar 100 ml

5 : Bak pencampuran limbah cair batik agar homogen (pengambilan sampel) dengan volume 2400 ml yang mengandung logam berat kadmium (Cd) sebesar 2,10 ppm.

Diameter bak 1,2,3,4 : 15 cm

Tinggi bak 1,2,3,4 : 10 cm

Diameter bak 5 : 30 cm

Tinggi bak 5 : 12 cm

Bak yang banyak mengandung Cd : Bak yang banyak mengandung Cd adalah bak nomer 3 dan 4

3.4 Variabel Dan Definisi Operasional

Variabel adalah suatu yang digunakan sebagai ciri, sifat, atau ukuran yang dimiliki atau didapatkan oleh satuan penelitian tentang suatu konsep penelitian tertentu. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar Cd pada limbah cair sedangkan variabel bebas dalam penelitian ini yaitu penggunaan serbuk biji kelor dengan variasi konsentrasi 20 gr/100 ml, 25 gr/100 ml dan 30 gr/100 ml. Definisi operasional variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut:

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dapat mempengaruhi atau menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini, variabel bebas yang akan digunakan adalah karbon aktif serbuk biji kelor dalam beberapa konsentrasi yaitu 20 gr/100 ml, 25 gr/100 ml dan 30 gr/100 ml.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah jumlah kadar logam kadmium pada limbah cair batik.

3.4.3 Definisi Operasional

Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Skala Data	Cara Pengukuran	Satuan
Kadar kadmium	Jumlah berat dalam gr/ml logam Cd dalam limbah cair batik setelah mengalami perlakuan penelitian	Rasio	Uji Laboratorium menggunakan SSA	mg/ml
Karbon aktif serbuk biji kelor	Bahan organik yang mengandung karbon yaitu biji kelor yang dirubah menjadi karbon aktif serbuk biji kelor yang memiliki permukaan pori yang besar sehingga dapat digunakan sebagai bahan penyerap Cd dengan kadar 20 gr, 25 gr, 30 gr	Rasio	Timbangan	gr

3.5 Bahan Penelitian Dan Instrumen Penelitian

3.5.1 Alat Penelitian

Alat yang di gunakan d alam penelitian ini adalah :

1. *Furnace*
2. *Oven*
3. Alu
4. Ember
5. *Magnetic stirer*
6. Kertas saring *whatman* 40, dengan ukuran pori θ 0.42 μm
7. *Spektometri Serapan Atom (SSA)*
8. Gelas ukur
9. Ayakan 100 mesh
10. *Stopwatch*
11. Timbangan analitik
12. Jerigen
13. Alat tulis
14. pH meter
15. Gelas beaker

16. Corong *buchner*

17. *Desikator*

18. Aluminium Foil

3.5.2 Bahan Penelitian

1. Serbuk Biji kelor sebanyak 450 gr
2. Limbah cair yang mengandung kadmium (Cd)
3. Reagen / aktifator (HCl)
4. Aquades

3.6 Prosedur Kerja

3.6.1 Prosedur Pembuatan Serbuk Biji Kelor

1. Siapkan biji kelor dari buah yang tua, ciri buah yang sudah tua adalah polong buah berwarna coklat kering dan dibuka kulit polongnya, sedangkan biji kelor yang sudah tua yaitu biji kelor yang berwarna coklat tua.
2. Biji kelor yang tua dan sudah diambil dari buahnya, pada penelitian ini membutuhkan biji kelor sebanyak 1 kg , kemudian biji kelor di pisahkan dari kulit bijinya sehingga nanti akan ditemukan jumlah biji kelor sebanyak 0,75 kg
3. Biji kelor yang sudah dipisahkan dari kulitnya dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 hari
4. Biji kelor dalam keadaan kering dikarbonisasi di dalam *furnace* selama 2 jam dengan suhu pembakaran 600°C.
5. Biji kelor di dinginkan ke dalam *Desikator*
6. Biji kelor dihaluskan dengan menggunakan alu
7. Biji kelor yang sudah di haluskan di ayak menggunakan ayakan 100 mesh

3.6.2 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor

1. Serbuk biji kelor sebanyak 150 gram direndam dalam larutan HCL 0,1 M sebanyak 500 ml selama 24 jam (Dahlan, 2013 : 48).
2. Serbuk biji kelor disaring menggunakan corong *buchner*

3. Serbuk biji kelor dicuci dengan aquadest hingga serbuk biji kelor memiliki yaitu pH 7
4. Serbuk biji kelor yang telah diaktivasi dibungkus dengan aluminium foil agar tidak bercecer
5. Karbon aktif serbuk biji kelor dioven pada suhu 110°C selama 2 jam untuk mengurangi kadar airnya (Dahlan, 2013 : 48).
6. Karbon aktif serbuk biji kelor didinginkan dan disimpan dalam *desikator*

3.6.3 Prosedur Uji kualitas Karbon aktif serbuk biji kelor (SNI No. 06-3730-1995)

1. Rendemen

Penetapan rendemen arang aktif bertujuan untuk mengetahui jumlah arang aktif yang dihasilkan setelah melalui proses karbonisasi (Pujiarti dan Gentur, 2005). Rendemen arang aktif dihitung dengan cara membandingkan antara bobot bahan baku dengan bobot arang aktif setelah karbonisasi.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat arang yang dihasilkan (g)}}{\text{Berat sampel yang diarsang (g)}} \times 100\%$$

2) Kadar air

Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Arang aktif sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui bobotnya. Cawan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

$$\text{Kadar air} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat karbon awal (g)

b = berat karbon kering (g)

Kadar air maksimal dalam karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995 yaitu sebesar 15%.

3) Kadar abu

Penetapan kadar abu arang aktif bertujuan untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam arang aktif. Arang aktif sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui bobotnya. Cawan dimasukkan ke dalam *muffle furnace* pada suhu 700°C selama 2 jam kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

$$\text{Kadar abu} = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat abu (g)

b = berat karbon kering awal (g)

Kadar air maksimal dalam karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995 yaitu sebesar 10%.

4) Daya serap terhadap iodium

Uji iod merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan berat molekul kecil dan zat dalam fasa cair. Semakin tinggi angka iod maka semakin baik arang aktif dalam menyerap molekul yang kecil atau zat dalam fasa cair (Cheremisinoff, 1987). Arang aktif sebanyak 0,5 gram dimasukkan ke dalam tempat berwarna gelap dan tertutup. Larutan iodium 0,1 N sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam wadah kemudian dikocok selama 15 menit lalu disaring. Sebanyak 10 mL filtrat dititrasikan dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N. Jika warna kuning larutan hampir hilang, ditambahkan indikator amilum 1%. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang.

$$\text{Daya serap iod (mg/g)} = \frac{10 - (N \times V)}{0,1} \times 100\%$$

S

Keterangan:

V = larutan natrium tiosulfat yang diperlukan

N = normalitas larutan natrium tiosulfat

s = berat karbon (g)

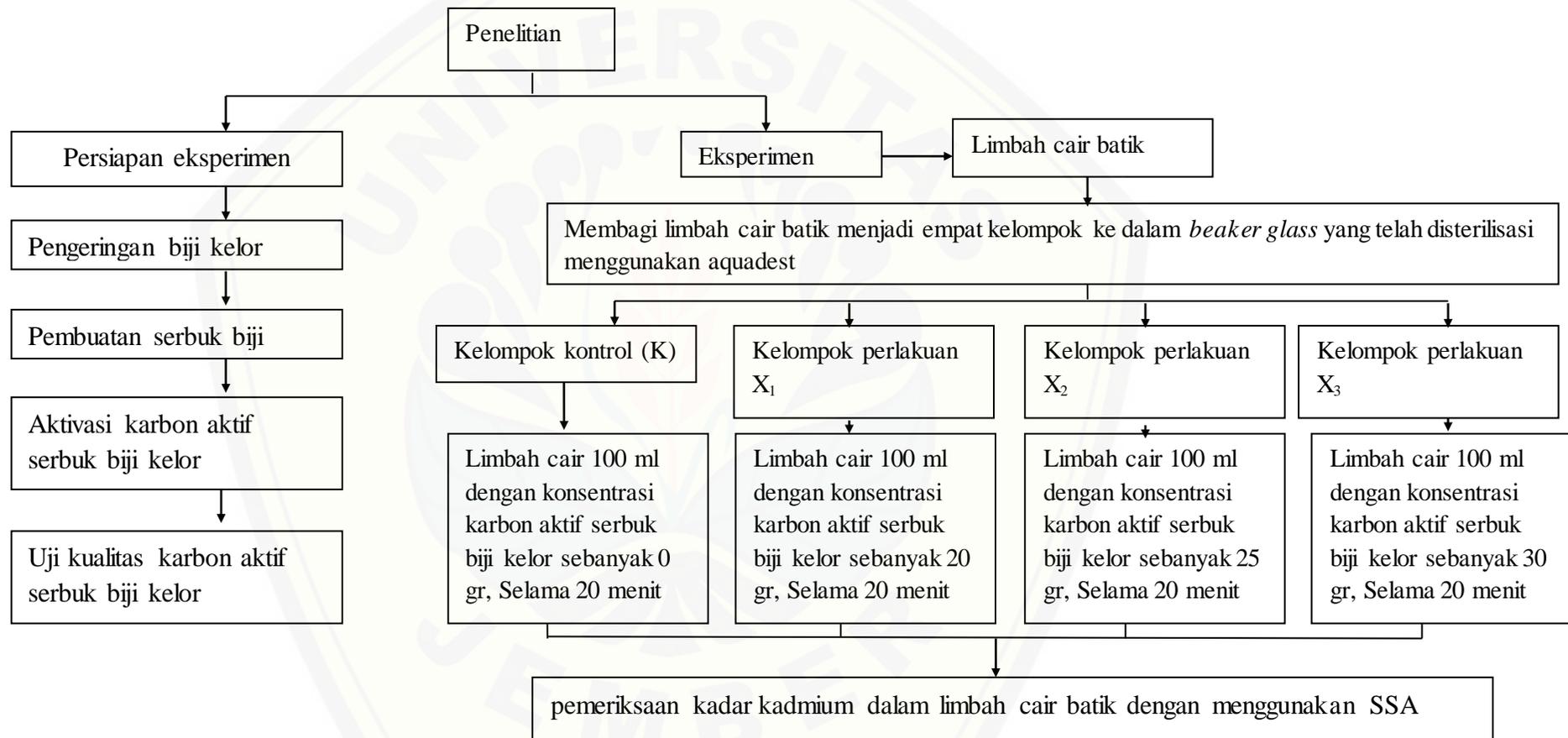
12,69 = jumlah iod yang sesuai dengan 1 ml larutan natrium tiosulfat 0,1 N

Daya serap iodin minimum dalam karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995 yaitu 750 mg/g.

3.6.4 Prosedur Perlakuan Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor

1. Pengambilan limbah cair batik yang mengandung Cd sebanyak 24 liter, kemudian menghomogenkan limbah cair tersebut dengan mengaduk di dalam ember.
2. Menuangkan limbah cair tersebut ke dalam 24 botol masing-masing sebanyak 1 liter
3. Karbon aktif serbuk biji kelor dengan variasi kadar 20 gr/100 ml, 25 gr/100 ml, dan 30 gr/100 ml yang sebelumnya ditimbang dengan timbangan analitik kemudian dicampurkan ke dalam limbah cair yang mengandung Cd pada 3 masing-masing kelompok sampel perlakuan.
4. Limbah cair bersama Karbon aktif serbuk biji kelor diaduk dengan kecepatan 400 rpm menggunakan *magnetic stirrer* selama 20 menit (Rizki, A. P., Sanjaya, A. S, 2015).
5. Limbah cair bersama karbon aktif didiamkan hingga 20 menit, kemudian disaring menggunakan kertas saring whatman 40, dengan ukuran pori θ 0.42 μm
6. Kemudian mengukur penurunan kadar Cd pada limbah cair setelah dilakukan pencampuran dengan karbon aktif serbuk biji kelor dengan metode SSA

3.7 Kerangka Operasional Penelitian



Gambar 3.3 Kerangka Alur Prosedur Kerja Penelitian

3.9 Data Dan Sumber Data

3.9.1 Data Primer

Data primer adalah data yang langsung diperoleh dari sumber data pertama di lokasi penelitian atau objek penelitian (Bungin, 2005:122). Data primer pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan kadar Cd di laboratorium dengan limbah cair batik yang belum diberikan perlakuan dan yang sudah diberikan perlakuan penambahan karbon aktif serbuk biji kelor dengan variasi konsentrasi yang berbeda beda pada setiap sampel dan wawancara pada pekerja industri UD. Pakemsari untuk mengetahui proses pengelolaan limbah di industri UD. Pakem Sari dan masyarakat sekitar industri untuk mengetahui aktivitas masyarakat di aliran sungai .

3.9.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang langsung diperoleh dari sumber data kedua atau sumber sekunder dari data yang kita butuhkan (Bungin, 2005:122). Data sekunder pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data dinas perindustrian dan perdagangan kabupaten Jember untuk mengetahui jumlah produsen batik yang ada di Jember, data Puskesmas Sumberjember Kabupaten Jember untuk mengetahui 10 penyakit tertinggi di Sumberjambe Kabupaten Jember, jurnal dan penelitian sebelumnya.

3.10 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Data diperoleh dengan cara observasi yaitu suatu prosedur yang berencana, yang antara lain meliputi melihat, mendengar, dan mencatat sejumlah dan taraf aktivitas tertentu atau situasi tertentu yang ada hubungannya dengan masalah yang diteliti (Notoatmojo, 2012:131). Dalam penelitian ini, observasi dilakukan dengan melakukan pengukuran kadar kadmium (Cd) pada limbah cair batik sesudah mendapat perlakuan penambahan karbon aktif serbuk biji kelor di laboratorium.

3.11 Teknik Penyajian dan Analisis Data

3.11.1 Teknik Penyajian Data

Penyajian data merupakan salah satu kegiatan dalam pembuatan laporan hasil penelitian yang telah dilakukan agar dapat dipahami dan dianalisis sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Data yang disajikan harus sederhana dan jelas

agar mudah dibaca. Penyajian data juga dimaksudkan agar para pengamat dapat dengan mudah memahami apa yang kita sajikan untuk selanjutnya dilakukan penilaian atau perbandingan dan lain-lain. Bentuk penyajian data dapat berupa tulisan, tabel, grafik yang disesuaikan dengan data yang tersedia dan tujuan yang hendak dicapai (Budiarto, 2002:41). Adapun teknik penyajian data dalam penelitian ini adalah penyajian dalam bentuk teks, penyajian bentuk tabel dan penyajian dalam bentuk grafik. Data tersebut diperoleh dari uji coba penurunan kadar kadmium dalam limbah cair batik dengan menggunakan karbon aktif serbuk biji kelor sebagai adsorbennya.

3.11.2 Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini selanjutnya akan dilakukan analisis data. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dan analitik. Analisis deskriptif menggambarkan hasil uji laboratorium yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Uji statistik yang digunakan yaitu uji normalitas menggunakan *Kolmogorov Smirnov*. Jika analisis dari uji tersebut normal, maka dilanjutkan dengan uji *one way anova* yang digunakan untuk menentukan perbedaan rata-rata signifikansi secara statistik antara kelompok kontrol, X_1 , X_2 , X_3 dari karbon aktif serbuk biji kelor terhadap kadar kadmium (Cd) pada limbah cair batik. Apabila hasil uji tersebut tidak normal, maka dilanjutkan dengan uji *Kruskal Wallis*. Uji *one way anova* dilakukan dengan menggunakan SPSS dengan menggunakan interval kepercayaan 95% atau *level of significancy* 5% untuk melihat perbedaan masing-masing kadar kadmium (Cd) pada limbah cair batik (variabel terikat) terhadap konsentrasi karbon aktif serbuk biji kelor sebanyak 20 gr/100 ml, 25 gr/100 ml, dan 30 gr/100 ml (variabel bebas).

Adapun langkah- langkah dalam prosedur uji One Way Anova adalah:

a. Tes Homogenitas Varians

Asumsi dasar dari analisis ANOVA adalah seluruh kelompok penelitian harus memiliki varian yang sama. Hipotesis yang digunakan dalam tes homogenitas varian adalah:

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05, maka seluruh varian populasi adalah sama

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ 0,05, maka seluruh varian populasi adalah berbeda (Santoso,2005:320)

b. Uji F

Uji analitik yang digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa semua kelompok mempunyai mean populasi yang sama adalah uji F. Harga F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat mean square antara kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok.

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ANOVA adalah:

H_0 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi sama

H_1 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi berbeda

Dasar dari pengambilan keputusan adalah:

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05, maka H_0 diterima

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima (Santoso, 2005:320).

c. Tes Post Hoc

Pengujian ANOVA (F test) telah diketahui bahwa secara umum seluruh kelompok memiliki perbedaan (tidak sama). Untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan yang terjadi antar kelompok, maka digunakan Post Hoc Test dengan menggunakan salah satu fungsi Tukey (Ghozali, 2009).

Ketika hasil uji normalitas tersebut tidak menunjukkan data yang berdistribusi normal, maka dilanjutkan dengan uji Kruskal Wallis. Alat uji ini digunakan untuk data yang memiliki lebih dari dua sampel yang tidak berhubungan (Santoso, 2015:451). Hipotesis yang digunakan adalah :

H_0 : diduga seluruh populasi sama

H_1 : diduga bahwa minimal salah satu dari populasi tidak sama

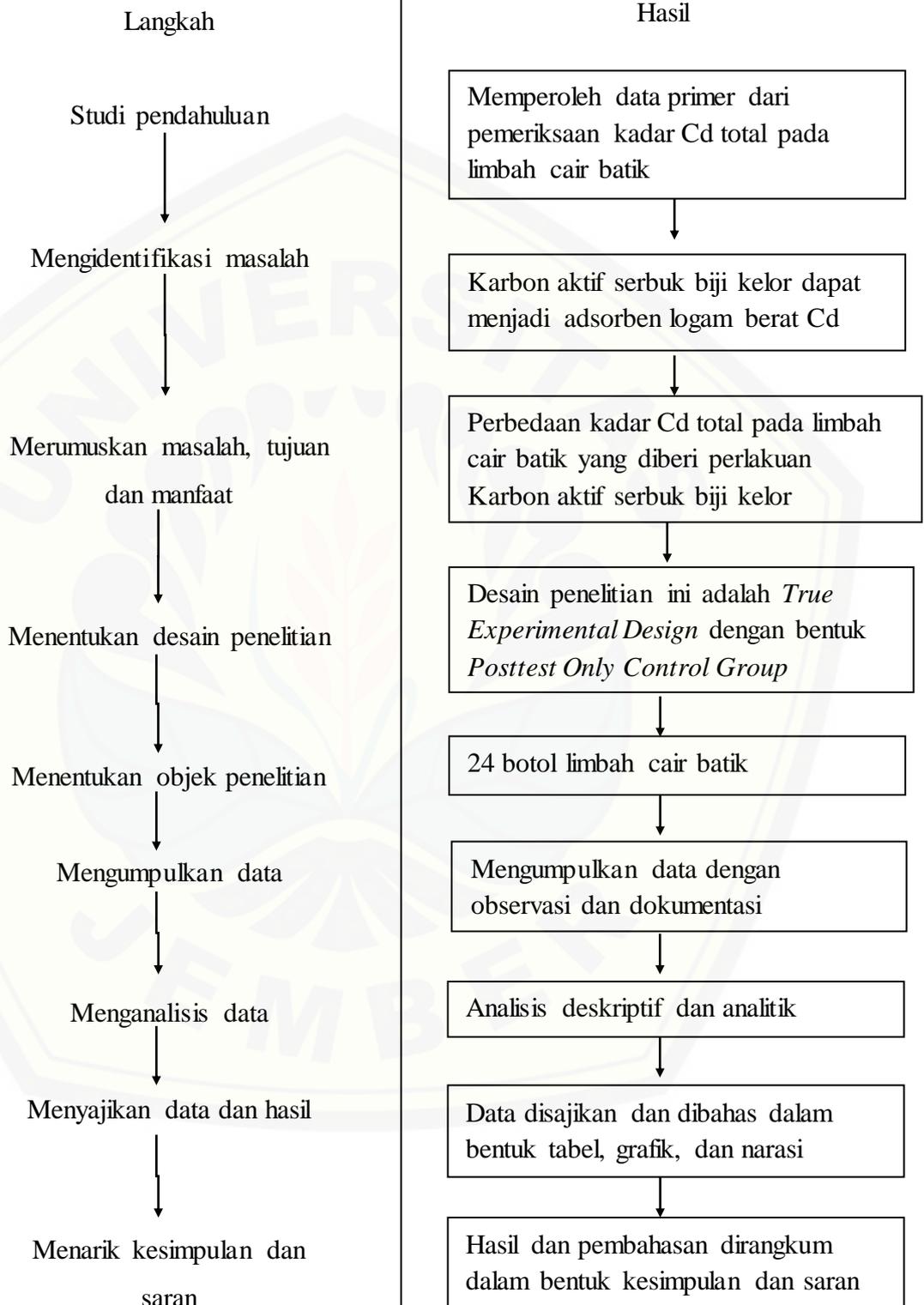
Dasar pengambilan keputusan adalah :

Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 di tolak (Santoso, 2005: 455-456)

Setelah dilakukan uji Kruskal Wallis maka dilanjutkan uji Mann-Whitney Test untuk mengetahui perbedaan yang terjadi antar kelompok.

3.12 Alur Penelitian



Gambar 3.4 Alur Penelitian



BAB 5. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan mengenai efektivitas karbon aktif serbuk biji kelor terhadap penurunan kadar kadmium (Cd) pada limbah cair batik diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Karbon aktif serbuk biji kelor memenuhi standart mutu SNI No.06-3730-1995 melalui proses dehidrasi untuk mengurangi kadar air, proses karbonisasi untuk menghilangkan kandungan air dan komponen volatil, proses aktivasi menggunakan zat HCL 0,1 M untuk menghilangkan oksida logam dalam arang yang menutupi pori.
- b. Nilai kadar kadmium (Cd) pada limbah cair batik pada kelompok kontrol (K) atau kelompok air limbah yang tidak diberi penambahan karbon aktif serbuk biji kelor adalah 1,5455 ppm artinya masih melebihi Baku Mutu Lingkungan
- c. Kelompok perlakuan pertama (X1) atau kelompok limbah cair batik yang diberi penambahan karbon aktif serbuk biji kelor dengan konsentrasi 20 gr/100 ml efektif dalam menurunkan kadar logam kadmium sebesar 94%. Hasil tersebut sudah di bawah Baku Mutu Lingkungan.
- d. Kelompok perlakuan kedua (X2) atau kelompok limbah cair batik yang diberi penambahan karbon aktif serbuk biji kelor dengan konsentrasi 25 gr/100 ml efektif dalam menurunkan kadar logam kadmium sebesar 96,6%. Hasil tersebut sudah di bawah Baku Mutu Lingkungan.
- e. Kelompok perlakuan ketiga (X3) atau kelompok limbah cair batik yang diberi penambahan karbon aktif serbuk biji kelor dengan konsentrasi 30 gr/100 ml paling efektif dalam menurunkan kadar logam kadmium sebesar 98%. Hasil tersebut sudah di bawah Baku Mutu Lingkungan.
- f. Terdapat perbedaan kadar kadmium (Cd) secara signifikan antara kelompok jontrol (K) dengan limbah cair batik dengan pemberian karbon aktif serbuk biji kelor sebesar 20 g/100ml, 25 g/100 ml, 30 g/100ml dengan nilai signifikansi sebesar 0,03.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan tersebut disarankan sebagai berikut :

- a. Mengingat pentingnya pengelolaan terhadap limbah cair industri batik yang dihasilkan 9 liter per hari pada industri tersebut, maka karbon aktif serbuk biji kelor dapat dijadikan alternatif media adsorben pengolahan limbah cair yang di hasilkan, terutama sangat efektif menurunkan kadar logam kadmium (Cd) sebesar 98% dengan konsentrasi perlakuan 30 gr/100 ml.
- b. Bagi peneliti selanjutnya di harapkan melakukan penelitian secara *Pre-Post Control Group Design* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam memperoleh akibat dari suatu perlakuan dengan perbandingan keadaan dari variabel terikat pada kelompok eksperimen setelah dikenal perlakuan dan variabel kontrol yang tidak dikenal oleh perlakuan serta terhindar dari kelemahan validitas, sehingga dapat dibuat perbandingan terhadap variabel terikat dari kelompok percobaan yang sama.
- c. Bagi Industri batik diharapkan dapat mengolah limbah cair batik secara sederhana sebelum di buang ke lingkungan dengan menampung semua limbah cair terlebih dahulu untuk dilakukan pengolahan sederhana seperti metode pengendapan yang dilengkapi dengan filter Saringan Pasir Lambat dan karbon aktif serbuk biji kelor *Up Flow*. Pengolahan dengan saringan pasir lambat (SPL) dan karbon aktif serbuk biji kelor *Up Flow* merupakan teknologi pengolahan air yang sangat sederhana dengan hasil air bersih dengan kualitas yang baik, sistem pengolahan limbah cair batik ini dapat di terapkan pada industri batik karena dianggap relatif unggul karena selain biaya rendah juga disainnya lebih sederhana. Gambar pengolahan limbah cair dapat di lihat pada **lampiran G**.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., Nurisman, E., Prasetyowati, Haryani, N. 2011. *Pengolahan Air Limbah Pewarna*
- Allo., M. Zakir, dan N.L. Nafie. 2014. Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea Pavifoli Dyer*) sebagai Bioadsorben Ion Logam Cu (II). *Indonesia Chimica Acta*
- Amagloh, Francis Kweku dan Amos Benang. 2009. Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for Water Purification. Full Legth Research Paper. *African Journal of Agricultural Research Vol.4 (1) , pp. 119-123.*
- Aminah, Syarifah. 2015. *Kandungan Nutrisi dan Sifat Fungsional Tanaman Kelor (Moringa oleifera) . Volume 5 Nomor 2*
- Anas, B. 1997. *Indonesia Indah "Batik"*. Jakarta: Yayasan Harapan Kita/BP 3 TMII
- Anwar, F., dan Rashid, U. (2007). *Physicochemical characteristics of Moringa oleifera seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan*. *Pakistan Journal Botany*,39(5),1443–1453.
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., dan Gilani, A. H. (2007b). *Moringa oleifera: A food plant with multiple medicinal uses*. *Phytotherapy Research*, 21,17–25.
- Asip, F.,R. Mardhiah , dan Husna . 2008. Uji Efektivitas cangkang telur dalam mengarbsorpsi ion Fe dalam proses batch. *Jurnal Teknik Kimia . 2(!5): 22*
- Barbel S, Kurniawan TA.2003. Various Treatment technology to remove arsenic and mercury from contaminated groundwater : an overview, in: water enviroment, Bangkok, Thailand , 24-25 Oktober : 433-440.
- Basu, P. 2006. *Combustion and Gasification in fluidized Bed*.New York : CRC
- Beltrán-Heredia, J., Sánchez-Martín, J., Barrado-Moreno, M.M., 2012. *Long Chainanionic surfactants in aqueous solution removal by Moringa oleifera coagulant*.*Chem.Eng. J.*180, 128–136.

- Budiarto, E. 2002. *Biostatistika untuk Kedokteran dan Kesehatan Masyarakat*. Jakarta: EGC.
- Bungin, B. 2005. *Metodologi Penelitian Kuantitatif Komunikasi, Ekonomi, dan Kebijakan Publik serta Ilmu-Ilmu Sosial Lainnya*. Jakarta: Prenada Media.
- Chandra, B. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kedokteran EGC
- Connell, D. W dan G. J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Penerjemah; Yanti Koestoer; pendamping, Sahati. UI-Press. Jakarta
- Dahlan, M. H. (2013). *PENGUNAAN KARBON AKTIF DARI BIJI KELOR DAPAT MEMURNIKAN MINYAK JELANTAH*. *Jurnal Teknik Kimia*, 3
- Dantje T.Sembel, B. P. (2015). *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFEST.
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Jember. 2017. *Jumlah Industri Batik di Kabupaten Jember*. Jember: Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Jember
- Dr. H. Arif Sumantri, S. M. (2010). *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kencana.
- Duke, J.A., 2001. *Moringa oleifera Lam. (Moringaceae)*. In: Duke, J.A. (Ed.), *Handbook of Nuts*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 214–217
- Fahey, Jed W. 2005. *Moringa oleifera A review Of The Medical Evidence For its Nutritional, Theurapeutic, and Prophylactic Protptertis, Part I. Trees for Life Journal, 1:5*
- Fauziah, N. 2009. "Pembuatan Arang Aktif Secara Lagsung dari Kulit Acasia mangium Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya Sebagai Adsorben". Skripsi tidak diterbitkan. Bogor: IPB.
- Ghozali, I.2009. *Aplikasi AnalisisMultivariate dengn program SPSS*. Semarang: BP Universitas Diponegoro
- Gratha, B. 2012. *Panduan Mudah Belajar Membuatik*. Jakarta: Demedia Pustaka

- Gustama , A.2012. Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit sebagai Adsorben dalam Pemurnian Biodiesel. Tidak Dipublikasikan. Skripsi.Bogor:IPB
- Hadiwidodo, M. 2008. Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai ADSORBEN DALAM Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Logam Cu. *Jurnal Teknik* 29 (1):55
- Hanafiah, K.A. 2005. *Rancangan Percobaan Aplikatif*. Jakarta: PT Raja Grafindo.
- Hartati, I., Riwayati, I. dan Kurniasari, L. 2011. "Potensi Xanthate Pulpa Kop Sebagai Adsorben Pada Pemisahan Ion Timbal". Momentum. Vol. 7. No. Hal : 25-30.
- Haryando, D. (2012). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat* . Jakarta : Rineka Cipta.
- Hasrianti. 2013. *Adsorpsi Ion Cd²⁺ Pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong*. Jurusan Kimia, Universitas Cokroaminoto Palopo. *Jurnal Volume* 04(2). Hal 59-76.
- Hendra, D. dan Winarni. 2003. Sifat fisik dan kimia briket arang campuran limbah kayu gergajian dan sebetan kayu. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 21(3): 211-226. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Hernayanti, Proklamasiningsih, E. 2004. *Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) sebagai Upaya untuk Memperbaiki Kualitas Air*.Fakultas Biologi Unsoed Purwokerto.
- Hugh. O. P. 1993. *Handbook of carbon, graphite, diamond and fullerenes*. Amerika : Noyes Publication.
- Husni, H. dan Cut M. R. 2008. *Preparasi dan karakterisasi karbon aktif dari batang pisang menggunakan gas nitrogen*. *Jurnal Hasil Penelitian Industri (HPI)*, , 1-10, ISSN : 0215-4609
- Imtisal, H. 2014. "Pemanfaatan Serbuk Pektin Kulit Kakao Sebagai Media Adsorben Logam Berat Pb pada Limbah Cair Industri Elektroplating" Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jember: Program Sarjana Universitas Jember.

- Indra. 2010. *Penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan dan flokulan dalam perbaikankualitas air limbah dan air tanah*. Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- Irmanto dan Suyata. 2010. *Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi*. *Jurnal Molekul*, Vol. 5, No. 1, 22-32. <http://jmolekul.com/downloads/5.1.22.pdf>. (Januari 07, 2018)
- Kharta Zarkasi, A. D. Moelyaningrum, Prehatin (2018). PENGGUNAAN ARANG AKTIF KULIT DURIAN (*Durio zibethinus* Murr) TERHADAP. *JURNAL EFEKTOR ISSN. 2355-956X ; 0854-1922 Volume 5 Nomor 2 Tahun 2018*, 67-73.
- Kurniasari, L., Riwayanti, I., Suwardiyono. 2012. Pektin Sebagai Alternatif Bahan Baku Biosorben Logam Berat. *Momentum* 8 (1) : 1-5.
- Krisnadi, A dudy. *Moringa oleifera*. Lembaga Swadaya Masyarakat – Media Peduli Lingkungan (LSM-MEPELING).
- Lehninger, A.L. 1995. *Dasar-Dasar Biokimia, Ahli Bahasa Oleh Dr. Ir. Maggy Thenawidjaya*. Jakarta : Erlangga
- Lestari, S.D. 2012. *Mengenal Aneka Batik*. Jakarta: PT. Balai Pustaka
- M.Soeparman. 2001. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta : EGC
- Manahan S.E. (2003). *Toxicological Chemistry and Biochemistry*. Third Edition. Lewis Publisher:127
- Marsh, H. dan Francisco R.R. 2006. *Activated Carbon*. Belanda : Elsvier Science and Technology Books
- Mendieta-Araica B, Spörndly E, Reyes- Sánchez N, Salmerón-Miranda F, Halling M (2013). *Biomass production and chemical composition of Moringa oleifera under different planting densities and levels of nitrogen fertilization*. *Agroforest. Syst.* 87:81-92.

- Moelyaningrum A. D. dan Pujiati. (2015). Cadmium (Cd) and Mercury (Hg) in the Soil, Leachate and Ground Water at the final Waste Disposal Pakusari Jember Distric Area. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, Volume 24, No 2, pp 101-108.
- Moelyaningrum, A. D. 2018. The Potential of Cacao Pod Rind Waste (*Thoboma cacao*) to Adsorb Heavy Metal (Pb and Cd) in Water. *Sustainable Future for Human Security*. pp 265-276.
- Moersid, Ananda Feria. 2013. *Re-Invensi Batik dan Indentitas Indonesiadalam Arena Pasar Global*. Jurnal Fakultas Seni Volume 1 Nomor 2 Juli Agustus 2013
- Mu'jizah, S. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (Moringa oleifera.Lamk) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Fakultas Sains dan Teknologi.
- Mufrodi, Z. Widiastuti, N. Dan Kardika, R. C. 2008. *Adsorpsi Zat Warna Tekstil Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi*. Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Muljadi. 2009. *Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetah Dengan Metode Fisika Kimia dan Biologi Terhadap Penurunan Parameter Pencemar (BOD, COD dan Logam Berat Krom)*. *Ekuilibrium*, vol 8 (1):7-16. <https://core.ac.uk/download/pdf/12345611.pdf>. (Januari 09,2018)
- Murthiadi. 1979. *Pengetahuan Teknologi Batik*. Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
- M Wendy.2015. "Komparasi Biji Kelor Berkulit dan Biji Kelor tanpa Kulit pada Proses Koagulasi FlokulAI Limbah Cair Kopi etode Basah" Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jember: Program Sarjana Universitas Jember.
- Nand, V, Maata M, Koshy K, and Sotheeswaran S, 2012. *Water Purification Using Moringa oleifera and Other Locally Available Seeds in Fiji for Heavy Metal Removal*. *Faculty of Science and Technology*. The University of the South Pacific Suva, Fiji. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2 (5): 4.

- Nohong. 2010. Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmium dan Besi dalam Air Lindi TPA. *Jurnal Pembelajaran Sains*. 6 (2): 257-269
- Notoatmodjo, S.2012. *Metedologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Nurchayati, D. E. (2014). *Khasiyat Dasyat Daun Kelor*. Jakarta: Jendela Sehat.
- Okoli. 2014. Adsopsi Studies of Heavy Metals by Low Cost Adsorbents. *Journal of applied sciences and environmental management Vol18, No 3(2014)*
- Palar. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT.RINEKA CIPTA
- Palupi Widyastuti, S. (2000). *Bahaya Bahan Kimia Terhadap Kesehatan Manusia Dan Lingkungan* . Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Pari, G. Hendra, D dan R. A. Pasaribu.2006. *Pengaruh Lama Waktu Aktivasi dan Konsentrasi Asam Fosfat Terhadap Mutu Arang Aktif Kulit Kayu Acacia Mangium*. 24 (1): 33-46
- Pari, G. Hendra, D dan R. A. Pasaribu.2008. Peningkatan Mutu Arang Aktif Kulit Kayu Mangium. *Jurnal penelitian hasil hutan,XXV(3), pp. 214-227*
- Pohan, H. G., dan B. Tjiptahadi. 1987. *Pembuatan Desain/Prototipe Alat Pembuatan Arang Aktif dan Studi Teknologi Ekonominya*. BBPP IHP Proyek Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian IPB. Bogor.
- Purwaningsih, I. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta dengan Metode Elektrokoagulasi ditinjau dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dan Warna*. Tugas Akhir. Jogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Prawira, M. H. 2008. *Penurunan Kadar Minyak pada Limbah Cair dalam Reaktor Pemisah Minyak dengan Media Adsorben Karbon Aktif dan Zeolit*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Pritcharda, M., Craven, T., Mkandawire,T., Edmondson, A.S., O'Neill, J.G.2010. *Acomparison between Moringa oleifera and chemical drinking water-An*

alternative sustainable solution for developing countries. Phys. Chem. Earth 35, 798–805.

Rafatullah, M., O. Sulaiman, dan A. Ahmad. 2009. Adsorption of copper (II), Chromium (III), nickel (II) and lead (II) ions from aqueous solutions by meranti sawdust. *Journal of Hazardous Materials*. 170:971

Rahayu, L. H, dan S. Purnavita. 2014. Pengaruh Suhu dan Waktu Adsorpsi Terhadap Sifat Kimia-Fisika Minyak Goreng Bekas Hasil Pemurnian Menggunakan Adsorben Ampas PatAren dan Bentonit. *Jurnal Momentum*. 10 (2):37

Ratnasari, N. D., Moelyaningrum, A. D., & Ellyke. 2017. Penurunan Kadar Tembaga (Cu) pada Industri Electroplating Menggunakan cangkang Telur Ayam Potong Teraktivasi Termal. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 9(2): 56-62.

Riwayati, Indah .2014. *Adsorpsi Logam Berat Timbal dan Kadmium Pada Limbah Batik Menggunakan Biosorbent Pulpa Kopi Terxanthasi*. ISSN: 1979 911X

Rizki, A. P., Sanjaya, A. S. 2015. *Kinetics Study of Fe Content Decrease in Well Water with Activated Carbon Adsorption of Coffee Waste*. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman.

Roojen van, Pepin. 2001. *Batik Design*. Singapore: The Pepin Press.

Rully, 2015, Industri Batik Dalam Negeri Meningkat 14,7% dengan Nilai Ekspor batik mencapai Rp 50,44 Triliun, artikel, http://vibizmedia.com/lensa_vibizmedia.com

Sahni, Pushpa dan Shalini Srivastava. 2008. *A systems approach to isolation and characterization of protein content of shelled moringa oleifera seeds used for decontamination of arsenic from water bodies*. XXXII National systems Conference, Nsc

Said., N.A. Badawy, dan S.E. Garamon. 2012. Adsorption of Cadmium (II) and Mercury (II) onto Natural Adsorbent Tice Husk Ash (RHA) from Aqueous Solutions: Study in Singel and Binary System. *International Journal of Chemistry*. 1:69

- Santoso, S. 2005. *Menguasai Statistik di Era Informasi dengan SPSS 12*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Shafirinia, R., Wardana, I. W., & Oktiawan, W. 2016. Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben dan Debit Aliran terhadap Penurunan Khrom (Cr) dan Tembaga (Cu) dengan Arang Aktif dari Limbah Kulit Pisang pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplating) Krom. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5 (1): 1-9.
- Shah BA, Shah AV, Sigh RR. (2009). *Sorption isotherms and kinetics of chromium uptake from wastewater using natural sorbent material*. International journal of enviromental science and technology . 6 (1):77-90
- Sharma, P., Kumari, P., Srivastava, M.M., Srivastava, S., 2007. *Ternary biosorption studies of Cd (II), Cr (III) and Ni (II) on shelled Moringa oleifera seeds*. Bioresour.Technol. 98, 474–477.
- Srivastava VCM and Mishra IM, 2008. Antagonistic Competitive Equilibrium Modeling for the Adsorption of Ternary Metal Ions Mixtures onto Bagasse Flash. *Industrial dan Engineer. Chemistry Research*. 47: 3129–3137.
- Sudarmadji.2004. *pengantar ilmu lingkungan* . jember: universitas jember
- Sudrajat, R. dan S. Soleh. 1994. *Petunjuk teknis pembuatan arang aktif*. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan, Bogor
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sugiyono. 2009. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R dan D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2012. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R dan D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharty, N.S. 1999. *Dasar-Dasar Pengelolaan Limbah Industri*. Cetakan Pertama. Jakarta: UI-Press.
- Suharto. 2011. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*. Yogyakarta: CV. Andi Offset *Sintesis dengan Menggunakan Reagen Fenton*. Prosiding

Seminar Nasional AvoER ke-3, Palembang.
http://eprints.unsri.ac.id/132/1/Pages_from_PROSIDING_AVOER_2011-27.pdf. (Januari 09, 2018)

Syauqiah, I., M. Amalia, dan H.A. Kartini. 2011. Analisis Variasi waktu dan kecepatan pengadukan pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif : *Jurnal Info Teknik*. 12 (1):14

Tie a, J., Jianga, M., Lia, H., Zhanga, S., Zhangb, X. 2015. *A comparison between Moringa oleifera seed presscake extract and polyaluminum chloride in the removal of direct black 19 from synthetic wastewater*. J. Industrial Crops and Products., 74: 530–534

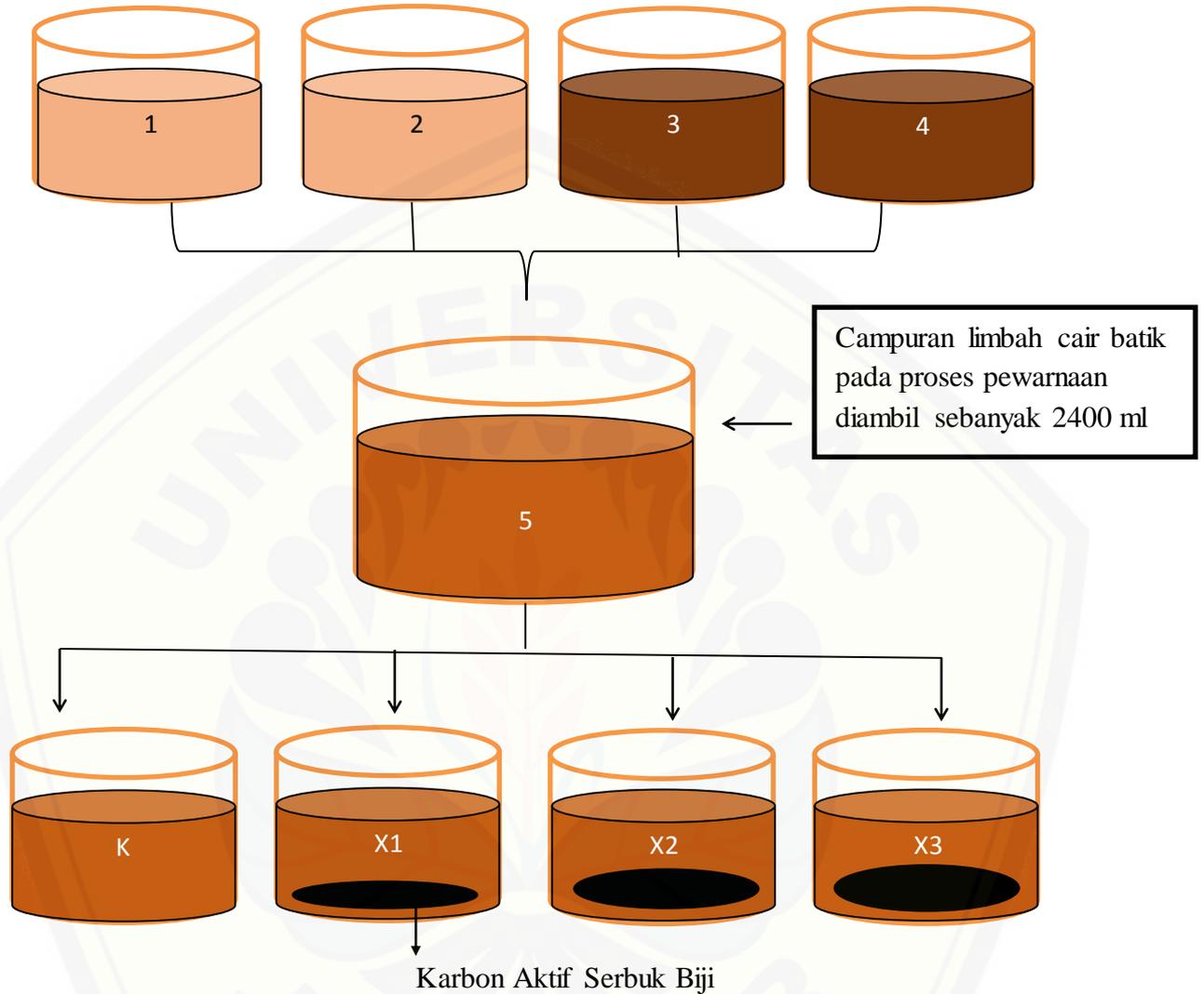
Tripathi, A. dan M. R. Ranjan. 2015. Heavy Metal Removal From Wastewater Using Low Cost Adsorbents. *Jurnal Bioremed Biodeg* 6:1

Ulfiana, V. (2016). *Pengaruh Pemberian Serbuk Biji Kelor (Moringa Oleifera) Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Limbah Industri Batik di Karah Surabaya*. *LenteraBio*, 139–143.

Winarno, F.G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama

Yuliasri, I. 2010. *Penggunaan Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulasi dan Flokulan dalam Memperbaiki Kualitas Air Limbah*. Skripsi. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatulloh

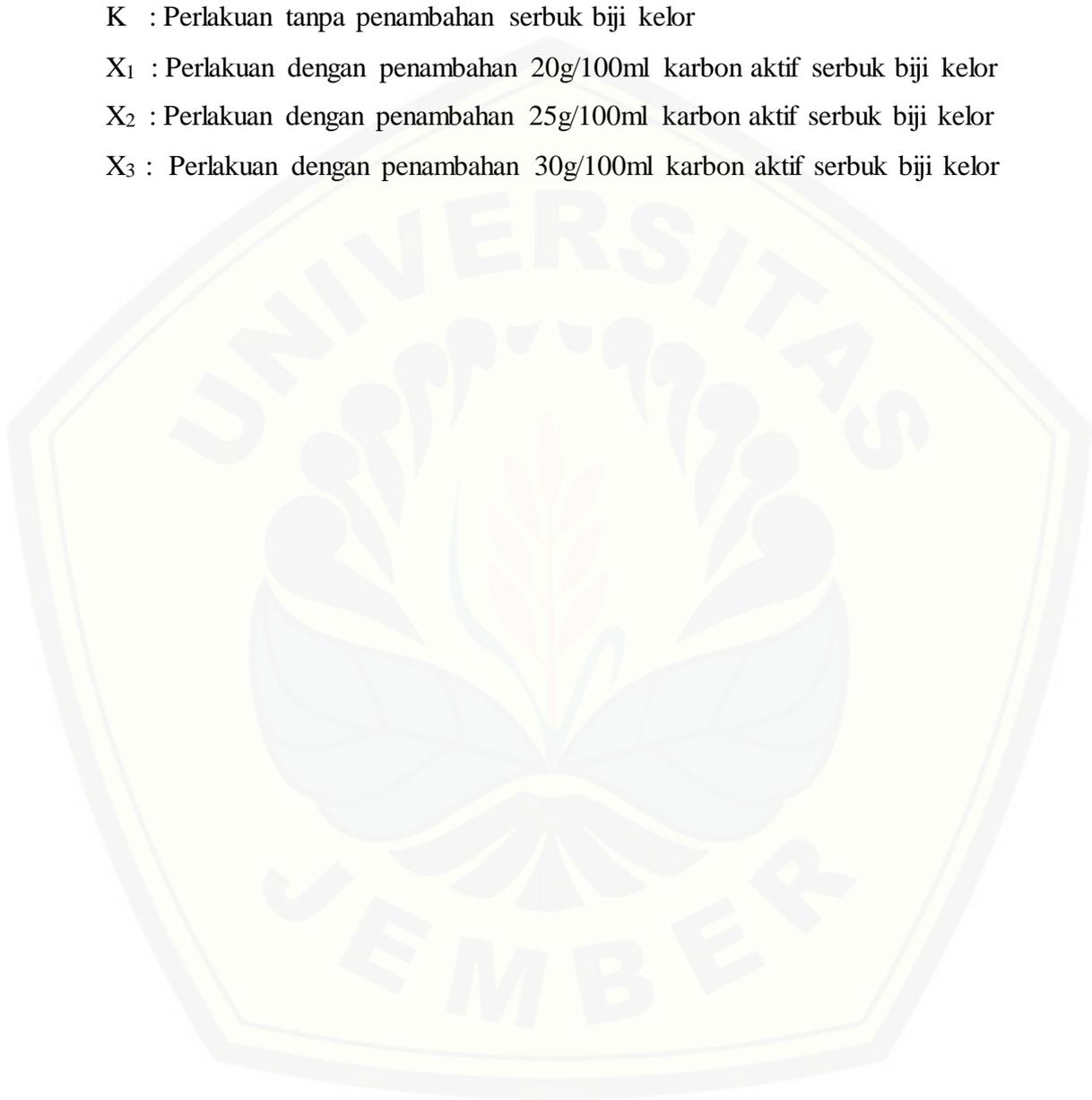
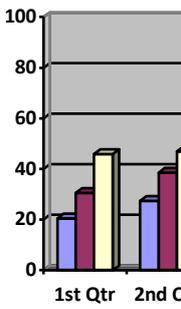
Lampiran A. Gambar alur Perlakuan



Keterangan :

- 1, 2, : Bak penghilangan malam yang terdapat kandungan zat mordan (pengikat warna), pewarnaan batik serta malam dengan volume masing-masing 600 ml yang mengandung logam berat kadmium (Cd) sebesar 1,93 ppm dari pengambilan sampel sebesar 100 ml.

- 3,4 : Bak penyelupan dan bak pewarnaan batik dengan volume masing-masing 600 ml yang mengandung logam berat kadmium (Cd) sebesar 3,3 ppm dari pengambilan sampel sebesar 100 ml.
- 5 : Bak pencampuran limbah cair batik (pengambilan sampel) dengan volume 2400 ml yang mengandung logam berat kadmium (Cd) sebesar 2,10 ppm.
- K : Perlakuan tanpa penambahan serbuk biji kelor
- X₁ : Perlakuan dengan penambahan 20g/100ml karbon aktif serbuk biji kelor
- X₂ : Perlakuan dengan penambahan 25g/100ml karbon aktif serbuk biji kelor
- X₃ : Perlakuan dengan penambahan 30g/100ml karbon aktif serbuk biji kelor



Lampiran B. Hasil Analisa Studi Pendahuluan

Kadar Cd dalam limbah batik

Konsentrasi Cd

1. Cd dalam limbah pelepasan malam

Konsentrasi			Rerata (ppm)
1,92	1,92	1,94	1,93

2. Cd dalam limbah pewarnaan

Konsentrasi			Rerata (ppm)
3,49	3,50	3,51	3,50

3. Cd dalam limbah campuran

Konsentrasi			Rerata (ppm)
2,11	2,09	2,10	2,10

Lampiran C. Surat Ijin penelitian

 KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
Jalan Kalimatan 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121
Telepon (0331) 337878, 322995, 322996, 331743 Faksimile (0331) 322995
Laman : www.fkm.unej.ac.id

Nomor : 2057 / UN25.1.12 / SP / 2018 02 MAY 2018
Lampiran : Satu bendel
Hal : Permohonan Ijin Penelitian

Yth. Kepala Laboratorium Kimia Fisik
Fakultas MIPA Universitas Jember
Jember

Dalam rangka menyelesaikan penyusunan skripsi mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember, maka kami mohon dengan hormat ijin bagi mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini, untuk melaksanakan penelitian :

Nama : Mega Wrida S.
NIM : 142110101064
Judul penelitian : Efektivitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Penurunan Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Batik (Studi pada Industri UD. Pakemsari Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember)

Tempat penelitian : Laboratorium Kimia Fisik Fakultas MIPA Universitas Jember
Lama penelitian : Mei – Juli 2018

Sebagai bahan pertimbangan bersama ini kami lampirkan proposal penelitian.
Atas perhatian dan perkenannya kami sampaikan terima kasih.

Wakil Dekan
Bidang Akademik,


Farida Wahyu Ningtyias, M.Kes.
NIP 198010092005012002

**FORMULIR PERMOHONAN ANALISIS (CIA)
JURUSAN KIMIA FMIPA UNIVERSITAS JEMBER**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama lengkap : Mega worlda Silvia
 NIP/NIM : 142110101064
 Fakultas/ Jurusan : kesehatan Masyarakat
 Universitas : Universitas Jember
 Alamat asal : Jl. Antogan Bunder Krajan kab. Banyuwangi
 Alamat di Jember : Jl. Kalimantan X no. 24 kab. Jember
 No HP : 081 357 754 687

Mengajukan permohonan untuk melakukan penelitian di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember dengan Judul :

Saya sanggup memenuhi segala ketentuan yang berlaku atas ijin yang diberikan, disampaikan terima kasih.

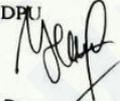
Mengetahui

Jember,

DBU

DPA

Hormat saya,


 Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M. Kes
 NIP. 1975 0914 2 008 12 1 002


 Anita Dewi M. SKM, M. Kes
 NIP. 1918 1112 02 005 02 01


 Mega worlda Silvia
 NIM. 142110101064

LEMBAR PERSETUJUAN

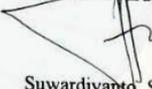
Ketua CIA Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember memutuskan bahwa peneliti tersebut diatas di nyatakan :

1. **DISETUJUI** untuk melakukan penelitian di Laboratorium yang ada di Jurusan Kimia, dengan ketentuan :
 Setelah selesai melakukan penelitian, peneliti harus menyelesaikan urusan administrasi dan biaya penelitian di bagian administrasi dan keuangan Jurusan Kimia.

2. **TIDAK DISETUJUI**, dengan alasan :

.....

Jember,
 Ketua CIA Jurusan Kimia


 Suwardiyanto, S.Si, M.Si, PhD.
 NIP. 197501191998021001

- * Coret salah Satu
- ** Dibuat rangkap 3 (u/ Jur, Lab, Arsip)
- *** Kepala Laboratorium.

Lampiran D. Hasil Analisa

Analisi Cd

Konsentrasi	Absorbansi
0,2	0,00498
0,4	0,00850
0,6	0,01350
0,8	0,01900
1	0,02500

$$Y = 0,0253 X + 0,001$$

$$R^2 = 0,99$$

Nomor	Code Sampel	Abs			Rata-rata	Konsentrasi (ppm)
1	K ₁	0,0400	0,0410	0,0400	0,04030	1,55000
2	K ₂	0,0400	0,0400	0,0400	0,04000	1,54100
3	K ₃	0,0410	0,0400	0,0400	0,04030	1,55000
4	K ₄	0,0400	0,0400	0,0410	0,04030	1,55000
5	K ₅	0,0400	0,0400	0,0400	0,04000	1,54100
6	K ₆	0,0410	0,0390	0,0400	0,04000	1,54100
7	X ₁₁	0,0030	0,0030	0,0290	0,00290	0,07700
8	X ₁₂	0,0030	0,0030	0,0030	0,00300	0,07900
9	X ₁₃	0,0030	0,0290	0,0030	0,00290	0,07700
10	X ₁₄	0,0030	0,0030	0,0030	0,00300	0,07900
11	X ₁₅	0,0030	0,0030	0,0030	0,00300	0,07900
12	X ₁₆	0,0290	0,0030	0,0030	0,00290	0,07700
13	X ₂₁	0,0023	0,0023	0,0024	0,00233	0,05270
14	X ₂₂	0,0023	0,0023	0,0023	0,00230	0,05138
15	X ₂₃	0,0024	0,0023	0,0023	0,00233	0,05270
16	X ₂₄	0,0023	0,0024	0,0023	0,00233	0,05270
17	X ₂₅	0,0023	0,0023	0,0023	0,00230	0,05138
18	X ₂₆	0,0024	0,0023	0,0023	0,00230	0,05138
19	X ₃₁	0,0015	0,0015	0,0016	0,00153	0,02100
20	X ₃₂	0,0016	0,0015	0,0016	0,00156	0,02230
21	X ₃₃	0,0015	0,0015	0,0016	0,00153	0,02100
22	X ₃₄	0,0015	0,0015	0,0016	0,00153	0,02100
23	X ₃₅	0,0016	0,0016	0,0015	0,00156	0,02230
24	X ₃₆	0,0015	0,0016	0,0015	0,00153	0,02100

Lampiran E. Hasil Kualitas Karbon Aktif Serbuk Biji Kelor

1) Rendemen

$$\begin{aligned}\text{Rendemen (\%)} &= \frac{\text{Berat arang yang dihasilkan}}{\text{Berat sampel yang diarsangkan (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{750}{100} \times 100\% \\ &= 75 \%\end{aligned}$$

2) Kadar air

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{(a-b)}{a} \times 100\% \\ &= \frac{2-1,80}{2} \times 100\% \\ &= 10\%\end{aligned}$$

Keterangan:

a = berat karbon awal (g)

b = berat karbon kering (g)

3) Kadar abu

$$\begin{aligned}\text{Kadar abu} &= \frac{a}{b} \times 100\% \\ &= \frac{0,6}{1} \times 100\% \\ &= 6\%\end{aligned}$$

Keterangan:

a = berat abu (g)

b = berat karbon kering awal (g)

4) Daya serap terhadap iodium

$$\text{Daya serap iod (mg/g)} = \frac{10 - \frac{(N \times V)}{0,1}}{s} \times 100\% = 751,248 \text{ mg/g}$$



Lampiran F. Hasil Uji Statistik

1. Uji Normalitas

Tests of Normality

Sampel		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Konsentrasi	K	,319	6	,056	,683	6	,004
	X1	,319	6	,056	,683	6	,004
	X2	,319	6	,056	,683	6	,004
	X3	,407	6	,002	,640	6	,001

a. Lilliefors Significance Correction

2. Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Konsentrasi	Based on Mean	1704,677	3	20	,000
	Based on Median	195,362	3	20	,000
	Based on Median and with adjusted df	195,362	3	5,00	,000
	Based on trimmed mean	1383,093	3	20	,000

3. Kruskal-Wallis Test

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KONSENTRASI	24	.4242433	.66160166	.02100	1.55000
sampel	24	2.50	1.142	1	4

Ranks

sampel	N	Mean Rank
K	6	21.50
X1	6	15.50
KONSENTRASI X2	6	9.50
X3	6	3.50
Total	24	

Test Statistics^{a,b}

	KONSENTRASI
Chi-Square	21.934
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: sampel

4. Mann-Whitney Test

K dengan X1

Ranks

sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
K	6	9.50	57.00
KONSENTRASI X1	6	3.50	21.00
Total	12		

Test Statistics^a

	KONSENTRASI
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.966
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: sampel

b. Not corrected for ties.

K dengan X2

Ranks

sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
K	6	9.50	57.00
KONSENTRASI X2	6	3.50	21.00
Total	12		

Test Statistics^a

	KONSENTRASI
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.966
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

- a. Grouping Variable: sampel
- b. Not corrected for ties.

K dengan X3

Ranks

sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
K	6	9.50	57.00
KONSENTRASI X3	6	3.50	21.00
Total	12		

Test Statistics^a

	KONSENTRASI
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.983
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

- a. Grouping Variable: sampel
- b. Not corrected for ties.

X1 dengan X2

Ranks

sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
X1	6	9.50	57.00
KONSENTRASI X2	6	3.50	21.00
Total	12		

Test Statistics^a

	KONSENTRASI
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.966
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

- a. Grouping Variable: sampel
- b. Not corrected for ties.

X1 dengan X3**Ranks**

sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
X1	6	9.50	57.00
KONSENTRASI X3	6	3.50	21.00
Total	12		

Test Statistics^a

	KONSENTRASI
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.983
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: sampel

b. Not corrected for ties.

X2 dengan X3**Ranks**

sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
X2	6	9.50	57.00
KONSENTRASI X3	6	3.50	21.00
Total	12		

Test Statistics^a

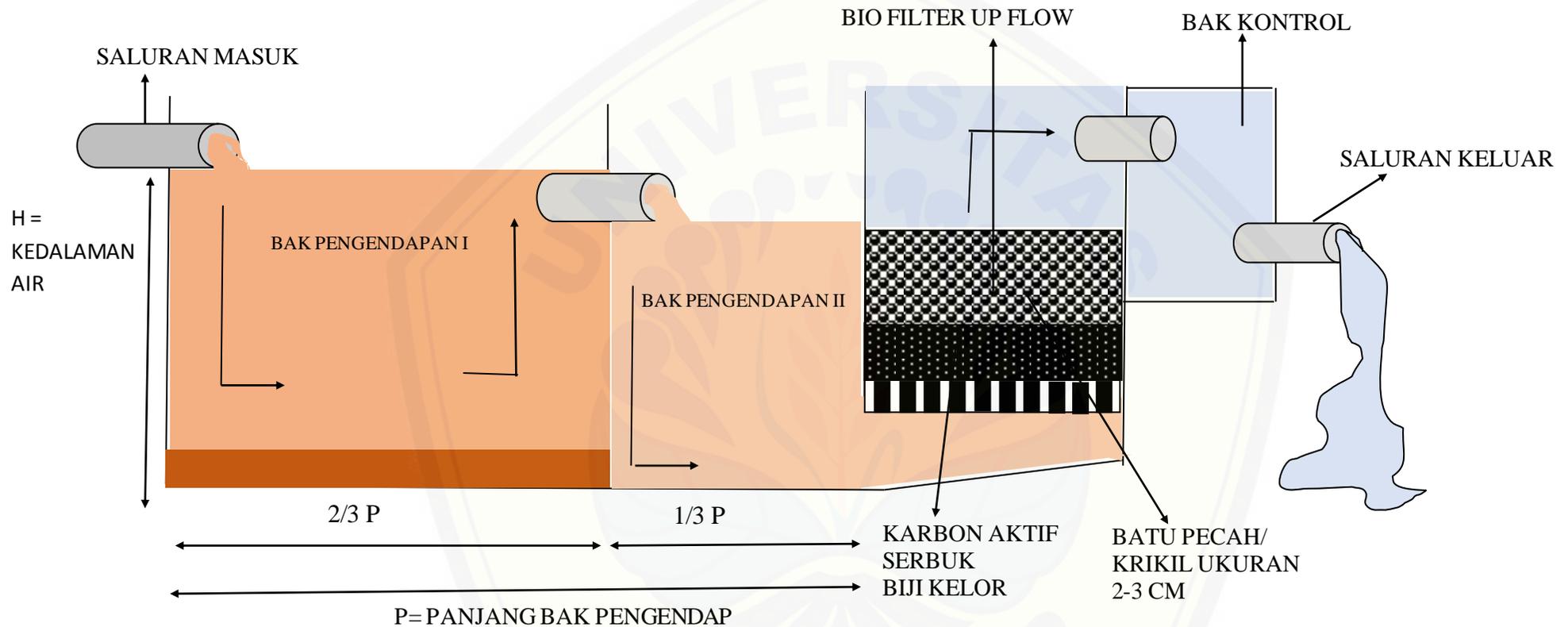
	KONSENTRASI
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.983
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: sampel

b. Not corrected for ties.



Lampiran G. Pengolahan Limbah Cair



KETERANGAN:

Air limbah cair masuk ke bak pengendapan pertama yang berfungsi sebagai bak pengendap sendimen. Sedangkan ruang kedua sebagai bak pengendap sendimen yang tidak terendapkan di bak pertama dan luapan air bak pengendap di alirkan ke media filter dengan arah aliran dari bawah ke atas (M. Soeparman, 2001:130).



Lampiran H. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Biji kelor tua



Gambar 2. Biji kelor yang terpisah dari kulitnya



Gambar 3. Limbah cair pelepasan malam dan pewarna



Gambar 4. Pencampuran dari semua limbah



Gambar 5. Proses Karbonisasi



Gambar 6. Hasil Karbonisasi



Gambar 7. Penghalusan biji kelor



Gambar 8. Pengayakan biji kelor dengan menggunakan ayakan berukuran 100 mesh



Gambar 9. Penimbangan



Gambar 10. Proses aktivasi dengan HCL 0,1 M



Gambar 11. Penyaringan



Gambar 12. Pengovenan Karbon Aktif



Gambar 13. Desikator untuk pengurangan kadar air



Gambar 14. Pengadukan dengan *Magnetic Stirrer* dengan 400 rpm



Gambar 15. Sampel yang siap uji SSA



Gambar 16. Pengujian kadar kadmium (Cd) dengan SSA



Gambar 17. Uji kualitas karbon aktif pada pengukuran jumlah kadar abu



Gambar 18. Pewarna yang digunakan untuk membatik



Gambar 19. Pembuangan limbah cair batik