



**PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KUPANG (*Corbula Faba*) TERAKTIVASI  
TERMAL SEBAGAI ADSORBEN LOGAM KROMIUM ( $\text{Cr}^{6+}$ )  
(Studi Pada Limbah Cair Industri Batik Al-Huda Di Kabupaten Sidoarjo)**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Dini Dwi Pridyanti  
NIM 132110101059**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KUPANG (*Corbula Faba*) TERAKTIVASI  
TERMAL SEBAGAI ADSORBEN LOGAM KROMIUM ( $\text{Cr}^{6+}$ )  
(Studi Pada Limbah Cair Industri Batik Al-Huda Di Kabupaten Sidoarjo)**

**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

**Dini Dwi Pridyanti  
NIM 132110101059**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ayah Santoso dan Ibu (Alm) Supriatin yang telah memberikan kasih sayang, limpahan doa, dukungan serta pengorbanan yang tiada tara.
2. Kakak saya, Ika Yuniarti yang telah memberikan doa, dukungan serta motivasi.
3. Seluruh keluarga besar yang telah banyak memberikan doa, perhatian dan motivasi yang tiada tara.
4. Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

**MOTTO**

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”

(Terjemahan Surat Ar-Rum Ayat 41)\*)



---

\*) (Surat Ar-Rum ayat 41) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dini Dwi Pridyanti

NIM : 132110101059

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kupang (Corbula Faba) Teraktivasi Termal Sebagai Adsorben Logam Kromium ( $Cr^{6+}$ ) (Studi Pada Limbah Cair Industri Batik Al-Huda di Kabupaten Sidoarjo)* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Oktober 2018

Yang menyatakan,

(Dini Dwi Pridyanti)

NIM 132110101059

**PEMBIMBING**

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KUPANG (*Corbula Faba*) TERAKTIVASI  
TERMAL SEBAGAI ADSORBEN LOGAM KROMIUM ( $\text{Cr}^{6+}$ )  
(Studi Pada Limbah Cair Industri Batik Al-Huda di Kabupaten Sidoarjo)**

Oleh

Dini Dwi Pridyanti  
132110101059

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Prehatin Trirahayu Ningrum, S.KM.,M.Kes.

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kupang (Corbula Faba) Teraktivasi Termal Sebagai Adsorben Logam Kromium (Cr<sup>6+</sup>) (Studi Pada Limbah Cair Industri Batik Al-Huda di Kabupaten Sidoarjo)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 30 Oktober 2018

Tempat : Ruang Sidang 1

Pembimbing

Tanda Tangan

1. DPU : Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes. (.....)  
NIP. 198111202005012001

2. DPA : Prehatin Trirahayu Ningrum, S.KM., M.Kes. (.....)  
NIP. 198505152010122003

Penguji

1. Ketua : Dwi Martiana Wati, S.Si. M.Si. (.....)  
NIP.198003132008122003

2. Sekretaris : Ellyke, S.KM., M.KL. (.....)  
NIP. 198104292006042002

3. Anggota : Eka Agustina, S. T (.....)  
NIP. 197908062006042024

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Jember

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

## RINGKASAN

**Pemanfaatan Serbuk Cangkang Kupang (*Corbula Faba*) Teraktivasi termal Sebagai Adsorben Logam Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) (Studi Pada Limbah Cair Industri Batik Al-Huda di Kabupaten Sidoarjo); Dini Dwi Pridyanti; 132110101059; 2018; 73 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.**

Industri batik merupakan salah satu industri yang menjadi penopang perekonomian di Indonesia. Proses pembuatan batik tidak terlepas dari adanya limbah cair. Semakin banyak kain batik yang diproduksi, maka limbah yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Limbah cair yang dihasilkan industri batik mengandung logam berat, salah satunya adalah logam kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Logam kromium merupakan logam yang memiliki daya racun tinggi. Bahaya terpapar kromium dapat mengakibatkan iritasi mata, radang selaput lendir, bronkitis, dan kanker paru-paru. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk meminimalisir kandungan kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dalam limbah cair batik. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam mengikat logam berat pada limbah cair industri tekstil karena ramah lingkungan dan relatif mudah. Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) merupakan bahan yang sesuai untuk mengikat senyawa toksik berupa logam berat.

Kupang dapat diolah menjadi berbagai macam olahan makanan seperti lontong kupang, petis kupang, dan krupuk kupang. Dari berbagai macam olahan tersebut yang dimanfaatkan hanya dagingnya saja, sedangkan cangkang kupang dibuang dan menjadi limbah. Di sisi lain cangkang kupang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam menyerap logam berat kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Cangkang kupang berpotensi sebagai adsorben karena memiliki kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang cukup tinggi yaitu sebesar 98%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk cangkang kupang sebagai adsorben logam kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada limbah cair batik.



Penelitian ini merupakan penelitian *True Eksperimental Design* dengan bentuk *Posttest Only Control Group Design*. Tahap pertama yang dilakukan adalah membuat serbuk cangkang kupang berukuran 200 mesh, kemudian serbuk tersebut diaktivasi secara termal dengan suhu 800°C selama 6 jam menggunakan *furnace*. Limbah cair yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu 12 liter. Limbah tersebut dibagi menjadi empat kelompok, dimana tiap kelompok terdiri dari 6 replikasi. Kelompok pertama yaitu kelompok kontrol (K), kelompok kedua yaitu kelompok yang mendapat penambahan serbuk cangkang kupang sebesar 2 gr/0,5 L (P<sub>1</sub>), kelompok ketiga mendapat penambahan serbuk cangkang kupang sebesar 4 gr/0,5 L (P<sub>2</sub>), dan kelompok keempat mendapat penambahan serbuk cangkang kupang sebesar 6 gr/0,5 L (P<sub>3</sub>). Setiap sampel diaduk dengan kecepatan 360 rpm menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit, kemudian didiamkan selama 110 menit.

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kandungan kromium (Cr<sup>6+</sup>) pada air limbah industri batik melebihi baku mutu yaitu 3,22 mg/L, hal ini disebabkan karena pihak industri tidak melakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum limbah cair dibuang ke lingkungan. Penelitian eksperimen ini memiliki data berdistribusi normal sekaligus homogen. Hasil uji anova menunjukkan bahwa ada perbedaan antar kelompok. Kelompok P<sub>3</sub> memiliki tingkat rata-rata penyerapan yang paling tinggi yaitu 2,00 mg/0,5 L dengan presentase 47,64%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang kupang terbukti dapat mengikat logam kromium (Cr<sup>6+</sup>) pada limbah cair batik. Oleh karena itu, saran bagi pihak industri adalah menggunakan serbuk cangkang kupang teraktivasi sebagai bahan adsorben kadar kromium (Cr<sup>6+</sup>) pada limbah cair batik sebelum dibuang ke lingkungan. Saran bagi penelitian selanjutnya yaitu perlu mempertimbangkan penambahan massa serbuk cangkang kupang yang sesuai dan memperhatikan variabel lain seperti pH, kecepatan pengadukan, waktu kontak, dan konsentrasi logam sehingga diperoleh hasil penyerapan kadar kromium (Cr<sup>6+</sup>) dibawah baku mutu air limbah (BMAL) yang sudah ditetapkan yaitu 1,0 mg/L. Selain itu perlu dilakukan uji coba regenerasi serbuk cangkang kupang dengan metode desorpsi agar bisa dilakukan *reuse adsorben*.

**SUMMARY**

***Utilization Of Mussel Shell Waste (Corbula Faba) Thermal Activated As Chromium Metal (Cr<sup>6+</sup>) Adsorbent (Studi On liquid Waste Batik Al-Huda Industry In Sidoarjo); Dini Dwi Pridyanti; 132110101059; 73 pages; Department of Environmental Health and Occupational Health Safety Faculty of Public Health University of Jember***

Batik is one industry that became the underpinning of the economy in Indonesia. The process of making batik is inseparable from the existence of liquid waste. A growing number of batik cloth is produced, then the resulting waste will also be higher. The resulting liquid waste containing heavy metals batik industry, one of which is the metal chromium (Cr<sup>6+</sup>). Chromium metal is metal that has the power of poison. The dangers of exposure to chromium can lead to irritation of the eyes, inflammation of the mucous membranes, bronchitis, and lung cancer. Therefore efforts need to be made to minimize the content of chromium (Cr<sup>6+</sup>) in the liquid waste in batik. Adsorption is one method that is commonly used in binding heavy metals liquid waste on the textile industry because it is environmentally friendly and relatively easy. Calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) is the appropriate materials for binding of toxic compounds in the form of heavy metals.

The mussel can be processed into a wide range of processed foods such as lontong kupang, kupang, and krupuk petis kupang. From a wide variety of processed that utilized only the flesh only, whereas mussel shells discarded and becomes waste. On the other hand the mussel shells can be used as adsorbent in absorbing the heavy metal chromium (Cr<sup>6+</sup>). Mussel shells potentially as adsorbents for possession of biological calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) that is high enough that is of 98%. This research aims to know the influence of mussel shells as adsorbent powder metal chromium (Cr<sup>6+</sup>) on the waste liquid of batik.

This research is the study of experimental Design with True forms Posttest Only Control Group Design. The first stage is to create a shell Mussel powder be sized 200 mesh, then the powder of thermal activated in 800°C with temperature for 6 hours using a furnace. Liquid waste is needed in this study was 12 liters.

The waste is divided into four groups, which each group consists of 6 replications. The first group control group (K), the second group is the 2 grams/0,5 L addition of shells powder (P1), the third group is the 4 gr/0,5 L addition of mussel shell powder (P2), and the fourth group is the 6 gr/0,5 L addition of mussel shell powder (P3). Each sample is stirred at 360 rpm using a magnetic stirrer for 10 minutes, then let it stand for 110 minutes.

Laboratory test results show that the content of chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) in the batik industry wastewater exceeding quality raw i.e. 3,35 mg/L, this is because the industry is not doing pengolahan first before liquid waste disposed the environment. Experimental research has a Gaussian data at once homogeneous. Anova test results indicate that there is a difference between groups. Group P<sub>3</sub> has an average level of absorption is highest which was 2,00 mg/0,5 L with a percentage of 47,64%. It shows that the addition of the mussel shell powder proved to be able to absorb metal chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) on batik liquid waste. Therefore, suggestions for the industry is to use powder shell Mussel activated adsorbents as material for the levels of chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) on batik before liquid waste was dumped into the environment. The suggestions for further research is that need to consider adding the appropriate shell Mussel powder and pay attention to other variables such as pH, contact time, stirring speed, and concentration of the metal so that the absorption results obtained levels of chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) under the raw waste water quality (BMAL) which is 1,0 mg/l. Additionally need conducted trials with kupang shell powder regeneration method desorpsi to do reuse adsorbent.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kupang (Corbula Faba) Teraktivasi Termal sebagai Adsorben Logam Kromium ( $Cr^{6+}$ ) (Studi pada Limbah Industri Batik Al-Huda di Kabupaten Sidoarjo)* sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember,

Dalam skripsi ini dijabarkan bagaimana penurunan kadar logam kromium ( $Cr^{6+}$ ) pada limbah cair batik menggunakan cangkang kupang teraktivasi termal, sehingga nantinya dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penyelenggaraan pengelolaan limbah industri batik yang baik bagi kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat di Kabupaten Sidoarjo.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada **Ibu Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes**, dan **Ibu Prehatin Trirahayu Ningrum, S.KM., M.Kes** selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, koreksi serta saran hingga terwujudnya skripsi ini. Terimakasih dan penghargaan penulis 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. Ibu Dwi MartianaWati, S.Si. M.Si. dan Ibu Ellyke, S.KM., M.KL, selaku Ketua Penguji dan Sekretaris Penguji.
4. Seluruh dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah membagi pengalaman dan ilmu kepada kami.

5. Bapak Huda, selaku pemilik Industri Batik AL-Huda yang telah memberikan ijin dan membantu dalam menyediakan sampel air limbah.
6. Orang tua saya, Bapak Santoso, (Alm) Ibu Supriatin dan Mami Kristin yang selalu membimbing dan memberikan kasih sayang, serta doa.
7. Kakak saya Ika dan adik saya Feldion yang selalu membatu dan memberikan dorongan.
8. Seluruh mahasiswa peminatan Kesling yang dibanggakan.
9. Sahabat-sahabat saya (Alm) Ninis, Ayu PW, dan para Nero serta Perempuan-perempuan Pintar (Adam, Ade, Babange, Ian, Juant, Mail, Rosi, Roziqin, Sofyan, Ebby, Nina, Sindy dan Siska) yang telah banyak membantu selama kuliah.
10. Teman-teman kelompok PBL 7 Desa Dawuhan Mangli dan teman-teman kelompok magang PT. Bumi Sukses Indo.
11. Teman dan saudara saya yang membantu penelitian ini, Sani, Tasim, Dewi, dan Nabilla.
12. Seluruh pihak lain yang terlibat dalam penelitian ini yang tidak bisa sebutkan satu-persatu.

Skripsi ini telah kami susun dengan optimal, namun tidak menutup kemungkinan adanya kekurangan, oleh karena itu kami dengan tangan terbuka menerima masukan yang membangun. Semoga tulisan ini berguna bagi semua pihak yang memanfaatkannya.

Jember, 30 Oktober 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>PEMBIMBING</b> .....	v
<b>PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xix
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan .....	6
1.3.1 Tujuan Umum.....	6
1.3.2 Tujuan Khusus .....	6
1.4 Manfaat .....	6
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	6
1.4.2 Manfaat Praktis .....	7
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Batik.....	8
2.2.1 Pengertian Batik.....	8
2.2.2 Proses Pembuatan Batik .....	8
2.2 Limbah .....	11
2.2.1 Pengertian limbah .....	11
2.2.2 Limbah Industri Batik.....	12
2.3 Kromium.....	14

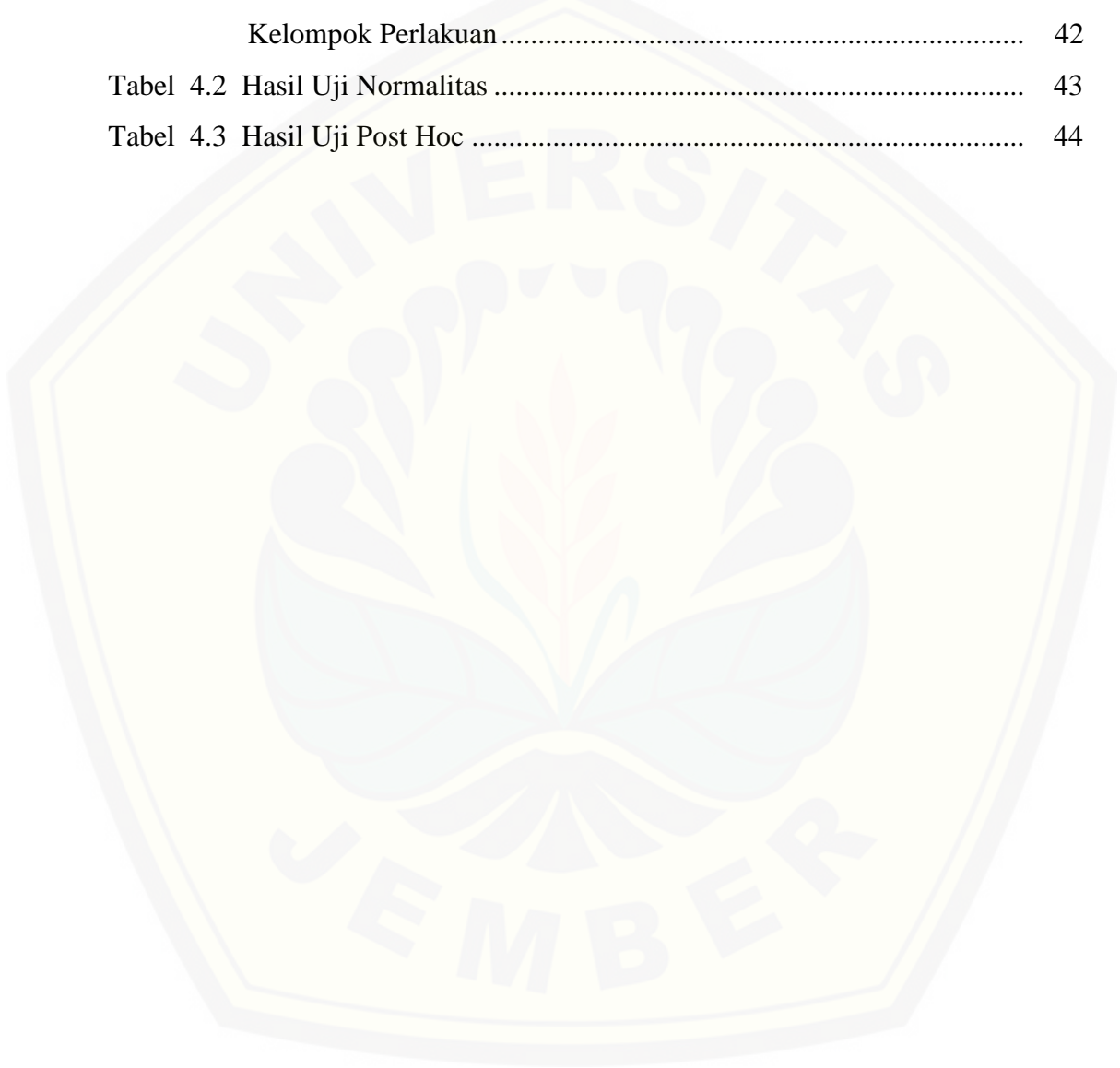
2.3.1 Sifat-sifat Kromium .....	15
2.3.2 Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) .....	15
2.3.3 Toksikologi logam kromium $\text{Cr}^{6+}$ .....	16
2.4 Adsorpsi .....	17
2.4.1 Pengertian Adsorpsi .....	17
2.4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi .....	18
2.5 Kupang .....	20
2.6 Kalsium Karbonat .....	21
2.7 Proses Aktivasi .....	22
2.8 Kerangka Teori .....	25
2.9 Kerangka Konsep .....	26
2.10 Hipotesis .....	27
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	28
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	30
3.2.1 Tempat Penelitian .....	30
3.2.2 Waktu Penelitian .....	30
3.3 Objek Penelitian .....	31
3.3.1 Sampel Penelitian .....	31
3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel .....	31
3.4 Variabel dan Definisi Operasional .....	32
3.4.1 Variabel Penelitian .....	32
3.5 Alat dan Bahan .....	32
3.6 Prosedur Kerja .....	33
3.7 Prosedur Kerja Penelitian .....	35
3.8 Data dan Sumber Data .....	36
3.8 Teknik dan Alat Pengumpulan Data .....	36
3.8.1 Teknik Pengumpulan Data .....	36
3.8.2 Alat Pengumpulan Data .....	36
3.9 Teknik Penyajian dan Analisis Data .....	36
3.10 Kerangka Alur Penelitian .....	39

<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>40</b>
4.1 Hasil.....	40
4.1.1 Kadar Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada Limbah Batik Tanpa Penambahan Serbuk Cangkang Kupang (Kelompok Kontrol).....	40
4.1.2 Kadar Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada Limbah Batik dengan Perlakuan P1, P2, & P3.....	41
4.1.3 Perbedaan Hasil Uji Kandungan Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Kelompok Kontrol (K) dengan Kelompok Perlakuan (P1, P2, & P3) .....	42
4.2 Pembahasan .....	45
4.2.1 Kadar Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Limbah Cair Batik pada Kelompok Kontrol (K) .....	45
4.2.2 Kadar Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Limbah Cair Batik pada Kelompok Perlakuan (P1, P2, dan P3). .....	47
4.2.3 Perbedaan Hasil Rata-Rata Kadar Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Kelompok Kontrol dengan Kelompok Perlakuan (P1, P2, dan P3).....	49
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	<b>57</b>
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>68</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 4.1 Perbedaan Kadar Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan .....	42
Tabel 4.2 Hasil Uji Normalitas .....	43
Tabel 4.3 Hasil Uji Post Hoc .....	44

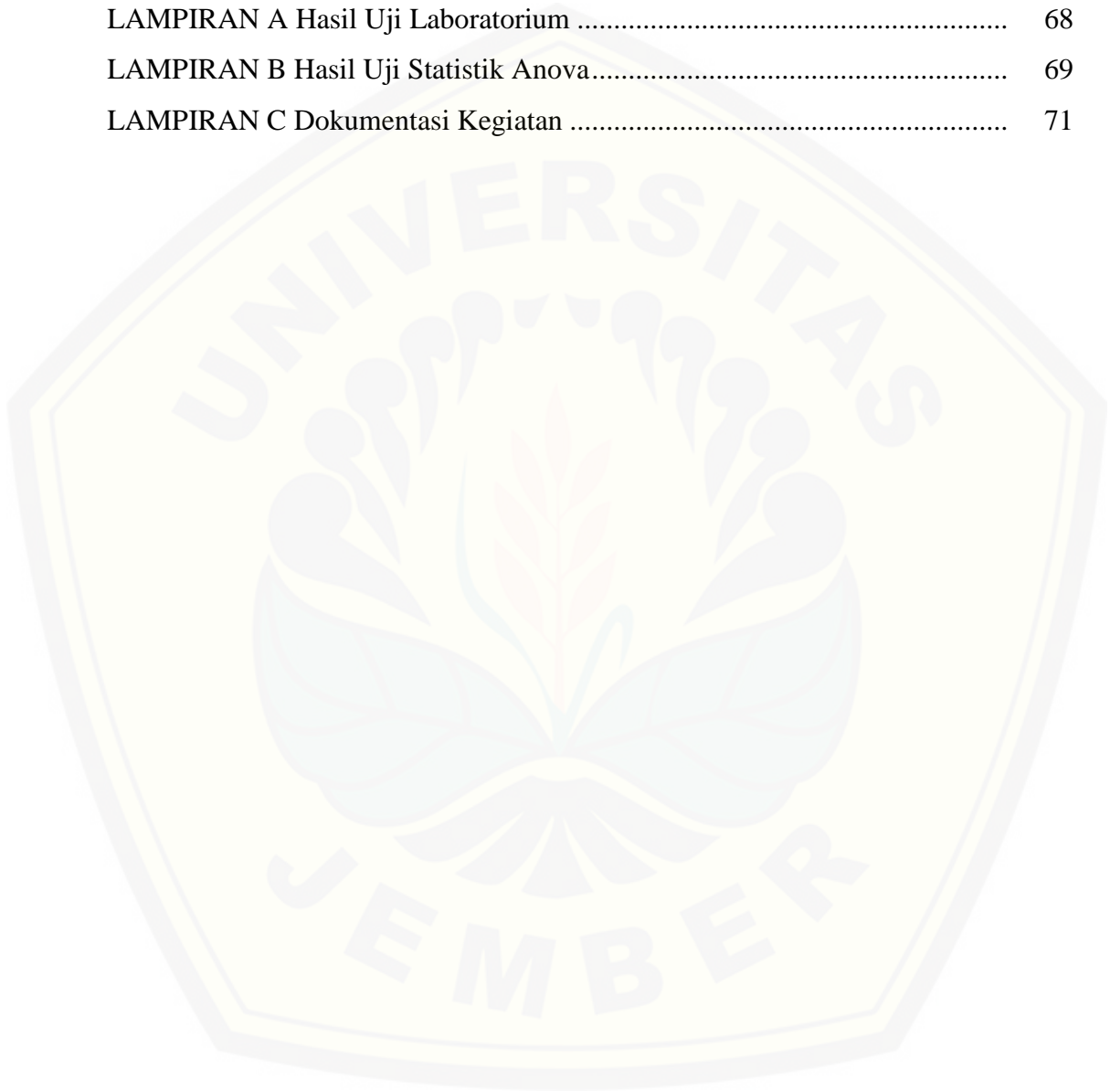


**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Cangkang Kupang ( <i>Corbula Faba</i> ) .....	20
Gambar 2.2 Kerangka Teori .....	25
Gambar 2.3 Kerangka Konsep .....	26
Gambar 3.1 Desain penelitian .....	28
Gambar 3.2 Denah lokasi pengambilan sampel .....	31
Gambar 3.3 Kerangka Operasional .....	35
Gambar 4.1 Kadar Kromium (Cr6+) Kelompok Kontrol (K).....	40
Gambar 4.2 Kadar Kromium (Cr6+) pada Kelompok Perlakuan .....	41

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
LAMPIRAN A Hasil Uji Laboratorium .....	68
LAMPIRAN B Hasil Uji Statistik Anova.....	69
LAMPIRAN C Dokumentasi Kegiatan .....	71



**DAFTAR SINGKATAN**

AAS	: <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>
BMAL	: Baku Mutu Air Limbah
BOD	: Biological Oxygen Demand
CaCO <sub>3</sub>	: Kalsium Karbonat
Cd	: Kadmium
COD	: Chemical Oxygen Demand
Cr	: Kromium
Cr <sup>3+</sup>	: Kromium Trivalen
Cr <sup>6+</sup>	: Kromium Heksavalen
Cu	: Tembaga
Gr	: Gram
Gr/ml	: Satuan gram per mili liter
IPAL	: Instalasi Pengolahan Air Limbah
K	: Kontrol
Mg/L	: Mili gram per liter
Mn	: Mangan
Na	: Nomor Atom
Ni	: Nikel
Permen LH	: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup
Pb	: Timbal
P1	: Perlakuan Pertama
P2	: Perlakuan Kedua
P3	: Perlakuan Ketiga
RAL	: Rancangan Acak Lengkap
SNI	: Standar Nasional Indonesia
UKM	: Usaha Kecil Menengah
Zn	: Seng

**DAFTAR NOTASI**

$\leq$	= Kurang dari sama dengan
$\geq$	= Lebih dari sama dengan
$<$	= Kurang dari
$>$	= Lebih dari
$\alpha$	= Alpha
$\pm$	= Kurang lebih
$=$	= Sama dengan
$\%$	= Per seratus
$^{\circ}\text{C}$	= Derajat Celcius
:	= Titik dua

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dikenal akan potensi pesisir dan kelautan yang kaya. Potensi sumber daya ikan laut di Indonesia rata-rata mencapai 6 juta ton per tahun (Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, 2016). Provinsi Jawa Timur adalah salah satu provinsi yang memiliki hasil tangkap perikanan yang tergolong tinggi. Sidoarjo merupakan kota yang terkenal akan budi daya ikannya, hal tersebut bisa dilihat dari logo Kabupaten Sidoarjo yang berupa ikan bandeng dan udang. Selain itu Sidoarjo juga terkenal dengan hasil tangkapan laut, yaitu kupang. Kupang adalah kelompok kerang-kerangan yang banyak ditemukan di sekitar pesisir laut, khususnya pada perairan berlumpur dan dipengaruhi pasang surut air laut.

Kupang merupakan salah satu hasil perikanan yang melimpah di Sidoarjo. Menurut data statistik Dinas Perikanan Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2016 produksi kupang di Sidoarjo mencapai 9.578,1 ton. Desa Balongdowo, Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo adalah salah satu desa yang mayoritas penduduknya bekerja sebagai nelayan kupang (Anonim, 2017:1). Kupang dapat diolah menjadi berbagai macam olahan makanan seperti lontong kupang, petis kupang, dan kerupuk kupang. Lontong kupang merupakan salah satu makanan khas Sidoarjo, yang tersebar hampir di sepanjang jalan utama Kota Sidoarjo. Dari berbagai macam olahan makanan tersebut yang digunakan hanyalah daging kupang, sedangkan cangkang kupang biasanya dibuang dan menjadi limbah. Makanan olahan kupang dijual setiap hari di toko atau warung makanan, sehingga jumlah cangkang kupang yang dihasilkan pasti sangat besar.

Dari hasil studi pendahuluan pemanfaatan limbah cangkang kupang belum dimanfaatkan secara maksimal. Pemanfaatan limbah cangkang kupang di Desa Balongdowo hanya digunakan sebagai campuran pakan ternak. Limbah cangkang kupang biasanya di jual kepada warga yang kemudian diolah menjadi serbuk sebagai campuran pakan ternak. Potensi yang besar dari limbah cangkang kupang

serta pemanfaatan yang hanya terbatas sebagai campuran pakan ternak, memunculkan konsep pemanfaatan lain yang dapat menambah nilai pemanfaatan limbah cangkang kupang sebagai alternatif adsorben untuk mengikat logam berat. Menurut hasil penelitian Arias (2002:4) cangkang kupang memiliki kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sangat tinggi yaitu sekitar 98% dan sisanya 2 % adalah kandungan organik, termasuk kitin. Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) secara fisik memiliki pori-pori yang dapat mengadsorbsi zat-zat lain ke dalam permukaannya. Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) merupakan bahan yang sesuai untuk mengikat senyawa toksik berupa logam berat (Anugrah, 2015:40-41).

Salah satu logam berat adalah logam kromium. Logam kromium mempunyai daya racun tinggi yang ditentukan oleh valensi ion-nya. Krom dengan valensi  $\text{Cr}^{6+}$  memiliki tingkat toksik yang lebih berbahaya dibandingkan dengan  $\text{Cr}^{3+}$ , karena  $\text{Cr}^{6+}$  bersifat karsinogen dan berdaya larut tinggi pada lingkungan (Rahman et al., 2007:161). Sifat racun logam kromium dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Palar, 2004:139). Menghirup senyawa kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dapat mengakibatkan bersin, batuk, demam, sakit pernapasan, dan kehilangan berat badan. Akibat dari keracunan kronik dapat menimbulkan gejala lain seperti iritasi pada kelopak mata, radang selaput lendir, bronkitis, dan kanker paru-paru (Sembel, 2015:112-113).

Beberapa kegiatan industri dapat menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat. Industri batik merupakan salah satu industri yang banyak menghasilkan limbah cair. Limbah cair batik yang berasal dari proses produksi memiliki kandungan bahan organik, lemak yang tinggi atau minyak, padatan tersuspensi, kandungan logam berat berbahaya, seperti Cd, Cu, Zn, Pb, dan Cr yang dapat menimbulkan pencemaran air (Nurdalia, 2006:108:109). Kromium adalah salah satu logam berat yang banyak terkandung dalam limbah cair batik yang menggunakan bahan pewarna sintetis.

Potensi sumber daya ekonomi adalah salah satu sumber daya yang besar yang dimiliki Indonesia. Kondisi perekonomian di Indonesia salah satunya ditopang oleh perekonomian Usaha Kecil Menengah (UKM). Menurut Staff khusus Menteri Ekonomi dan UKM Agus Muharram yang dikutip dari

[www.kabarbisnis.com](http://www.kabarbisnis.com) menerangkan bahwa jumlah UKM di Indonesia mencapai 62,92 juta unit usaha atau 99,92% dari total unit usaha di dalam negeri. Sidoarjo merupakan salah satu kota yang memiliki banyak UKM. Industri kecil menengah yang menjadi unggulan dari Sidoarjo adalah industri batik tulis Sidoarjo (Kumalasari, 2014:66-68).

Berdasarkan data dari Dinas Koperasi UKM Perindustrian Perdagangan Dan Energi Sumber Daya Mineral Kabupaten Sidoarjo (2016), tercatat ada 43 sentra batik di Kabupaten Sidoarjo. Industri batik banyak tersebar di Kecamatan Sidoarjo, salah satunya adalah Rumah Batik Tulis Halus & Workshop Al – Huda yang telah berdiri sejak tahun 1982. Industri batik Al-Huda memiliki 60 karyawan dan rata-rata setiap hari mampu menghasilkan batik sebanyak 80 potong kain batik atau lebih tergantung banyaknya pesanan kain batik. Semakin banyak kain yang diproduksi, takaran bahan pewarna yang diperlukan juga akan semakin banyak sesuai dengan takaran yang ditetapkan oleh industri batik tersebut.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan limbah cair batik di Rumah Batik Tulis Halus & Workshop Al – Huda Kabupaten Sidoarjo pada 26 Agustus 2017, didapatkan hasil kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yaitu 3,22 mg/L. Kadar  $\text{Cr}^{6+}$  tersebut melebihi baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 tahun 2014 dimana kadar  $\text{Cr}^{6+}$  air limbah yang akan dibuang ke badan air adalah 0,1 mg/L. Kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  pada limbah cair Industri batik Al-Huda cukup tinggi atau melebihi BMAL. Hal ini dikarenakan industri batik Al-Huda tidak memiliki sistem IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) untuk menangani limbahnya sehingga limbah cair langsung dibuang ke selokan yang akhirnya akan bermuara ke sungai.

Limbah cair yang masuk ke dalam aliran sungai akan dapat mempengaruhi kondisi sungai baik secara fisik, kimiawi ataupun biologis. Keadaan ini dapat mengganggu estetika perairan, menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam badan air, menurunkan kualitas lingkungan dan merusak kehidupan yang ada di lingkungan tersebut. Selain itu jika air sungai yang terkontaminasi limbah cair batik digunakan oleh masyarakat sekitar sungai maka dapat berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan seperti menimbulkan rasa gatal, iritasi mata,



kulit kering, dan luka terbuka pada kulit (Andriani, 2017:83). Mengingat bahwa keberadaan logam  $\text{Cr}^{6+}$  sangat berbahaya, maka perlu dilakukan penanganan dan pengawasan pada limbah cair industri batik sebelum masuk ke dalam badan air dengan tujuan mengurangi tingkat pencemaran air sungai.

Berbagai macam metode dapat digunakan untuk menghilangkan zat warna seperti metode koagulasi, flokulasi, filtrasi, presipitasi, teknik elektrokimia, adsorpsi, dekolorisasi, dan ozonasi. Metode yang umum digunakan dalam menghilangkan zat warna pada limbah cair industri tekstil adalah adsorpsi (Harmeed et al., 2007:195). Selain itu adsorpsi merupakan metode yang ramah lingkungan dan relatif mudah. Jenis adsorben yang digunakan dalam proses penghilangan zat warna dapat mempengaruhi adsorpsi (Putranto, 2014:12). Bahan organik terbukti dapat digunakan sebagai adsorben atau pengikat logam berat seperti, kulit kakao dapat menyerap logam berat timbal (Pb) (Moelyaningrum, 2013), kulit durian dapat menyerap logam berat kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) (Zarkasi et al., 2018), serta cangkang telur ayam potong mampu menyerap logam Cu (Ratnasari et al., 2017).

Pada penelitian sebelumnya melakukan studi untuk mengetahui kemampuan adsorpsi cangkang kupang yang dilakukan oleh Darajati (2007) pada larutan Pb dan Cd. Serbuk cangkang kupang sebesar 0,75 gram/ml dapat menurunkan Pb dalam larutan sebanyak 83,35% sedangkan serbuk cangkang kupang sebesar 5 gram/ml dapat menurunkan kadar Cd dalam larutan sebanyak 100%, dengan pengadukan optimal 120 menit pada kecepatan 360 rpm. Penelitian oleh Khan (2016) menggunakan cangkang kerang darah yang juga tersusun dari kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang tinggi, menunjukkan bahwa cangkang kerang darah yang diaktivasi termal pada suhu  $800^\circ\text{C}$  lebih efektif dibandingkan serbuk cangkang kupang yang tidak diaktivasi dalam mengadsorpsi logam  $\text{Cu}^{2+}$ , yaitu sebesar 96,01% dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu kontak 120 menit. Pada penelitian ini, cangkang kupang akan diaktivasi secara termal pada suhu  $800^\circ\text{C}$  kemudian digunakan untuk mengadsorpsi kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  pada air limbah batik dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit.

Secara umum faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi dari senyawa organik tergantung dari beberapa karakteristik senyawa organik tersebut, seperti massa adsorben, ukuran adsorben, kemampuan adsorben, temperatur, pH, kecepatan pengadukan, dan waktu kontak (Kurniawan, 2010:84). Peneliti memfokuskan pada variasi massa adsorben karena semakin banyak adsorben maka semakin luas permukaan untuk mengikat logam berat kromium semakin besar. Penelitian yang dilakukan oleh Budin et al., (2014) tentang penyerapan Cr menggunakan cangkang kerang darah menjelaskan bahwa penyerapan Cr semakin meningkat seiring bertambahnya massa adsorben dengan variasi massa 0,25 gr, 0,5 gr, dan 1 gr pada 250 ml air limbah. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penyerapan logam Cr tertinggi terjadi pada penambahan serbuk cangkang kerang darah 1 gram, yaitu sebesar 97,45%.

Berdasarkan latar belakang di atas, cangkang kupang yang memiliki kandungan kalsium karbonat cukup tinggi berpotensi sebagai adsorben logam berat. Peneliti bermaksud melakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui kemampuan serbuk cangkang kupang teraktivasi sebagai media adsorben terhadap logam berat kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada limbah cair batik. Pemanfaatan serbuk cangkang kupang sebagai media adsorben dapat dikembangkan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi timbulan limbah cangkang kupang dan penanggulangan pencemaran lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dari latar belakang penelitian diatas adalah “Apakah terdapat perbedaan kadar kromium  $\text{Cr}^{6+}$  antara limbah cair batik yang tidak diberi serbuk cangkang kupang sebagai kelompok kontrol dengan limbah cair batik yang diberi perlakuan serbuk cangkang kupang sebesar 2 gr, 4 gr, dan 6 gr pada 0,5 L dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit?”

### 1.3 Tujuan

#### 1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis perbedaan kadar kromium  $\text{Cr}^{6+}$  limbah cair batik yang tidak diberi serbuk cangkang kupang dengan limbah cair yang diberi perlakuan serbuk cangkang kupang sebesar 2 gr/0,5 L, 4 gr/0,5 L, dan 6 gr/0,5 L pada limbah cair batik dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit.

#### 1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mengukur kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada limbah cair industri batik yang tidak diberi serbuk cangkang kupang (kelompok kontrol) dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit.
- b. Mengukur kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada kelompok limbah cair batik yang diberi serbuk cangkang kupang sebesar 2 gr/0,5 L ( $P_1$ ), 4 gr/0,5 L ( $P_2$ ), dan 6 gr/0,5 L ( $P_3$ ) dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit.
- c. Menganalisis perbedaan kadar  $\text{Cr}^{6+}$  limbah cair industri batik yang tidak diberi serbuk cangkang kupang (kelompok kontrol) dengan kelompok limbah cair batik yang diberi serbuk cangkang kupang sebesar 2 gr/0,5 L, 4 gr/0,5 L, dan 6 gr/0,5 L (kelompok perlakuan) dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit.

### 1.4 Manfaat

#### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pengembangan ilmu di bidang kesehatan masyarakat khususnya pada bidang pengolahan limbah cair, terutama mengenai penurunan kadar kromium pada limbah cair batik dengan serbuk cangkang kupang.

#### 1.4.2 Manfaat Praktis

a. Bagi Mahasiswa

Memberikan wawasan mengenai pemanfaatan limbah cangkang kupang dan penggunaan serbuk cangkang kupang sebagai media adsorben dalam menurunkan kadar kromium pada limbah cair industri batik.

b. Bagi Fakultas

Dapat digunakan sebagai bahan bacaan terkait pemanfaatan limbah cangkang kupang yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar kromium dalam limbah cair industri batik.

c. Bagi Industri

Industri yang menghasilkan limbah kromium dapat memanfaatkan serbuk cangkang kupang sebagai media pengolahan pada limbah cair yang dihasilkan

d. Bagi Pemerintah

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan rujukan untuk pembuatan program penanganan pencemaran lingkungan oleh limbah cair batik.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Batik

#### 2.2.1 Pengertian Batik

Batik berasal dari bahasa Jawa yaitu *mbatik* yang berasal dari dua kata, yaitu *amba* yang artinya lebar, luas, kain. Kemudian kata *titik* atau *matik* (kata kerja membuat batik) yang berarti menghubungkan titik-titik menjadi gambar tertentu pada kain yang luas atau lebar (Wulandari, 2011:4). Batik adalah kain bergambar yang dibuat dengan teknik rintang warna. Bahan perintang yang digunakan adalah malam/lilin. Teknik rintang warna ini dilakukan dengan cara menorehkan malam panas menggunakan canting pada kain untuk membentuk gambar. Bagian yang ditutup malam ini pada saat proses pewarnaan tidak akan terkena warna, sehingga pada saat dilorod (menghilangkan warna) bagian ini tetap berwarna putih, dan membentuk motif pada kain batik (Gratha, 2012:4).

Menurut prosesnya, batik dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu batik tulis yang cara pengerjaannya dengan menggunakan canting, batik cap adalah kain yang dihias dengan motif corak batik dengan menggunakan media canting cap (suatu alat dari tembaga dimana terdapat desain suatu motif) dan kombinasi antara batik tulis dan batik cap yaitu proses pembuatan batik dilakukan dengan menggunakan perpaduan antara *screen printing* (sablon) atau memakai cap dengan malam/lilin. Sesuai dengan perkembangan teknologi dan menghindari lamanya proses produksi batik, digunakan *screen printing* agar dapat diproduksi dengan cepat. Walaupun begitu, produk ini tidak bisa digolongkan sebagai suatu batik tetapi dinamakan tekstik motif batik atau batik *printing* (Musman, 2011:17-22).

#### 2.2.2 Proses Pembuatan Batik

Dalam proses pembuatan batik diperlukan bahan dan peralatan serta tahap-tahap pembuatan batik itu sendiri (Tjahjani, 2013:57-61):

- a. Bahan dan peralatan membuat batik.

- 1) *Canting* merupakan alat yang digunakan untuk melukis batik yang memiliki tiga bagian yaitu gagang, cucuk, dan nyamplung. Gagang terbuat dari kayu/bambu yang digunakan sebagai pegangan. Nyamplung berbentuk seperti wadah kecil dengan lubang di atas yang berfungsi sebagai tempat untuk menampung malam. Cucuk terbuat dari besi yang berbentuk seperti pipa melengkung dengan ujung lancip yang berfungsi untuk mengalirkan malam dari nyamplung.
- 2) *Malam (lilin)*, penggunaannya harus dicairkan terlebih dahulu. Fungsi malam ini untuk menutup pola yang sudah digambar di kain mori. Malam harus selalu dipanaskan, karena malam yang sudah kering tidak bisa digunakan untuk membatik.
- 3) *Kain putih (Mori)* merupakan bahan baku dalam proses pembuatan batik yang berbahan katun/terbuat dari kapas. Kain yang sering digunakan untuk membatik yaitu kain mori dengan jenis kain prima dan primissima. Selain kain mori, kain katun juga digunakan untuk membuat batik. Beberapa jenis kain yang juga cocok untuk membuat batik diantaranya adalah sutra, polyester, nilon, dan serat nanas.
- 4) *Gawangan* terbuat dari bambu atau kayu yang berfungsi untuk meletakkan kain mori yang akan dibatik
- 5) *Wajan dan Kompor*, wajan menggunakan wajan berukuran kecil sebagai tempat/wadah untuk mencairkan malam dengan pemanasan dari kompor.
- 6) *Pewarnaan* batik bertujuan untuk memberi warna pada kain yang telah selesai dicanting. Proses pewarnaan dapat dilakukan dengan cara dicelup dan dicolet. Pewarna batik terbagi menjadi dua, yaitu pewarna kimia yang sering digunakan adalah *indigosol*, *naphthol*, *rapide*. Sedangkan pewarna alam yang digunakan berasal dari tumbuh-tumbuhan, beberapa diantaranya adalah: daun pohon nila (*indigofera tinctoria*) untuk warna biru, kulit pohon soga tingi (*ceriops candolleana*), kayu tegeran (*cuadraina javanensis*), kunyit (*curcuma*) untuk warna kuning, teh (*tea sinensis*), akar mengkudu (*morinda citrifolia*), kulit soga jambal (*pelthophorum ferruginum*) untuk warna kuning, kesumba (*bixa orellana*) untuk warna merah, daun jambu biji (*psidium guava*), daun

mangga (*mangifera indica*) untuk warna coklat, kulit buah manggis (*garcinia mangostana*), dan kayu secang (*caesalpinia sappan*) untuk warna merah kecoklat-coklatan.

b. Tahap-tahap Membatik

Penamaan atau penyebutan cara kerja di tiap daerah pembatikan bisa berbeda-beda, tetapi inti yang dikerjakannya adalah sama. Berikut ini adalah proses membatik yang berurutan dari awal hingga akhir. (Tjahjani, 2013:57-61).

1) Ngemplong

*Ngemplong* merupakan tahap awal yang diawali dengan mencuci kain mori. Tujuannya adalah untuk menghilangkan kanji. Kemudian dilanjutkan dengan *pengeloyoran*, yaitu memasukkan kain mori ke minyak jarak atau minyak kacang yang sudah ada di dalam abu merang. Kain mori dimasukkan ke dalam minyak jarak agar kain menjadi lemas, sehingga daya serap terhadap zat warna lebih tinggi. Setelah melalui proses di atas, kain diberi kanji dan dijemur. Selanjutnya, dilakukan proses *pengemplongan*, yaitu kain mori dipalu untuk menghaluskan lapisan kain agar mudah dibatik.

2) Nyorek atau Molani

Nyorek atau memola adalah proses menjiplak atau membuat pola di atas kain dengan cara meniru pola motif yang sudah ada, atau biasa disebut dengan *ngeblat*. Tahapan ini dapat dilakukan secara langsung di atas kain atau menjiplaknya dengan menggunakan pensil atau canting.

3) Mbathik

*Mbathik* merupakan tahap berikutnya, dengan cara menorehkan malam batik ke kain mori, dimulai dari *nglowong* (menggambar garis-garis di luar pola) dan *isen-isen* (mengisi pola dengan berbagai macam bentuk). Di dalam proses *isen-isen* terdapat istilah *ngecek*, yaitu membuat isian dalam pola yang sudah dibuat dengan cara memberi titik-titik (*nitik*).

4) Nembok

*Nembok* adalah proses menutupi bagian-bagian yang tidak boleh terkena warna dasar, dalam hal ini warna biru, dengan menggunakan malam. Bagian

tersebut ditutup dengan lapisan malam yang tebal seolah-olah merupakan tembok penahan.

5) Medel

*Medel* adalah proses pencelupan kain yang sudah dibatik ke cairan warna secara berulang-ulang sehingga mendapatkan warna yang diinginkan.

6) Ngerok dan Mbirah

Pada proses ini, malam pada kain dikerok secara berhati-hati dengan menggunakan lempengan logam, kemudian kain dibilas dengan air bersih. Setelah itu diangin-anginkan.

7) Mbironi

*Mbironi* adalah menutupi warna biru dan *isen-isen* pola yang berupa cecek atau titik dengan menggunakan malam. Selain itu, ada juga proses *ngrining*, yaitu proses mengisi bagian yang belum diwarnai dengan motif tertentu.

8) Menyoga

*Menyoga* berasal dari kata *soga*, yaitu sejenis kayu yang digunakan untuk mendapatkan warna coklat. Adapun caranya adalah dengan mencelupkan kain ke dalam campuran warna cokelat tersebut.

9) Nglorod

*Nglorod* merupakan tahapan akhir dalam proses pembuatan sehelai kain batik tulis maupun batik cap yang menggunakan perintang warna (malam). Dalam tahap ini, pembatik melepaskan seluruh lilin dengan cara memasukkan kain yang sudah cukup tua warnanya ke dalam air mendidih. Setelah diangkat, kain dibilas dengan air bersih dan kemudian diangin-anginkan hingga kering.

## 2.2 Limbah

### 2.2.1 Pengertian limbah

Limbah adalah semua benda yang berbentuk padat (*solid wastes*), cair (*liquid wastes*), maupun gas (*gaseous wastes*), merupakan bahan buangan yang berasal dari aktivitas manusia secara perorangan maupun hasil aktivitas kegiatan lainnya di antaranya industri, rumah sakit, laboratorium, reaktor nuklir dll. Ada beberapa jenis limbah diantaranya (Suyono, 2010:42):



- a. Limbah rumah tangga yaitu limbah yang berasal dari aktivitas manusia secara perorangan yaitu berupa hasil kegiatan pencucian pakaian, pencucian sayuran/bahan masakan, pencucian alat makan/minum, limbah kamar mandi, tinja manusia dan air seni, sampah padat dari dapur, dari dalam rumah serta dari halaman.
- b. Limbah industri (*industrial wastes*). Limbah ini merupakan kegiatan yang dapat dibagi lagi menjadi,
  - 1) Limbah air panas hasil proses pendinginan mesin, air panas hasil proses industri yang dibuang ke saluran limbah pabrik.
  - 2) Proses pencucian bahan mentah, bahan jadi, pembilasan, pencucian peralatan dan mesin-mesin, yang air pencuci/pembilas dan kotorannya di buang ke saluran limbah.
  - 3) Proses pemurnian material dengan menggunakan bahan kimia misalnya pemisahan hasil tambang emas menggunakan logam merkuri dan asam sulfat.
  - 4) Limbah produk jadi berupa ampas, sampah, zat warna dan asap.
- c. Limbah rumah sakit (*hospital wastes*). Limbah yang berbahaya dari rumah sakit, laboratorium, berupa sisa-sisa organ tubuh, pembalut, bahan kimia/obat-obatan, bakteri penyakit, bahan radioaktif dan lain-lain.
- d. Limbah perkotaan (*municipal wastes*). Limbah perkotaan hampir sama dengan limbah rumah tangga berupa sampah padat/cair.
- e. Limbah nuklir (*nuclear wastes*). Limbah berbahaya dari reaktor nuklir berupa air pendingin reaktor dan zat radioaktif.

### 2.2.2 Limbah Industri Batik

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 (Chandra, 2006:144-145).

Pada industri batik selain menghasilkan kain batik, juga menghasilkan limbah dari sisa produksi atau dari bahan yang dipakai dalam proses produksi

tetapi tidak menjadi produk yang diinginkan, yang bisa berupa limbah padat, gas dan limbah cair (*unwanted product*). Limbah cair pada industri batik merupakan limbah yang sangat dominan pada industri batik. Limbah cair yang dihasilkan berupa air sisa, air bekas proses produksi atau air bekas pencucian peralatan (Nurdalia, 2006:107-108). Proses industri batik dari persiapan kain putih, pengkanjian, pengeringan, pencucian sampai penyempurnaan menghasilkan pencemar limbah cair dengan parametr BOD, COD dan bahan lain dari zat warna yang dipakai seperti zat organik, dan logam berat. Senyawa logam berat yang diduga ada dalam limbah batik antara lain krom (Cr), timbal (Pb), mangan (Mn), tembaga (Cu) dan nikel (Ni). Berdasarkan proses industri batik, limbah cair batik mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Karakteristik fisika yang meliputi padatan terlarut (*suspended solids*), warna, bau, temperatur, dan warna.
- b. Karakteristik kimia meliputi derajat keasaman (pH), alkalinitas, kesadahan, logam berat, bahan organik dan bahan anorganik,
- c. Karakteristik biologi mikroorganisme termasuk bakteri, dan partikel-partikel halus organik

Dalam limbah batik, terdapat parameter kunci yang harus disesuaikan dengan standar baku mutu air limbah. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, berikut lampiran parameter-parameter yang diperbolehkan:

Tabel 2. 1 Baku mutu air limbah

Parameter	Satuan	Golongan	
		I	II
Temperatur	°C	38	40
Zat Padat Larut (TDS)	mg/L	2.000	4.000
Zat Padat Suspensi (TSS)	mg/L	200	400
pH	-	6,0-9,0	6,0-9,0
Besi terlarut (Fe)	mg/L	5	10
Mangan terlarut (Mg)	mg/L	2	5
Barium (Ba)	mg/L	2	3
Tembaga (Cu)	mg/L	2	3
Seng (Zz)	mg/L	5	10
Kromium Heksavalen (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0,1	0,5
Kromium Total (Cr)	mg/L	0,5	1
Cadmium (Cd)	mg/L	0,05	0,1
Air Raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,005
Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1
Stanum (Sn)	mg/L	2	3
Arsen (As)	mg/L	0,1	0,5
Selenium (Se)	mg/L	0,05	0,5
Nikel (Ni)	mg/L	0,2	0,5
Kobalt (Co)	mg/L	0,4	0,6
Sianida (CN)	mg/L	0,05	0,5
Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/L	2	1
Fluorida (F)	mg/L	2	3
Klorin bebas (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	1	2
Amonia-Nitrogen (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	5	10
Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	20	30
Nitrit NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	1	3
Total Nitrogen	mg/L	30	60
BOD <sub>5</sub>	mg/L	50	150
COD	mg/L	100	300
Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5	10
Fenol	mg/L	0,5	1
Minyak Nabati	mg/L	10	20
Total Bakteri Koliform	MPN/ 100 mL	-	REF

Sumber: Premen LH No. 5 Tahun 2014

### 2.3 Kromium

Salah satu logam yang termasuk dalam golongan transisi adalah kromium. Kata kromium berasal dari bahasa Yunani (= *Chroma*) yang berarti warna. Dalam bahan kimia, kromium dilambangkan dengan "Cr". Sebagai salah satu unsur logam berat, kromium mempunyai nomor atom (NA) 24 dan mempunyai atom (BA) 51,996. Logam ini di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain (Palar, 2004:133).

### 2.3.1 Sifat-sifat Kromium

Kromium adalah logam non ferro yang dalam tabel periodik termasuk grup VIB dan lebih mulia dari besi. Mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Palar, 2004:133-134):

- a. Berat atom : 52,01 amu
- b. Nomor atom : 24
- c. Titik cair :  $1920^{\circ}\text{C}$
- d. Valensi : 2; 3; 6;
- e. Titik didih :  $2260^{\circ}\text{C}$
- f. Koef. Muai panas :  $6,20 \text{ in}/^{\circ}\text{C}$
- g. Daya hantar panas : 38,5 Cal/m jam

Berdasarkan pada sifat-sifat kimianya, logam Cr dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi 2+, 3+, dan 6+. Logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, dan bahkan pada proses pemanasan cairan logam Cr teroksidasi dalam jumlah yang sangat sedikit. Sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya, logam atau ion-ion khromium yang telah membentuk senyawa, mempunyai sifat-sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionitasnya. Senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{2+}$  akan bersifat basa, senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{3+}$  bersifat ampoter dan senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  akan bersifat asam.

### 2.3.2 Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ )

Kromium (VI) oksida ( $\text{CrO}_3$ ) bersifat asam sehingga dapat bereaksi dengan basa membentuk kromat. Jika larutan ion kromat diasamkan akan dihasilkan ion dikromat yang berwarna jingga. Dalam larutan asam, ion kromat atau ion dikromat adalah oksidator kuat. Sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionisasinya. Senyawa yang terbentuk dari  $\text{Cr}^{2+}$  akan bersifat basa,  $\text{Cr}^{3+}$  bersifat amfoter, dan senyawa yang terbentuk dari  $\text{Cr}^{6+}$  bersifat asam.

Senyawa kromium umumnya dapat berbentuk padatan ( $\text{CrO}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), larutan, dan gas (uap dikromat). Kromium dalam larutan biasanya berbentuk trivalen  $\text{Cr}^{3+}$  dan ion heksavalen  $\text{Cr}^{6+}$ . Dalam larutan yang bersifat basa dengan pH 8 sampai pH 10 terjadi pengendapan Cr dalam bentuk  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . kromium heksavalem ( $\text{Cr}^{6+}$ ) lebih berbahaya dibandingkan dengan kromium trivalen ( $\text{Cr}^{3+}$ ), akan tetapi apabila kromium dalam bentuk trivalen berikatan dengan oksidator dan kondisinya memungkinkan  $\text{Cr}^{3+}$  tersebut akan berubah menjadi sama-sama berbahaya dengan  $\text{Cr}^{6+}$  (Asmadi, 2009:43)

### 2.3.3 Toksikologi logam kromium $\text{Cr}^{6+}$

Sebagai logam berat, kromium termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam kromium ditentukan oleh valensi ion-nya. Ion  $\text{Cr}^{6+}$  merupakan bentuk logam kromium yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, bila dibandingkan dengan ion-ion  $\text{Cr}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$ . Toksisitas  $\text{Cr}^{6+}$  bersifat karsinogenik, hal ini dikarenakan ion-ion  $\text{Cr}^{6+}$  dalam proses metabolisme tubuh akan menghalangi atau mampu menghambat kerja dari enzim *bizopire hidrosilase*. Sifat racun yang dibawa oleh logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis. Penghambat kerja enzim tersebut dapat mengakibatkan perubahan kemampuan pertumbuhan sel-sel, sehingga menjadi tumbuh secara tidak terkontrol yang dikenal sebagai sel-sel kanker (Palar, 2004:147).

Sifat racun yang dibawa oleh logam kromium ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis. EPA menggolongkan  $\text{Cr}^{6+}$  yang bersifat karsinogen kelas A pada manusia melalui inhalasi, sedangkan  $\text{Cr}^{3+}$  digolongkan sebagai karsinogen kelas D, tetapi tidak spesifik untuk manusia (Widowati, et al, 2008:108). Beberapa efek toksik kromium pada manusia:

#### a. Efek toksik Terhadap Alat Pencernaan

Logam kromium yang masuk dalam tubuh manusia melalui jalur pencernaan atau mencerna makanan yang mengandung kadar  $\text{Cr}^{6+}$  tinggi bisa menyebabkan gangguan pencernaan, berupa sakit lambung, muntah dan pendarahan, luka pada lambung, konvulsi, kerusakan ginjal, dan hepar, bahkan

dapat menyebabkan kematian. Toksisitas akut kromium melalui alat pencernaan bisa menyebabkan nekrosis tubulus renalis. Sedangkan bukti bahwa kromium bisa menyebabkan kanker terhadap alat pernapasan.

b. Efek Toksik Terhadap Alat Pernapasan

Alat pernapasan merupakan organ target utama dari  $\text{Cr}^{6+}$ , baik akut maupun kronis, melalui paparan inhalasi. Gejala toksisitas akut  $\text{Cr}^{6+}$  meliputi napas pendek, batuk-batuk, serta kesulitan bernapas. Sementara itu toksisitas kronik  $\text{Cr}^{6+}$  berupa lubang dan ulserasi septum nasal, bronkitis, penurunan fungsi paru, dan beberapa gejala pada paru. Inhalasi kromium lewat jalur pernapasan ini mengakibatkan iritasi saluran pernapasan dan kanker paru.

c. Efek Toksik Terhadap Kulit dan Mata

Paparan  $\text{Cr}^{6+}$  pada kulit dapat mengakibatkan reaksi alergi walaupun dalam dosis yang rendah yakni menyebabkan gatal dan luka yang tidak lekas sembuh (*dermatitis*). Paparan  $\text{Cr}^{6+}$  pada kulit bisa menyebabkan kemerahan dan pembengkakan pada kulit, serta menimbulkan borok (*uclera*) dan gelembung air (*odema*). Paparan akut pada kulit dapat mengakibatkan terbakarnya kulit. Sedangkan paparan pada mata menyebabkan iritasi mata, luka pada mata (*conjunctivitis*), dan keluarnya air mata (*lacrimation*).

d. Efek lain yang muncul adalah nekrosis hati, nekrosis ginjal, keracunan darah, dan efek sistemik.

## 2.4 Adsorpsi

### 2.4.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi adalah kemampuan menempel suatu zat pada permukaan, sedangkan kemampuan suatu zat untuk melepaskan diri dari permukaan disebut desorpsi. Bagian yang menempel biasa disebut sorbat, sedangkan bagian tempat menempel atau terkait disebut dengan adsorben (Soemirat, 2003:58). Adsorpsi secara umum merupakan proses penggumpalan sustansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia-fisika antara substansi dan penyerap dapat terjadi antara cairan dan gas, padatan atau cairan lainnya (Nasution, 2015:52).

Untuk melangsungkan proses adsorpsi, dapat digunakan adsorben, baik yang bersifat polar (silika, alumina, dan tanah diatomae) atau yang bersifat non polar (karbon aktif).

Berdasarkan perbedaan jenis gaya yang bekerja antara molekul-molekul fluida dengan molekul-molekul padatan, adsorpsi dapat diklasifikasi menjadi 2, yaitu:

1. Adsorpsi fisika (*Van der Waals adsorption*)

Pada adsorpsi fisika tidak terbentuk ikatan kimia. Penyerapan adsorbat oleh adsorben pada adsorpsi fisika terjadi karena adanya formasi dari intermolekular elektrostatik seperti gaya London atau gaya Van der Waals dari interaksi dipol-dipol atau disebabkan konfigurasi fisik dari adsorben seperti porositas dari karbon aktif. Adsorpsi fisika pada gas terjadi ketika gaya tarik intermolekular antara molekul-molekul padatan dengan gas lebih besar daripada gaya intermolekular antar molekul-molekul padatan itu sendiri. Hal tersebut menyebabkan adsorpsi berlangsung secara eksotermik (melepaskan kalor). Kalor yang dilepaskan pada adsorpsi fisika dapat lebih besar atau lebih kecil daripada kalor penguapan.

2. Adsorpsi kimia (*activated adsorption*)

Pada adsorpsi kimia terdapat susunan ikatan-ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat. Adsorpsi kimia juga melepaskan kalor dimana kalor yang dilepaskan jauh lebih besar daripada kalor penguapan. Adsorpsi kimia pada gas umumnya berlangsung pada temperatur lebih besar dari 2000C, prosesnya lambat dan bersifat irreversibel (Putranto, 2014:15-17).

#### 2.4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Secara umum, menurut penelitian Syauqiah (2016:13-14) faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

## 2. Jenis adsorbat

Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar).

## 3. Struktur molekul adsorbat

Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

## 4. Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

## 5. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

## 6. pH

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

## 7. Kecepatan pengadukan

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

## 8. Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

## 9. Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh:

- a. tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan),
- b. ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif),
- c. ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi
- d. konsentrasi ion logam.



## 2.5 Kupang

Kupang putih (*corbula faba*) merupakan salah satu jenis kerang yang masuk dalam *phylum moluska*. Jenis kupang ini berbentuk cembung lateral dan mempunyai cangkang dengan dua belahan serta engsel dorsal yang menutup seluruh tubuh. Kupang ini mempunyai bentuk kaki seperti bagian tubuh lainnya, yaitu cembung lateral sehingga disebut *pelecypoda* kaki kapak. Perbedaan kupang putih (*corbula faba*) tidak mempunyai bysus, yaitu alat yang berfungsi untuk menempel pada substrat, memiliki shipon dengan bentuk tampak jelas, cangkang menutup dengan tepinya masih agak terbuka dan bentuknya agak lonjong.

Dalam tata nama atau sistematika, jenis kupang putih diklasifikasikan sebagai berikut.



Gambar 2.1 Cangkang Kupang (*Corbula Faba*) (sumber: Izzah, 2018)

Phylum	: mollusca
Class	: pelecypoda
Ordo	: vilobransia
Family	: corbulidae
Genus	: corbula
Spesies	: corbula faba hinds

Kupang putih termasuk biota pantai, hidup menetap di dasar perairan berlumpur atau berpasir dan konsentrasi terbesar terdapat pada muara-muara sungai. Kupang putih memiliki panjang antara 1 cm – 2 cm dan lebarnya 5 mm – 12 mm. Warna kulit putih buram, makin tua umur kupang tersebut warna kulitnya akan makin buram dan terdapat belang hitam. Jenis kupang putih ini seringkali disebut kupang beras.

Kupang merupakan salah satu hasil perikanan laut yang masuk dalam kelompok kerang-kerangan. Kupang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi, khususnya kandungan protein. Komponen gizi yang terkandung dalam daging kupang meliputi kadar air 72,96%, kadar abu 3,80%, protein 9,05%, lemak 1,50%, dan karbohidrat 1,02% (Prayetno dan Susanto, 2001:15). Seperti cangkang telur, cangkang kupang tersusun dari kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), cangkang kupang mengandung sekitar 98% kalsium karbonat dan 2% kandungan organik termasuk khitin (Arias, 2002:4).

## 2.6 Kalsium Karbonat

Kalsium adalah unsur kelima dan logam yang paling melimpah ketiga di kerak bumi. Senyawa-senyawa kalsium *account* untuk 3,64% dari kerak bumi. Distribusi kalsium sangat luas; ditemukan di hampir setiap wilayah darat di dunia. Elemen ini penting bagi kehidupan tumbuhan dan hewan, untuk itu banyak ditemukan pada kerangka hewan, gigi, di shell telur, di karang dan di banyak tanah.

Cangkang kupang merupakan salah satu adsorben yang banyak mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Kalsium karbonat merupakan bahan yang sesuai dalam penghilangan senyawa toksik seperti limbah logam berat.  $\text{CaCO}_3$  secara fisik mempunyai pori-pori yang memiliki kemampuan mengadsorpsi atau menjerap zat-zat lain kedalam pori-pori permukaannya. (Anugerah, 2015:40-41).

Menurut penelitian Hamester et al., (2012) dan Arias (2002) menunjukkan bahwa sebagian besar cangkang kupang tersusun dari kalsium karbonat yaitu sebesar 95-95% dan sisanya adalah bahan organik dan senyawa lainnya, sehingga sangat baik untuk dijadikan sebagai bahan baku adsorben. Dengan cara kalsinasi, maka akan dihasilkan senyawa pengaktif yaitu  $\text{CaO}$ . Dengan persamaan reaksi kimia sebagai berikut :



## 2.7 Proses Aktivasi

Proses aktivasi adalah proses perlakuan panas dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas (pirolisis) terhadap produk karbon. Proses aktivasi ini menyebabkan terjadinya pelepasan hidrokarbon, tar dan senyawa organik yang masih melekat pada karbon hasil *karbonisasi*. Menurut Sontheimer (1985), pada proses aktivasi terjadi pembentukan pori-pori yang masih tertutup dan peningkatan ukuran serta jumlah pori-pori kecil yang telah terbentuk. Proses aktivasi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika.

### a. Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktif, selanjutnya campuran dikeringkan dan dipanaskan. Jankowska menyatakan bahwa unsur-unsur mineral aktifator masuk di antara plat heksagon dari kristalit dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup. Dengan demikian, saat pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terlepas. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif. Aktivasi kimia ini bertujuan mengurangi pembentukan pengotor dan produk samping dengan cara merendam bahan mentah dalam senyawa kimia.

### b. Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika disebut juga aktivasi termal. Menurut Satish (2003) aktivasi fisika adalah proses untuk mengembangkan struktur pori dan memperbesar luas permukaan karbon aktif dengan perlakuan panas pada temperatur 800-1000 °C dengan mengalirkan gas pengoksidasi, seperti uap atau karbondioksida. Hasil dari proses aktivasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain laju kenaikan temperatur, laju aliran inert gas, temperatur proses, *activating agent*, lama proses aktivasi dan alat yang digunakan pada penelitian tersebut (Marsh et al., 2006). Adapun aktivasi fisika dilakukan dengan menggunakan alat *furnace*. *Furnace* adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk memanaskan bahan, mengubah bentuknya dan sifat-sifatnya. Prinsip kerjanya adalah memanaskan bahan sampel dengan memasukkan dalam ruang pemanas. Panas pada termokopel berasal dari filamen yang diberi tegangan sehingga

menimbulkan panas. Cangkang kerang yang telah mengalami pemanasan 800°C telah terjadi proses kalsinasi. Pemanasan pada suhu 800°C merupakan pengaktifan pori, kadar air yang teruapkan dari adsorben cangkang kerang yang melalui pemanasan 800°C lebih tinggi dari pemanasan 110°C dan 500°C. Banyaknya air yang teruapkan ini agar air yang terikat pada adsorben tidak menutup pori dari adsorben tersebut. Semakin besar pori – pori maka luas permukaan adsorben semakin bertambah. Bertambahnya luas permukaan mengakibatkan semakin meningkatnya kemampuan adsorpsi dari adsorben (Nasution, 2015:54).

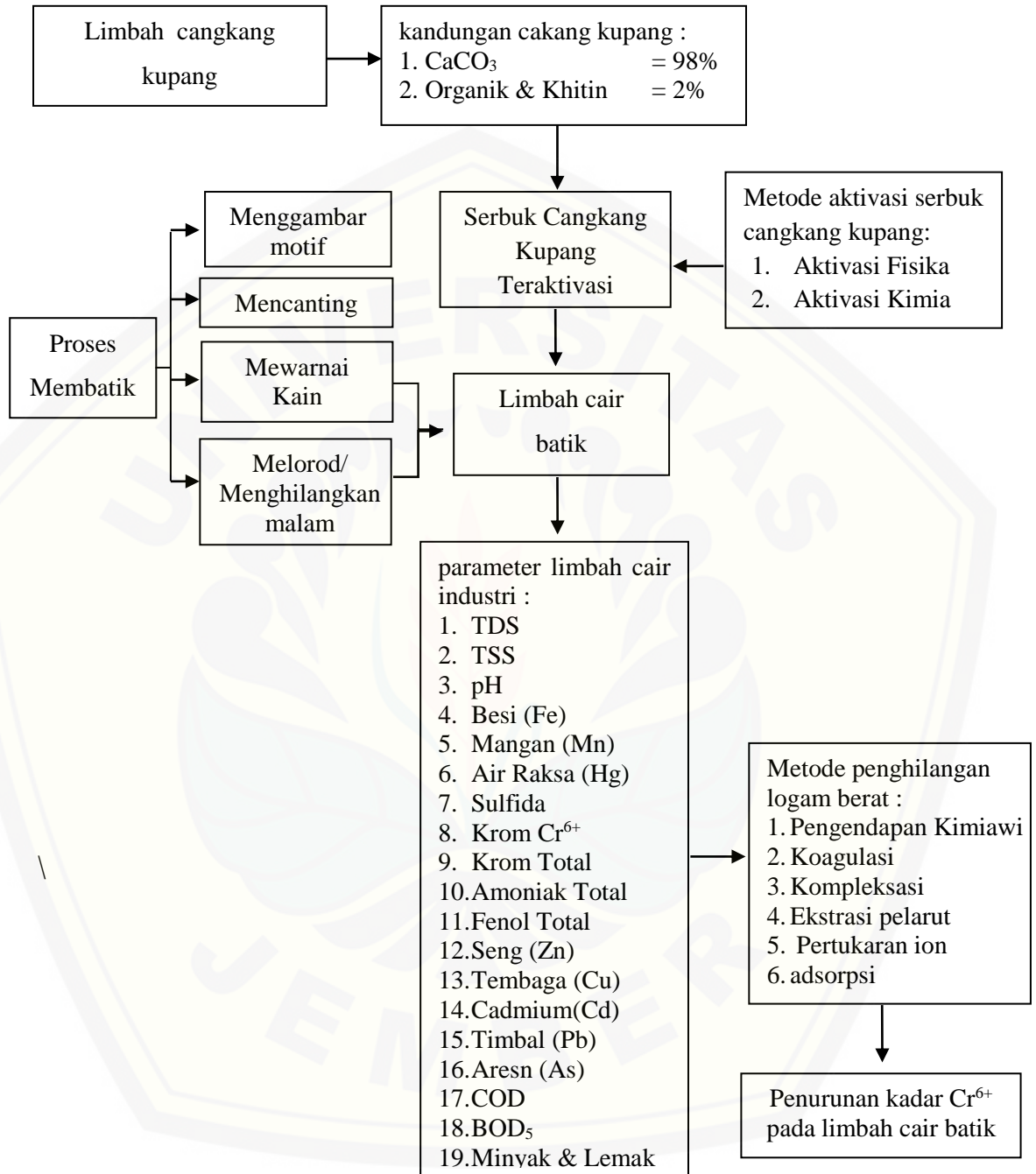
Aktivasi fisika (secara termal) adalah suatu perlakuan terhadap adsorben yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan kimia atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga mengalami perubahan sifat secara fisika yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Tujuan dari proses ini adalah mempertinggi volume, memperluas diameter pori dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru. Peningkatan luas permukaan adsorben ini dikarenakan abu dan pengotor lainnya yang terdapat dalam adsorben terlepas pada saat proses pemanasan dan aktivasi. Lepasnya pengotor ini dapat membuka pori dari adsorben tersebut (Mujizah, 2010 :30)

Hasil penelitian yang dilakukan Asleni (2015:53) luas permukaan yang diaktivasi pada suhu 110 °C, 500 °C, dan suhu 800 °C semakin meningkat. Hal ini disebabkan pada suhu 500 °C terjadi tahapan pembentukan pori (proses karbonasi) yang berlangsung pada suhu 400-600 °C, sehingga terjadi peningkatan luas permukaan dan juga pembesaran pori. Sedangkan pemanasan pada suhu 800 °C merupakan proses pengaktifan pori (800-1100 °C). Selain itu semakin tinggi suhu aktivasi maka kadar air adsorben dari cangkang kerang bulu dapat teruapkan sehingga air yang terikat pada adsorben tidak menutup pori dari adsorben itu sendiri. Molekul air pada karbon aktif yang hilang menyebabkan pori-pori pada adsorben semakin luas. Selain itu semakin meningkat suhu aktivasi adsorben maka kadar abu pada adsorben semakin menurun. Penurunan kadar abu tertinggi terjadi pada aktivasi 800°C sehingga lapisan-lapisan yang bertumpuk satu sama lain yang membentuk pori pada adsorben, yang mana pori-pori adsorben biasanya

terdapat pengotor yang berupa anorganik dan oksida logam yang menutupi pori. Pengotor tersebut akan ikut menguap selama proses aktivasi, sehingga menyebabkan pori-pori semakin besar. Semakin besar pori-pori maka luas permukaan adsorben akan semakin bertambah, sehingga kemampuan adsorpsi dari adsorben semakin meningkat.

Menurut penelitian Asleni (2016:4-5) menunjukkan bahwa proses aktivasi yang dilakukan pada suhu 800°C dengan variasi waktu aktivasi 4, 5, dan 6 jam, semakin lama waktu aktivasi permukaan adsorben akan mengalami dekomposisi termal secara sempurna. Senyawa kimia yang terdapat dalam cangkang kerang darah ( $\text{CaCO}_3$ ) akan mengalami dekomposisi menghasilkan oksida. Waktu aktivasi yang tinggi, kemampuan adsorpsi terhadap kation dan anion semakin besar. Semakin besar kerangka CaO, luas permukaan aktif juga semakin besar, dengan kata lain jika waktu aktivasi lama (6 jam) kemampuan adsorpsi akan semakin besar. Kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat semakin besar seiring meningkatnya waktu aktivasi.

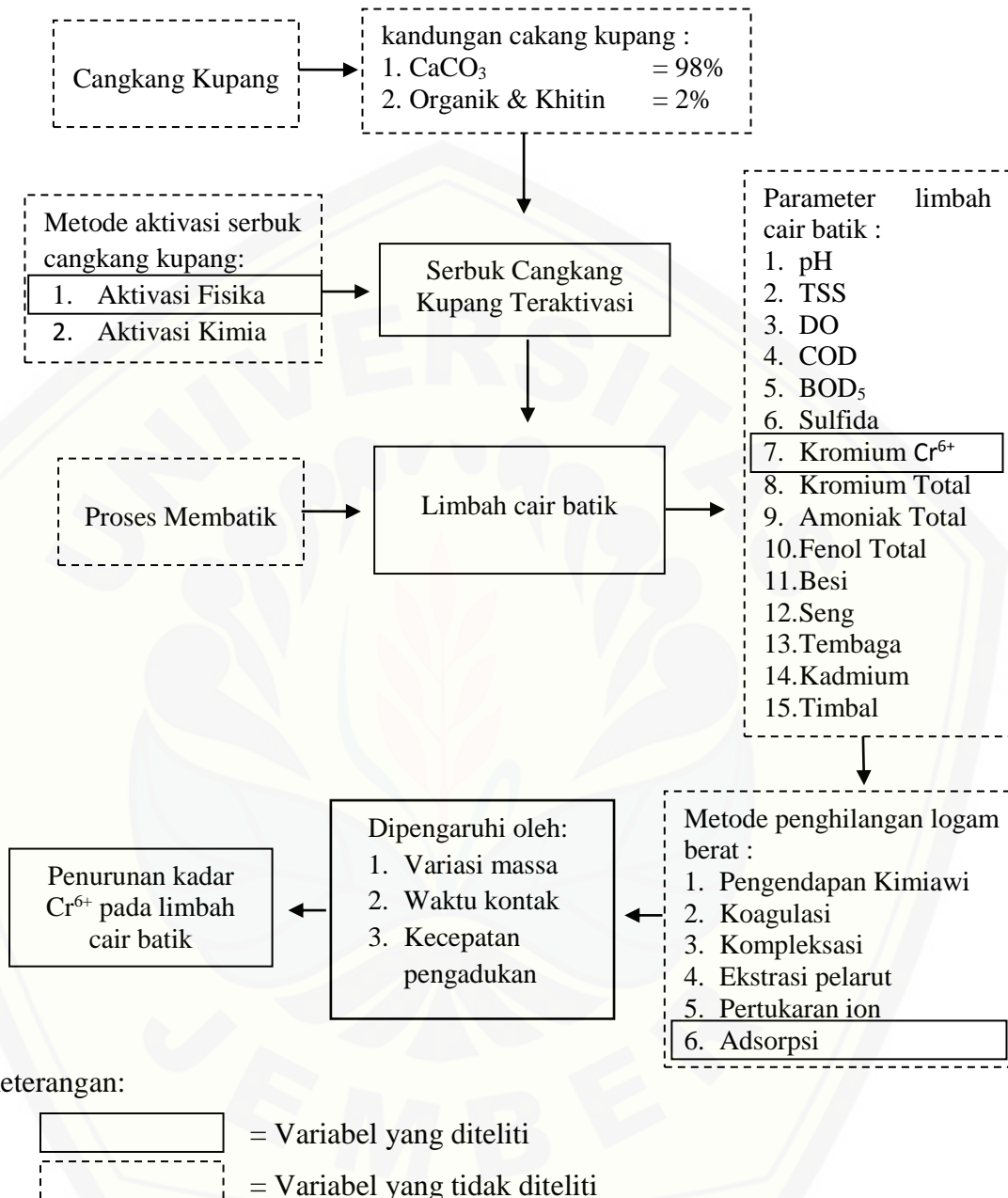
## 2.8 Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori

Kerangka teori diatas adalah modifikasi dari Gratha (2012), Santosa et al., (2014), dan Permen LH No.5 Tahun 2014

2.9 Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka Konsep

Air limbah industri yang tidak diolah dengan sempurna atau kurang sempurna dapat menimbulkan pencemaran kimia di lingkungan air sungai. Air limbah industri itu sendiri mengandung berbagai macam zat sisa pengolahan industri yang dapat menjadi limbah yang berbahaya bagi lingkungan hidup manusia dan sekitarnya. Salah satu kandungan berbahaya yang terdapat dalam air limbah industri adalah adanya logam berat  $\text{Cr}^{6+}$  yang toksik bagi tubuh manusia.

Dalam usaha mengatasi pencemaran lingkungan oleh logam berat  $\text{Cr}^{6+}$  terutama pada air sungai. Beberapa usaha yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar logam berat, yaitu dengan menggunakan metode pengendapan kimiawi, koagulasi, kompleksasi, ekstraksi pelarut, pertukaran ion, dan adsorpsi. Penelitian ini mencoba menerapkan sebuah teknologi pengolahan pada limbah cair menggunakan metode adsorpsi. Dalam hal ini media yang digunakan adalah dengan memanfaatkan limbah cangkang kupang sebagai adsorben. Cangkang kupang dibuat menjadi serbuk kemudian dilakukan aktivasi secara termal dengan suhu  $800^{\circ}\text{C}$  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.

Proses adsorpsi oleh adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah massa adsorben, bentuk adsorben, waktu pengontakan, kemampuan adsorben dalam mengikat logam berat, dan jenis adsorpsi (Anjani, 2014:161). Adapun hasil akhir proses adsorpsi bahan pencemar ion  $\text{Cr}^{6+}$  dari limbah cair dengan menggunakan serbuk cangkang kupang yaitu untuk menurunkan kadar  $\text{Cr}^{6+}$  pada limbah cair.

## 2.10 Hipotesis

Terdapat perbedaan kadar  $\text{Cr}^{6+}$  pada kelompok limbah cair batik yang tidak diberi perlakuan penambahan massa serbuk cangkang kupang (kelompok kontrol) dengan kelompok limbah cair batik yang diberi perlakuan penambahan massa serbuk cangkang kupang dengan variasi sebesar 2 gr/0,5 L ( $P_1$ ), 4 gr/0,5 L ( $P_2$ ), dan 6 gr/0,5 L ( $P_3$ ) pada limbah cair batik dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan selama 110 menit.

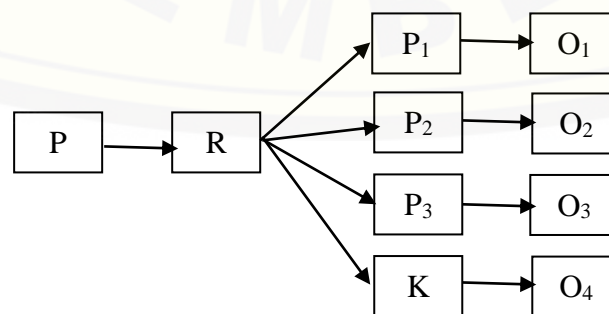


### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental. Tujuan dari penelitian eksperimen adalah untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta seberapa besar hubungan sebab-akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimen dan menyediakan kontrol untuk perbandingan (Nazir, 2003:63-64).

Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah *True Eksperimental Design* dengan bentuk *Posttest Only Control Group Design*. Dalam *True Eksperimental Design* ini dilakukan randomisasi, artinya pengelompokan anggota-anggota kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dilakukan secara acak atau random (Notoadmodjo, 2012:58). Pada penelitian ini terdapat empat kelompok, yaitu satu kelompok kontrol (K) yang tidak diberi perlakuan dan tiga kelompok eksperimen ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ). Kelompok eksperimen pertama ( $P_1$ ) menggunakan massa serbuk cangkang kupang 2 gr/0,5 L, kelompok eksperimen kedua ( $P_2$ ) menggunakan massa serbuk cangkang kupang 4 gr/0,5 L, kelompok eksperimen ketiga ( $P_3$ ) menggunakan massa serbuk cangkang kupang 6 gr/0,5 L pada limbah cair batik. Pada kelompok eksperimen ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ), serbuk cangkang kupang diaduk dalam limbah cair batik yang mengandung kromium ( $Cr^{6+}$ ) dengan kecepatan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit. Kemudian limbah cair diperiksa kadar  $Cr^{6+}$  menggunakan *Spektro Pharo 100*.



Gambar 3. 1 Desain penelitian

Keterangan :

O : Observasi

P : Populasi

R : Random

K : Limbah cair batik yang tidak diberi serbuk cangkang kupang

P<sub>1</sub> : Limbah cair yang diberi serbuk cangkang kupang dengan kadar 2 gr pada 0,5 L limbah cair batik dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit

P<sub>2</sub> : Limbah cair yang diberi serbuk cangkang kupang dengan kadar 4 gr pada 0,5 L limbah cair batik dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit

P<sub>3</sub> : Limbah cair yang diberi serbuk cangkang kupang dengan kadar 6 gr pada 0,5 L limbah cair batik dengan kecepatan pengadukan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit

Desain penelitian yang digunakan untuk menguji keefektifan serbuk cangkang kupang terhadap penurunan kadar Cr<sup>6+</sup> adalah RAL (Rancangan Acak Lengkap). Banyaknya pengulangan untuk setiap perlakuan diperoleh dari rumus pengulangan Rancangan Acak Lengkap, yaitu  $(t-1)(r-1) \geq 15$ , t adalah perlakuan (*treatment*) dan r adalah pengulangan (replikasi) (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), yaitu = 6

15 : derajat bebas untuk RAL

Berdasarkan perhitungan di atas maka banyaknya pengulangan yang harus dilakukan paling sedikit enam kali. Sehingga jumlah sampel yang dibutuhkan dalam pengulangan (replikasi) ditetapkan rumus sebagai berikut :

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

Jumlah pengamatan adalah 24 yang terdiri atas 4 perlakuan dan 6 pengulangan. Jadi, jumlah sampel pada penelitian ini adalah 24 sampel. Setelah ditetapkan jumlah  $r \times t$ , maka untuk menentukan RAL dibuat tabel dengan rumus  $r \times t$ , yaitu sebagai berikut :

Kontrol (K)	Perlakuan 1 (2 gram/0,5 L)	Perlakuan 2 (4 gram/0,5 L)	Perlakuan 3 (6 gram/0,5 L)
K1	P <sub>11</sub>	P <sub>21</sub>	P <sub>31</sub>
K2	P <sub>12</sub>	P <sub>22</sub>	P <sub>32</sub>
K3	P <sub>13</sub>	P <sub>23</sub>	P <sub>33</sub>
K4	P <sub>14</sub>	P <sub>24</sub>	P <sub>34</sub>
K5	P <sub>15</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>35</sub>
K6	P <sub>16</sub>	P <sub>26</sub>	P <sub>36</sub>

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Tempat Penelitian

Pengambilan sampel limbah cair batik dilakukan pada salah satu industri batik yaitu di Rumah Batik Tulis Halus Al-Huda Kabupaten Sidoarjo, untuk pembuatan serbuk cangkang kupang dan pengontakan limbah cair batik dengan serbuk cangkang kupang dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Negeri Surabaya. Tempat untuk aktivasi serbuk cangkang kupang dan mengidentifikasi kandungan kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dilakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya (Jl. Jagir Wonokromo No. 360, Kota Surabaya, Jawa timur).

#### 3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2018 hingga Oktober 2018.

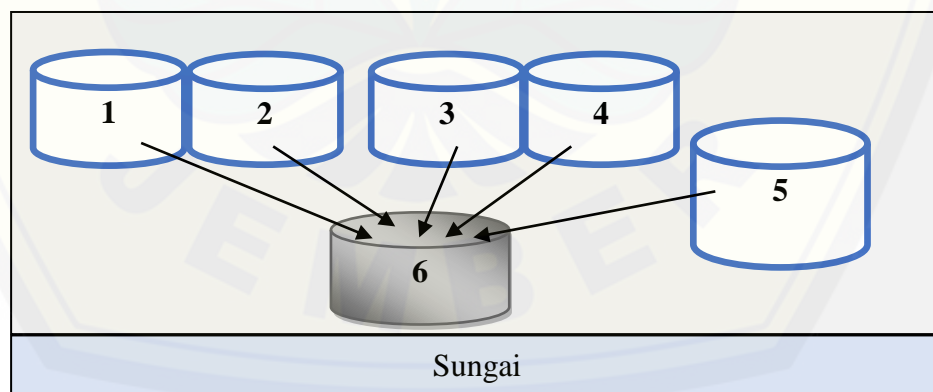
### 3.3 Objek Penelitian

#### 3.3.1 Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah sebagian dari populasi yang diambil dari keseluruhan obyek yang diteliti dan dianggap mewakili seluruh populasi (Notoadmodjo, 2012;115). Sampel yang digunakan penelitian ini adalah limbah cair batik sebanyak 24 sampel yang dibagi menjadi empat kelompok, yaitu kelompok kontrol (K) dan tiga kelompok perlakuan ( $P_1$ ,  $P_2$ , dan  $P_3$ ). Setiap kelompok mendapatkan 3 liter air limbah yang sebelumnya telah dihomogenkan dengan cara diaduk. Variasi konsentrasi serbuk cangkang kupang yang digunakan yakni sebanyak 2 gr/0,5 L, 4 gr/0,5 L, 6 gr/0,5 L pada limbah cair batik. Setiap sampel diaduk dengan kecepatan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit.

#### 3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel diambil secara random pada tempat pembilasan bahan dari proses pembuatan batik yaitu pada proses pewarnaan dan penghilangan lilin. Sampel pada penelitian ini diambil pada bak penampung sebelum limbah cair masuk ke saluran pembuangan.



Gambar 3. 2 Denah lokasi pengambilan sampel

Keterangan :

- 1 dan 2 : Bak pewarnaan/pencelupan dengan volume masing-masing 50 liter (memiliki kandungan kromium)
- 3 dan 4 : Bak penghilangan lilin/malam dengan volume masing-masing 50 liter (memiliki kandungan kromium)

- 5 : Bak proses pencucian dengan volume 250 liter (memiliki kandungan kromium)
- 6 : Bak penghomogenan

### 3.4 Variabel dan Definisi Operasional

#### 3.4.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2015:61). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada limbah cair batik sedangkan variabel bebas dari penelitian ini adalah serbuk cangkang kupang yang teraktivasi dengan kadar 2 gr, 4 gr, dan 6 gr yang diaduk selama 10 menit dan didiamkan 110 menit. Definisi operasional dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

NO	Variabel	Definisi operasional	Skala Data	Cara Pengukuran	Satuan
1.	Kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ )	Kadar logam berat $\text{Cr}^{6+}$ dalam air yang dinyatakan satuan mg/L	Rasio	Spektrofotometri	mg/L
2.	Serbuk cangkang kupang	Massa serbuk cangkang kupang yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah cangkang kupang menjadi serbuk setelah dikeringkan di suhu $800^{\circ}\text{C}$ selama 6 jam untuk digunakan sebagai adsorben pada limbah cair batik	Rasio	Timbangan analitik	gr

### 3.5 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 3.5.1 Alat yang digunakan pada saat penelitian
- a. Alat Pembuatan Serbuk Cangkang Kupang
- 1) Timbangan Analitik
  - 2) Ayakan 200 mesh
  - 3) Alu

- 4) Oven
  - 5) Desikator
  - 6) Baskom
- b. Alat dalam proses perlakuan serbuk cangkang kupang pada limbah cair batik
- 1) 24 botol plastik air mineral
  - 2) Gelas ukur
  - 3) Corong
  - 4) *Magnetic Stirrer*
  - 5) Kertas saring
  - 6) *Stopwatch*
  - 7) Ember
- c. Alat untuk uji kadar  $\text{Cr}^{6+}$
- 1) Gelas Beaker
  - 2) AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*)

### 3.5.2 Bahan

- a. Serbuk cangkang kupang
- b. Air limbah batik yang mengandung  $\text{Cr}^{6+}$

## 3.6 Prosedur Kerja

### 3.6.1 Prosedur pembuatan serbuk cangkang kupang

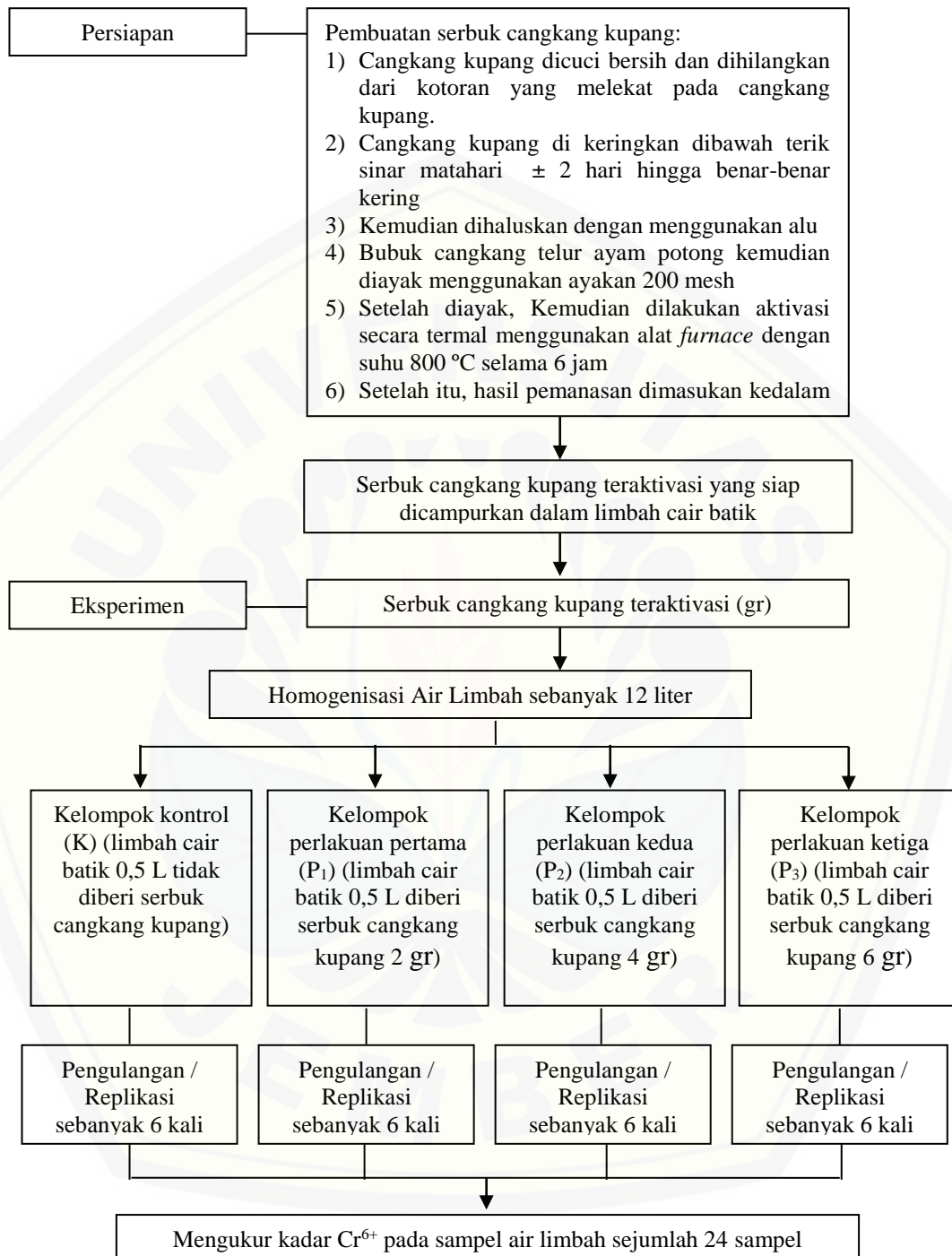
- a. Cangkang kupang dicuci dengan menggunakan air kran yang mengalir dan dihilangkan kotoran yang melekat pada cangkang kupang sampai bersih.
- b. Cangkang kupang dikeringkan dibawah terik sinar matahari  $\pm 2$  hari hingga benar-benar kering atau mudah ditumbuk.
- c. Cangkang kupang ditumbuk menggunakan lumpang dan alu sampai berbentuk powder atau serbuk.
- d. Serbuk cangkang kupang diayak dengan ayakan yang berukuran 200 mesh.

- e. Serbuk cangkang kupang yang lolos dalam ayakan dilakukan aktivasi secara termal menggunakan alat *furnace* pada suhu 800°C selama 6 jam.
- f. Hasil pemanasan serbuk cangkang kupang dimasukkan ke dalam desikator.

### 3.6.2 Prosedur perlakuan serbuk cangkang kupang terhadap limbah cair Cr

- a. Pengambilan sampel limbah cair yang mengandung Cr<sup>6+</sup> sebanyak 12 liter
- b. Menghomogenkan limbah cair tersebut ke dalam ember dengan cara mengaduk menggunakan kayu.
- c. Menuangkan limbah cair yang sudah dihomogenkan ke dalam 24 botol masing-masing sebanyak 0,5 L.
- d. Memasukkan serbuk cangkang kupang dengan variasi massa 2 gr, 4 gr, 6 gr/0,5 L ke dalam limbah cair batik yang telah di siapkan.
- e. Mengontakkan serbuk cangkang kupang dengan limbah cair dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 360 rpm selama 10 menit dan didiamkan 110 menit.
- f. Melakukan pemisahan antara adsorben serbuk limbah cangkang kupang dengan air limbah Cr<sup>6+</sup> dengan cara disaring menggunakan kertas saring.
- g. Mengukur penurunan kadar kromium (Cr<sup>6+</sup>) pada limbah cair setelah dikontakkan dengan serbuk cangkang kupang dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*)

### 3.7 Prosedur Kerja Penelitian



Gambar 3. 3 Kerangka Operasional



### 3.8 Data dan Sumber Data

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer. Data primer adalah sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data (Sugiyono, 2015:308). Data primer dari penelitian ini berupa hasil pemeriksaan kadar  $\text{Cr}^{6+}$  pada limbah cair yang belum mendapat perlakuan dan yang sudah mendapat perlakuan penambahan serbuk cangkang kupang dengan variasi konsentrasi yang berbeda dalam masing-masing sampel.

### 3.8 Teknik dan Alat Pengumpulan Data

#### 3.8.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dengan cara pengukuran. Pengukuran merupakan prosedur penetapan angka untuk mewakili kuantitas ciri yang dimiliki oleh subjek dalam suatu populasi atau sampel (Alfianika, 2016:88). Pengukuran dilakukan untuk mengetahui kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada limbah cair batik yang tidak dikontakkan dan dikontakkan dengan serbuk cangkang kupang teraktivasi.

#### 3.8.2 Alat Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data yang digunakan yaitu lembar pengujian atau pengukuran kadar  $\text{Cr}^{6+}$  pada limbah cair batik yang tidak dikontakkan dengan serbuk cangkang kupang dan limbah cair batik yang dikontakkan dengan serbuk cangkang kupang.

### 3.9 Teknik Penyajian dan Analisis Data

Teknik analisis data diperlukan agar penelitian dapat mengembangkan kategori dan sebagai perbandingan yang kontras untuk menemukan sesuatu yang mendasar dan memberi gambaran apa adanya (Sedarmayanti, 2002:166). Teknik analisis data penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dan analitik. Analisis deskriptif menggambarkan hasil uji laboratorium. Data disajikan secara deskriptif dan dalam bentuk grafik ataupun tabel. Uji statistik dilakukan untuk melihat

perbedaan pemberian serbuk cangkang kupang terhadap penurunan kadar  $\text{Cr}^{6+}$  pada limbah cair yang tidak diberi serbuk cangkang kupang dengan limbah cair yang diberi serbuk cangkang kupang. Uji statistik dilakukan dengan menggunakan uji anova satu arah (one way anova). Uji one way anova merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antara variabel bebas dengan satu variabel terikat (santoso, 2012:311). Uji One way anova di lakukan dengan menggunakan SPSS dengan menggunakan interval kepercayaan 95% atau level of significancy 5% untuk melihat perbedaan masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat.

Adapun langkah-langkah dalam prosedur uji one way anova adalah:

#### 1. Uji Normalitas

Uji normalitas untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal ataukah tidak. Uji normalitas menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* atau *Shapiro Wilk*.

Hipotesis yang digunakan dalam uji normalitas adalah:

Jika signifikansi  $< 0,05$ , maka distribusi adalah tidak normal

Jika signifikansi  $> 0,05$ , maka distribusi adalah normal (Santoso, 2012:42).

#### 2. 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  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel } 0,05}$ , maka varian populasi dari keempat perlakuan sama

Jika  $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel } 0,05}$ , maka minimal ada satu populasi dari keempat perlakuan tersebut yang memiliki variasi yang berbeda

#### 3. 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:

$H_0$  : rata-rata kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dari keempat kelompok perlakuan sama.

$H_1$  : minimal ada satu kelompok perlakuan yang memiliki rata-rata yang berbeda.

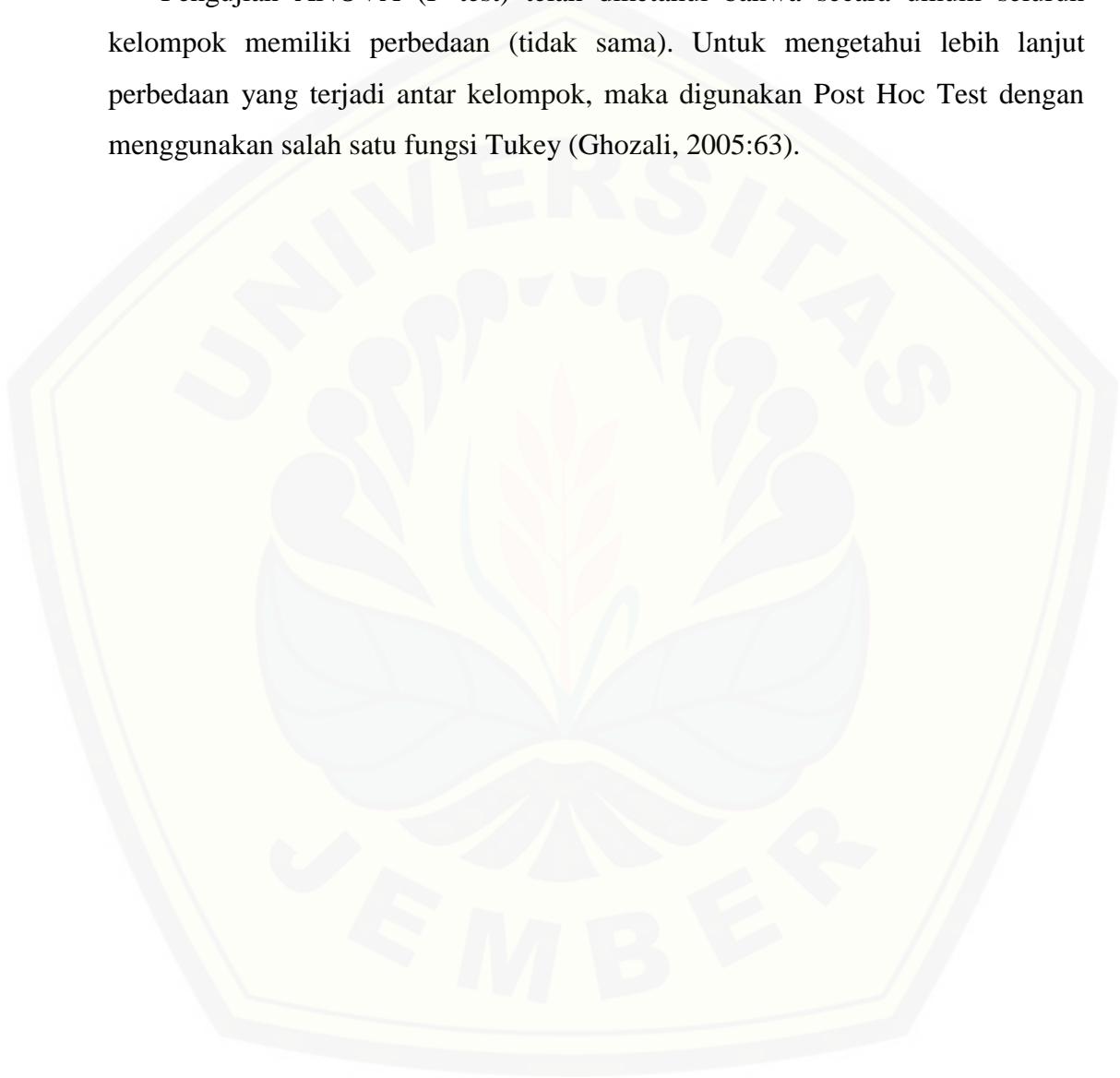
Dasar dari pengambilan keputusan adalah:

Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  pada  $\alpha = 0,05$ , maka  $H_0$  diterima

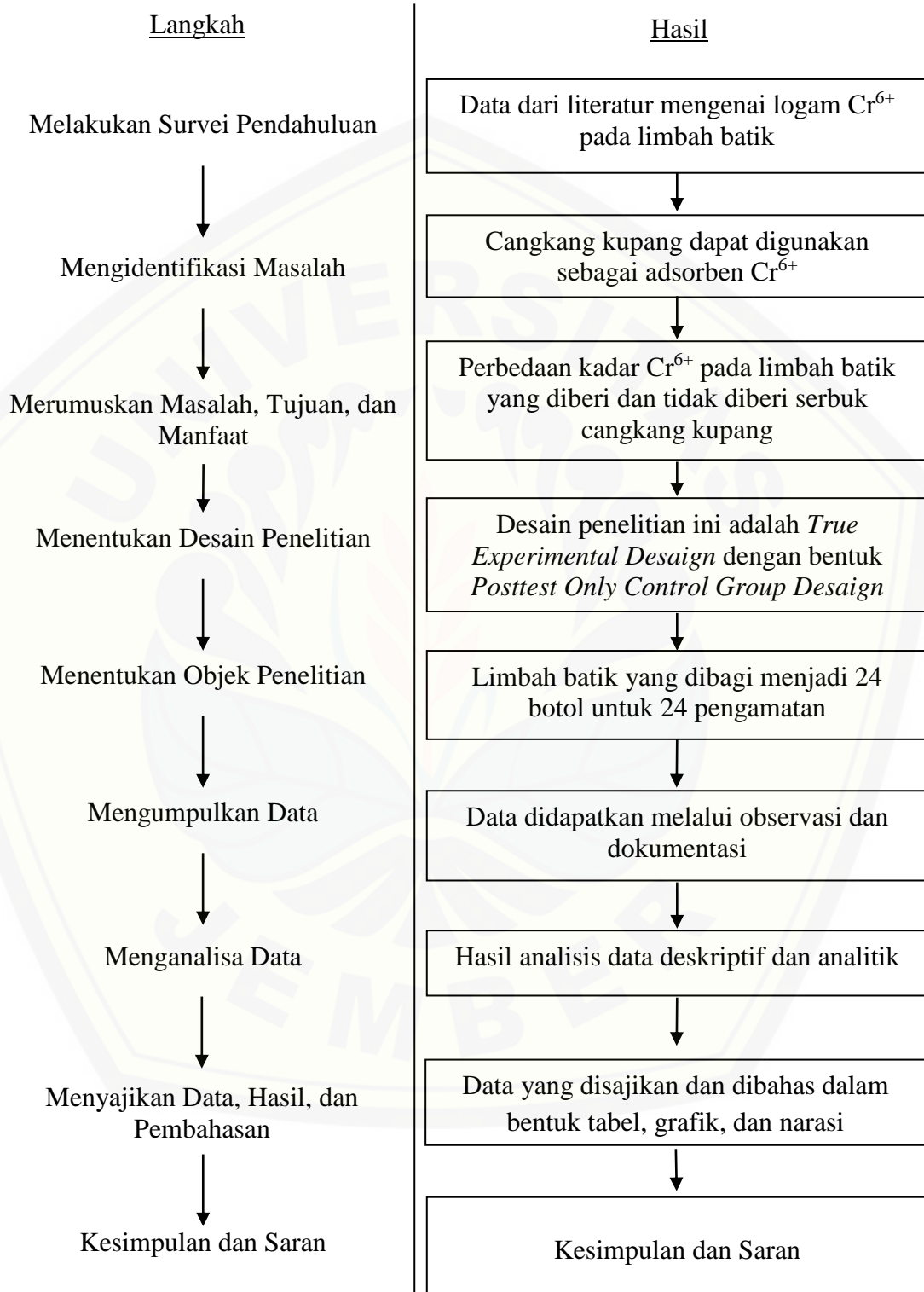
Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  pada  $\alpha = 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima

#### 4. Tes Post Hoc (Post Hoc Test)

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, 2005:63).



### 3.10 Kerangka Alur Penelitian



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian proses adsorpsi logam kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada limbah cair batik menggunakan adsorben serbuk cangkang kupang (*Corbula Faba*) dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisa rata-rata kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) limbah cair batik pada kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan sebesar 3,82 mg/0,5 L, kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) tersebut melebihi Baku Mutu Air Limbah (BAML) yang telah ditetapkan oleh Permen LH No.5 Tahun 2014.
2. Serbuk cangkang kupang teraktivasi memiliki kemampuan untuk mengikat logam kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada limbah cair batik. Penyerapan logam kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) pada kelompok ( $P_1$ ) variasi massa 2 gr/0,5 L sebesar 3,51 mg/0,5 L presentase penyerapan 8,12%, kelompok perlakuan ( $P_2$ ) dengan variasi massa 4 gr/0,5 L sebesar 2,21 mg/0,5 L presentase penyerapan 25,65% dan kelompok perlakuan ( $P_3$ ) dengan variasi massa 6 gr/0,5 L sebesar 2,00 mg/0,5 L presentase penyerapan 47,64%. Semakin tinggi massa adsorben maka presentase efektivitas adsorpsi semakin besar.
3. Terdapat perbedaan kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan. Perbedaan kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang terjadi antar kelompok mengindikasikan bahwa ada pengaruh pemberian serbuk cangkang kupang teraktivasi terhadap penurunan kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) diantara tiga kelompok perlakuan. Penurunan tertinggi terjadi pada kelompok perlakuan ketiga ( $P_3$ ) dengan penambahan massa serbuk cangkang kupang teraktivasi sebesar 6 gr.

### 5.2 Saran

1. Bagi Dinas Lingkungan Hidup  
Perlu dilakukan pemantauan limbah cair industri batik Al-Huda secara berkala setiap 3 bulan sekali untuk mengetahui kualitas limbah cair batik Al-

Huda sehingga mampu mengontrol pencemaran yang diakibatkan oleh limbah cair batik.

2. Bagi Pemilik Industri Batik Al-Huda

Diharapkan memiliki IPAL dan dapat memanfaatkan serbuk cangkang kupang teraktivasi sebagai alternatif media pengolahan limbah cair batik khususnya logam berat ( $\text{Cr}^{6+}$ ).

3. Bagi Peneliti Selanjutnya

- a. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengatur kecepatan pengadukan dan mempertimbangkan penambahan massa adsorben dalam menurunkan kadar kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dibawah Baku Mutu Lingkungan (BMAL) yaitu, 0,1 mg/L.
- b. Perlu pertimbangan penelitian lebih lanjut untuk mengontrol variabel lainnya, seperti pH, kecepatan pengadukan, waktu kontak, dan konsentrasi logam berat. Sehingga didapatkan hasil penyerapan yang optimum terhadap logam berat yang ada dalam limbah cair.
- c. Bagi peneliti selanjutnya perlu melakukan uji coba regenerasi adsorben cangkang kupang agar bisa dilakukan *reuse* adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., Nurisman, E., Haryani, N., Cundari, L., Novisa, A., & Khristina, O. 2011. Pengolahan air limbah pewarna sintetis dengan menggunakan reagen fenton. [serial online] [http://eprints.unsri.ac.id/132/1/Pages\\_from PROSIDING AVOER 2011-27.pdf](http://eprints.unsri.ac.id/132/1/Pages_from_PROSIDING_AVOER_2011-27.pdf) [16 September 2018].
- Alfianika, N. 2016. *Metode Penelitian Pengajaran Bahasa Indonesia*. Yogyakarta: Deepublish.
- Andriani, R. (2017). Toksisitas Limbah Cair Industri Batik Terhadap Morfologi Sisik Ikan Nila Gift (*Oreochomis Niloticus*). *Jurnal SainHealth*, 1(2), 83-91. [serial online] <https://e-journal.umaha.ac.id/index.php/sainhealth/article/viewFile/108/146> [10 November 2018].
- Anjani, R. P., & Koestiari, T. 2014. Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Granular Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II) dengan Pesaing ION Na<sup>+</sup>. *Jurnal of Chemistry*. [serial online] <http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/article/12895/35/article.pdf>. [09 Februari 2018].
- Anugrah S, A. dan Iriany. 2015. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Bulu sebagai Adsorben untuk Menyerap Logam Kadmium (II) dan Timbal (II). *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol 4(3) : 40-45 [serial online] <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jtk/article/viewFile/11027/4843> [09 Februari 2018].
- Arias, J. L., & Fernandez, M. S. 2003. Biomimetic processes through the study of mineralized shells. *Materials Characterization*, 50(2), 189-195. [serial online] [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/122345/Arias\\_JL.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/122345/Arias_JL.pdf?sequence=1) [30 Juli 2017].
- Asip, F., Mardhiah, R., & Husna, H. 2008. Uji Efektifitas Cangkang Telur Dalam Mengadsorpsi Ion Fe Dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2). [serial online] <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/download/50/51/15> September 2018]

- Asleni., Itnawita., & Kartika, G. F. 2016. Potensi Abu Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Dengan Variasi Waktu Kalsinasi Sebagai Adsorben Ion  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}$ -Dan  $\text{NO}_3^-$ . [serial online] <http://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/8332/JURNAL%20ASLENI.pdf?sequence=1> [30 Juli 2017].
- Asmadi, Endro, S., & Oktiawan, W. 2011. Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca (OH)<sub>2</sub>, NaOH dan NaHCO<sub>3</sub> (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang). *Jurnal Air Indonesia*, 5(1). [serial online] <http://ejurnal.bppt.go.id/ejurnal2011/index.php/JAI/article/download/289/290> [04 April 2018].
- Budin, K., Subramaniam, Y., Tair, R., & Ali, S. A. M. 2014. The ability of crab and cockle shell to adsorb lead and chromium from industrial effluent. *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol*, 8, 4-6. [serial online] [https://www.researchgate.net/profile/Siti\\_Aishah\\_Mohd\\_Ali/publication/275893777\\_The\\_ability\\_of\\_crab\\_and\\_cockle\\_shell\\_to\\_adsorb\\_lead\\_and\\_chromium\\_from\\_industrial\\_effluent/links/55497d840cf205bce7ac31a8/The-ability-of-crab-and-cockle-shell-to-adsorb-lead-and-chromium-from-industrial-effluent.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Siti_Aishah_Mohd_Ali/publication/275893777_The_ability_of_crab_and_cockle_shell_to_adsorb_lead_and_chromium_from_industrial_effluent/links/55497d840cf205bce7ac31a8/The-ability-of-crab-and-cockle-shell-to-adsorb-lead-and-chromium-from-industrial-effluent.pdf). [21 Mei 2018].
- Cahyanto, T., Sudjarwo, T. S., Widayanti, R., & Shalikhah, M. A. 2017. Pengaruh Air Limbah Celupan Batik di Parakannyasag Tasikmalaya Terhadap Pertumbuhan Ki Apu (*Pistia stratiotes* L.). *Jurnal Biota UIN Raden Fatah*, 3(2), 76-82. <http://jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/biota/article/download/1318/pdf> [04 Oktober 2018].
- Chandra, B. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Darajati, M. 2009. Pemanfaatan Serbuk Cangkang Kupang Renteng (*Modiolus Demissus*) Untuk Menurunkan Kadar Pb Dan Cd Dalam Larutan (*Doctoral dissertation, UNIVERSITAS AIRLANGGA*). [serial online] <http://repository.unair.ac.id/10686/8/gdlhub-gdl-s1-2009-darajatimu-8766-ff2308.pdf> [30 Juli 2017].
- Daranindra, R. F. 2010. Perancangan Alat Bantu Proses Pencelupan Zat Warna dan Pencucian Warna Pada Kain Batik Sebagai Usaha Mengurangi Interaksi Dengan Zat Kimia dan Memperbaiki Postur Kerja (Studi Kasus di Perusahaan Batik Brotoseno, Masaran, Sragen). Skripsi, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.



- Dinas Perikanan Kabupaten Sidoarjo. 2016. *Hasil Penangkapan di Laut Kabupaten Sidoarjo*. Sidoarjo: Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Sidoarjo.
- Dinas Koperasi UKM Perindustrian Perdagangan dan Energi Sumber Daya Mineral Kabupaten Sidoarjo. 2016. *Jumlah Industri Batik di Kabupaten Sidoarjo*. Sidoarjo: Dinas Koperasi UKM Perindustrian Perdagangan dan Energi Sumber Daya Mineral Kabupaten Sidoarjo.
- Elmariza, J., Zaharah, T. A., & Arreneuz, S. 2015. Optimasi Ukuran Partikel, Massa Dan Waktu Kontak Karbon Aktif Berdasarkan Efektivitas Adsorpsi  $\beta$ -karoten pada CPO. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(2). [serial online] <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/download/9456/9340> [16 September 2018].
- Ghozali, I. 2005. *Analisis Multivairate dengan Program SPSS*. Edisi Ketiga. Semarang: BP Universitas Diponegoro.
- Gratha, B. 2012. *Panduan Mudah Belajar Membuat*. Cet 1. Jakarta: Demedia.
- Hameed, B. H., Ahmad, A. A., & Aziz, N. 2007. Isotherms, kinetics and thermodynamics of acid dye adsorption on activated palm ash. *Chemical Engineering Journal*, 133(1), 195-203. [serial online] [https://www.researchgate.net/profile/Bassim\\_Hameed/publication/291867665\\_Isotherm\\_kinetic\\_and\\_thermodynamic\\_of\\_adsorption\\_of\\_acid\\_dye\\_on\\_activated\\_palm\\_ash/links/56aeb0808aeaa696f2ed879/Isotherm-kinetic-and-thermodynamic-of-adsorption-of-acid-dye-on-activated-palm-ash.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Bassim_Hameed/publication/291867665_Isotherm_kinetic_and_thermodynamic_of_adsorption_of_acid_dye_on_activated_palm_ash/links/56aeb0808aeaa696f2ed879/Isotherm-kinetic-and-thermodynamic-of-adsorption-of-acid-dye-on-activated-palm-ash.pdf?origin=publication_detail) [30 Juli 2017].
- Hamester, M. R. R., Balzer, P. S., & Becker, D. 2012. Characterization of calcium carbonate obtained from oyster and mussel shells and incorporation in polypropylene. *Materials Research*, 15(2), 204-208. [serial online] [http://www.scielo.br/pdf/mr/v15n2/aop\\_0828-11.pdf](http://www.scielo.br/pdf/mr/v15n2/aop_0828-11.pdf) [10 Januari 2018].
- Hanafiah, K. A. 2005. *Rancangan Percobaan Aplikatif*. Jakarta: PT Raja Grafindo.
- Indah, S. 2014. Studi Regenerasi Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays L.*) Dalam Menyisihkan Logam Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dari Air Tanah. *Jurnal Dampak*, 11(1), 48-58. [serial online] <http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/index.php/Dampak/article/viewFile/33/18> [17 September 2018].

- Istighfarini, S. A. E., Daud, S., & Hs, E. 2017. Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 4(1), 1-8. [serial online] <https://media.neliti.com/media/publications/201697-pengaruh-massa-dan-ukuran-partikel-adsor.pdf>. [15 September 2018].
- Izzah, D. N. 2018. Analisis Hasil Produksi dan Pendapatan Nelayan Kupang di Desa Balongdowo Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo. Skripsi, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya.
- Nasution, J. H., & Iriany. 2015. Pembuatan Adsorben Dari Cangkang Kerang Bulu Yang Diaktivasi Secara Termal Sebagai Pengadsorpsi Fenol. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(4). [serial online] <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jtk/article/viewFile/12031/5261> [10 Januari 2018].
- Nazar, M., Syahrial., & Sari, C. L. K. 2013. Pembuatan CaO dari Cangkang Telur Sebagai Katalis Untuk Konversi Minyak Kelapa Menjadi Biodiesel. <http://www.rp2u.unsyiah.ac.id/index.php/welcome/prosesDownload/96/1> [25 September 2018].
- Kabarbisnis.com. 2018. Baru 9 Persen UMKM Indonesia yang Sentuh E-commerce. <http://www.kabarbisnis.com/read/2884684/baru-9-persen-umkm-indonesia-yang-sentuh-e-commerce> [31 Oktober 2018].
- Khan, A. A. A. 2016. Efektivitas Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara (Anadara Granosa) Sebagai Media Adsorben Logam Cu (Ii) dalam (Doctoral dissertation, UII). [serial online] <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/2660/05.4%20bab%2004.pdf?sequence=10&isAllowed=y> [15 Juni 2017].
- Kumalasari, Y. Y. 2014. Pembinaan dan Pemberdayaan Pengrajin Batik (Studi di Dinas Koperasi, UKM, Perindustrian, Perdagangan dan ESDM Kabupaten Sidoarjo dan Industri Kecil Kampong Batik Jetis Kabupaten Sidoarjo). *Jurnal Administrasi Publik*, 2(1), 66-70. [serial online] <http://administrasipublik.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jap/article/view/338/205> [15 Juni 2017].
- Kurniawan, H., & Notodarmojo, S. 2010. The Use Of Rice Straw To Eliminate Waste Color Textile Industry Color Index Reactive Orange 84. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 16(1), 82-92. [serial online] [https://sith.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/8/2017/03/9\\_Hendra-Kurniawan-Volume-16-Nomor-1-hlm.82-92.pdf](https://sith.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/8/2017/03/9_Hendra-Kurniawan-Volume-16-Nomor-1-hlm.82-92.pdf) [31 Oktober 2018].

- Lestari, S. D. 2012. *Mengenal Aneka Batik*. Jakarta Selatan: PT Balai Pustaka (PERSERO).
- Marangratu, S. V., Andhika, B., & Syaunqiah, I. 2016. Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) Sebagai Adsorben Logam Berat Seng (Zn). *Jurnal Konversi UNLAM*, 5(1), 22-26. [serial online] <https://media.neliti.com/media/publications/107783-ID-none.pdf>. [16 September 2018].
- Mohamed, M., Yusup, S., & Maitra, S. 2012. Decomposition study of calcium carbonate in cockle shell. *Journal of Engineering Science and Technology*, 7(1), 1-10. [serial online] <https://core.ac.uk/download/pdf/25966658.pdf> [13 September 2018].
- Muljadi. 2009. Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak Dengan Metode Fisika-Kimia Dan Biologi Terhadap Penurunan Parameter Pencemar (Bod, Cod, Dan Logam Berat Krom (Cr) (Studi Kasus Di Desa Butulan Makam Haji Sukoharjo). [serial online] [https://eprints.uns.ac.id/695/1/EFISIENSI\\_INSTALASI\\_PENGOLAHAN\\_LIMBAH\\_CAIR\\_INDUSTRI\\_BATIK\\_CETAK.pdf](https://eprints.uns.ac.id/695/1/EFISIENSI_INSTALASI_PENGOLAHAN_LIMBAH_CAIR_INDUSTRI_BATIK_CETAK.pdf). [08 januari 2018].
- Mujizah, S. 2010. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa oleifera. Lamk*) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif. Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang, hal 30-32.
- Musman, A., & Arini A. B. 2011. *Batik Warisan Adiluhung Nusantara*. Yogyakarta: G-Media.
- Mu'in, R., Wulandari, S., & Pertiwi, N. P. 2017. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Massa Adsorben Terhadap Penurunan Kadar Phospat Pada Pengolahan Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(1). [serial online] <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/viewFile/321/309> [17 September 2018].
- Nasution, J. H. I. 2015. Pembuatan Adsorben Dari Cangkang Kerang Bulu Yang Diaktivasi Secara Termal Sebagai Pengadsorpsi Fenol. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(4). [serial online] <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jtk/article/download/12031/5261> [24 Mei 2018].
- Nazir, M. 2003. *Metode Penelitian*. Jakarta: Penerbit Ghalia Indonesia.
- Notoadmodjo, S. 2012. *Metode Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Nurdalia, I. 2006. Kajian dan analisis peluang penerapan produksi bersih pada usaha kecil batik cap (studi kasus pada tiga usaha industri kecil batik cap di pekalongan) (*Doctoral dissertation, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro*). [serial online] [http://eprints.undip.ac.id/15638/1/Ida\\_Nurdalia.pdf](http://eprints.undip.ac.id/15638/1/Ida_Nurdalia.pdf) [18 juli 2017].
- Nurhasni, N., Hendrawati, H., & Saniyyah, N. 2010. Penyerapan Ion Logam Cd Dan Cr Dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi. *Jurnal Kimia VALENSI*, 1(6). [serial online] <http://www.journal.uinjkt.ac.id/index.php/valensi/article/viewFile/244/159> . [15 September 2018].
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Cetakan 4. Jakarta: Rineka Cipta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta: Menteri Lingkungan Hidup.
- Pratama, D. A. 2017. Efektivitas Ampas Teh Sebagai Adsorben Alternatif Logam Fe Dan Cu Pada Air Sungai Mahakam. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(3). <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/download/1560/1341> [16 September 2018].
- Portal Arjuna. 2017. *Rutinitas Para Nelayan Kupang Desa Balongdowo*. <http://portalarjuna.net/2017/03/rutinitas-para-nelayan-kupang/> [30 Juli 2017].
- Prayetno, S., & Susanto, T., 2001. *Kupang dan Produk Olahannya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Profil Kelautan Dan Perikanan Provinsi Jawa Timur untuk Mendukung Industrialisasi KP. Pusat Data Statistik dan Informasi Sekretariat Jendral Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2010. [http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/154361-%5B\\_Konten\\_%5D-Konten%20D547.pdf](http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/154361-%5B_Konten_%5D-Konten%20D547.pdf) [30 Juli 2017].
- Putranto, A., & Angelina, S. 2014. Pemodelan Perpindahan Massa Adsorpsi Zat Warna Pada Florisil Dan Silica Gel Dengan Homogeneous And Heterogeneous Surface Diffusion Model. *Research Report-Engineering Science*, 2. [serial online] <http://journal.unpar.ac.id/index.php/rekayasa/article/viewFile/1252/1231>. [10 Januari 2018].

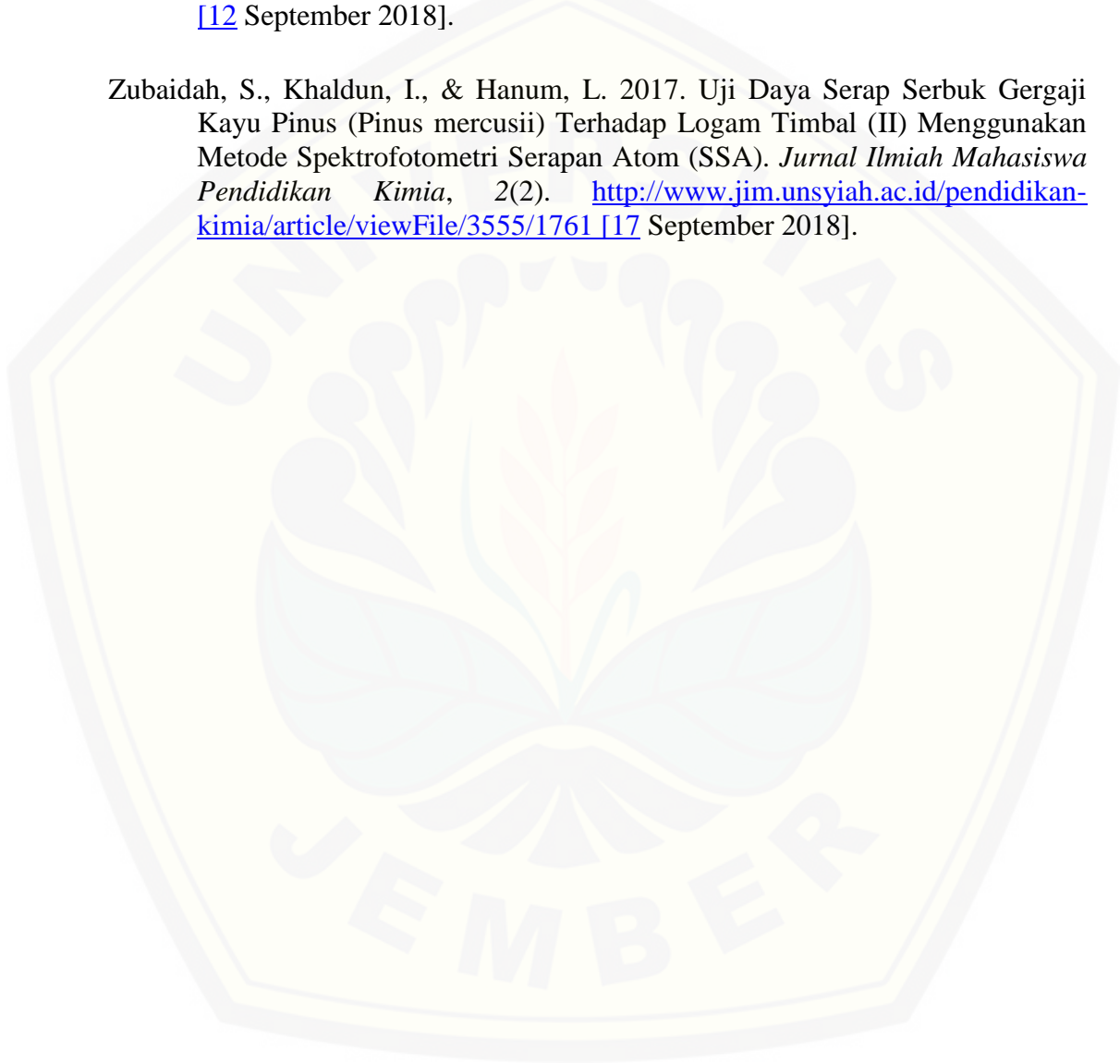
- Rahman, M. U., Gul, S., & Haq, M. Z. U. 2007. Reduction of chromium (VI) by locally isolated *Pseudomonas* sp. C-171. *Turkish Journal of Biology*, 31(3), 161-166. [serial online] <http://journals.tubitak.gov.tr/biology/issues/biy-07-31-3/biy-31-3-6-0610-19.pdf> [15 November 2017].
- Ratnasari, N. D., Moelyaningrum, A. D., & Ellyke. 2017. Penurunan Kadar Tembaga (Cu) pada Industri Elektroplating Menggunakan cangkang Telur Ayam Potong Teraktivasi Termal. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 9(2): 56-62. [serial online] <http://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/84482/Ninis%20Dian%20Ratnasari%20132110101010%20%23.pdf?sequence=1> [15 September 2016].
- Rizkamala. 2016. Adosrbsi Ion Logam Cr (Total) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Bulu Ayam. Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Rumengan, F. 2017. Pengaruh Waktu Kalsinasi Terhadap Konversi Batu Kapur Menjadi CaO. <http://103.195.142.17/bitstream/handle/123456789/24651/PENGARUH%20KONVERSI%20BATU%20KAPUR%20MENJADI%20CaO%20Journal.pdf?sequence=1> [25 September 2018].
- Santosa, S. J., Siswanta, D., & Sudiono, S. 2014. *Dekontaminasi Ion Logam Dengan Biosarben Berbasis Asam Humat, Kitin, dan Kitosan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Santoso, S. 2012. *Aplikasi SPSS pada Statistik Multivariat*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Sarah, F., Khaldun, I., & Nazar, M. 2016. Uji Daya Serap Serbuk Gergaji Kayu Merbau (*Intsia* sp) Terhadap Logam Timbal (II). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia*, 1(4). [serial online] <http://jim.unsyiah.ac.id/pendidikan-kimia/article/viewFile/3302/1613> [16 September 2018].
- Sasongko, D. P., & Tresna, W. P. 2010. Identifikasi unsur dan kadar logam berat pada limbah pewarna batik dengan metode analisis pengaktifan neutron. *J. Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Telaah*, 2(1), 22-27. [http://fisika.lipi.go.id/en/sites/default/files/makalah\\_04272010.pdf](http://fisika.lipi.go.id/en/sites/default/files/makalah_04272010.pdf) [16 September 2018].

- Sedarmayanti dan S. Hidayat. 2002. *Metode Penelitian*. Bandung: Penerbit Mandar Maju.
- Setiyono, A., & Gustaman, R. A. 2017. Pengendalian Kromium (Cr) Yang Terdapat di Limbah Batik Dengan Metode Fitoremediasi. *Unnes Journal of Public Health*, 6(3), 155-160. [serial online] <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujph/article/download/15754/8619> [25 September 2018].
- Soemirat, J. 2003. *Toksikologi lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Susanto, T. N., Atmono, A., & Natalina, N. 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Media Adsorben Dalam Penurunan Kadar Logam Kromium Heksavalen (Cr6+) Pada Limbah Cair Industri Elektroplating. *Jurnal Ecolab*, 11(1), 27-31. [serial online] <http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/JKLH/article/download/3087/2219> [16 September 2018].
- Suyono dan Budiman. 2010. *Ilmu kesehatan masyarakat*. Jakarta. EGC.
- Sembel, D. T., 2015. *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: ANDI.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. 2016. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *INFO-TEKNIK*, 12(1), 11-20 [serial online] <http://ppjp.unlam.ac.id/journal/index.php/infoteknik/article/viewFile/1773/1545> [20 Januari 2018].
- Tjahjani, I. 2013. *Yuk, Mambatik!*. Jakarta: Esensi.
- Wahyuni, S., & Damayanti, A. 2016. Pengaruh Konsentrasi dan Kecepatan Pengadukan terhadap Karakteristik Membran Komposit Chitosan. *Jurnal Purifikasi*, 16(1), 44-53. <https://www.purifikasi.id/index.php/purifikasi/article/download/36/34> [16 September 2018].
- Widowati. W., Sastiono. A., & Jusuf. R. R. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Wulandari, A. 2011. *Batik Nusantara: Filosofi, Cara Pembuatan dan Industri Batik*. Yogyakarta: ANDI.


Zarkasi, K., Moelyaningrum, A. D., & Ningrum, P. T. 2018. Penggunaan Arang Aktif Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Terhadap Tingkat Adsorpsi Kromium ( $Cr_6+$ ) Pada Limbah Batik. *Efektor*, 5(2), 67-73. <http://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/efektor-e/article/download/12069/910> [12 September 2018].

Zubaidah, S., Khaldun, I., & Hanum, L. 2017. Uji Daya Serap Serbuk Gergaji Kayu Pinus (*Pinus mercurii*) Terhadap Logam Timbal (II) Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia*, 2(2). <http://www.jim.unsyiah.ac.id/pendidikan-kimia/article/viewFile/3555/1761> [17 September 2018].



## LAMPIRAN

## LAMPIRAN A Hasil Uji Laboratorium

	<b>BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI BARISTAND INDUSTRI SURABAYA</b>																																																																																																																																
Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480 <a href="http://baristandsurabaya.kemenperind.go.id/">http://baristandsurabaya.kemenperind.go.id/</a>																																																																																																																																	
<h3 style="margin: 0;">LAPORAN HASIL UJI</h3> <p style="margin: 0; font-size: small;">No. 6116-6139/18/LHU/2/VIII/2018</p>																																																																																																																																	
Nomor Analisa : 2018P6116 s/d 2018P6139 Contoh : Air Limbah Batik Merk : Terlampir Diterima Tanggal : 09 Agustus 2018 Catatan Sampel : 500ml air limbah dalam botol	Nama Pengirim : DINI DWI PRIDYANTI  Alamat : Ds. Kali Mati Kec. Tarik Kab. Sidoarjo																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Nomor Analisa</th> <th style="width: 10%;">Kode</th> <th style="width: 10%;">SATUAN</th> <th style="width: 15%;">Hasil Uji C<sub>r</sub><sup>6</sup>*</th> <th style="width: 50%;">METODE UJI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>P. 6116</td><td>K 1</td><td>mg/L</td><td>3,83</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6117</td><td>K 2</td><td>mg/L</td><td>3,54</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6118</td><td>K 3</td><td>mg/L</td><td>3,35</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6119</td><td>K 4</td><td>mg/L</td><td>4,02</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6120</td><td>K 5</td><td>mg/L</td><td>3,92</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6121</td><td>K 6</td><td>mg/L</td><td>4,26</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6122</td><td>P<sub>1</sub> 1</td><td>mg/L</td><td>3,68</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6123</td><td>P<sub>1</sub> 2</td><td>mg/L</td><td>3,78</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6124</td><td>P<sub>1</sub> 3</td><td>mg/L</td><td>3,3</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6125</td><td>P<sub>1</sub> 4</td><td>mg/L</td><td>4,02</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6126</td><td>P<sub>1</sub> 5</td><td>mg/L</td><td>3,14</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6127</td><td>P<sub>1</sub> 6</td><td>mg/L</td><td>3,11</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6128</td><td>P<sub>2</sub> 1</td><td>mg/L</td><td>2,55</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6129</td><td>P<sub>2</sub> 2</td><td>mg/L</td><td>3,16</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6130</td><td>P<sub>2</sub> 3</td><td>mg/L</td><td>3,54</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6131</td><td>P<sub>2</sub> 4</td><td>mg/L</td><td>3,26</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6132</td><td>P<sub>2</sub> 5</td><td>mg/L</td><td>2,33</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6133</td><td>P<sub>2</sub> 6</td><td>mg/L</td><td>2,21</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6134</td><td>P<sub>3</sub> 1</td><td>mg/L</td><td>2,11</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6135</td><td>P<sub>3</sub> 2</td><td>mg/L</td><td>2,49</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6136</td><td>P<sub>3</sub> 3</td><td>mg/L</td><td>1,78</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6137</td><td>P<sub>3</sub> 4</td><td>mg/L</td><td>2,31</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6138</td><td>P<sub>3</sub> 5</td><td>mg/L</td><td>1,59</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> <tr><td>P. 6139</td><td>P<sub>3</sub> 6</td><td>mg/L</td><td>1,69</td><td>SNI 6989.71 : 2009</td></tr> </tbody> </table>					Nomor Analisa	Kode	SATUAN	Hasil Uji C <sub>r</sub> <sup>6</sup> *	METODE UJI	P. 6116	K 1	mg/L	3,83	SNI 6989.71 : 2009	P. 6117	K 2	mg/L	3,54	SNI 6989.71 : 2009	P. 6118	K 3	mg/L	3,35	SNI 6989.71 : 2009	P. 6119	K 4	mg/L	4,02	SNI 6989.71 : 2009	P. 6120	K 5	mg/L	3,92	SNI 6989.71 : 2009	P. 6121	K 6	mg/L	4,26	SNI 6989.71 : 2009	P. 6122	P <sub>1</sub> 1	mg/L	3,68	SNI 6989.71 : 2009	P. 6123	P <sub>1</sub> 2	mg/L	3,78	SNI 6989.71 : 2009	P. 6124	P <sub>1</sub> 3	mg/L	3,3	SNI 6989.71 : 2009	P. 6125	P <sub>1</sub> 4	mg/L	4,02	SNI 6989.71 : 2009	P. 6126	P <sub>1</sub> 5	mg/L	3,14	SNI 6989.71 : 2009	P. 6127	P <sub>1</sub> 6	mg/L	3,11	SNI 6989.71 : 2009	P. 6128	P <sub>2</sub> 1	mg/L	2,55	SNI 6989.71 : 2009	P. 6129	P <sub>2</sub> 2	mg/L	3,16	SNI 6989.71 : 2009	P. 6130	P <sub>2</sub> 3	mg/L	3,54	SNI 6989.71 : 2009	P. 6131	P <sub>2</sub> 4	mg/L	3,26	SNI 6989.71 : 2009	P. 6132	P <sub>2</sub> 5	mg/L	2,33	SNI 6989.71 : 2009	P. 6133	P <sub>2</sub> 6	mg/L	2,21	SNI 6989.71 : 2009	P. 6134	P <sub>3</sub> 1	mg/L	2,11	SNI 6989.71 : 2009	P. 6135	P <sub>3</sub> 2	mg/L	2,49	SNI 6989.71 : 2009	P. 6136	P <sub>3</sub> 3	mg/L	1,78	SNI 6989.71 : 2009	P. 6137	P <sub>3</sub> 4	mg/L	2,31	SNI 6989.71 : 2009	P. 6138	P <sub>3</sub> 5	mg/L	1,59	SNI 6989.71 : 2009	P. 6139	P <sub>3</sub> 6	mg/L	1,69	SNI 6989.71 : 2009
Nomor Analisa	Kode	SATUAN	Hasil Uji C <sub>r</sub> <sup>6</sup> *	METODE UJI																																																																																																																													
P. 6116	K 1	mg/L	3,83	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6117	K 2	mg/L	3,54	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6118	K 3	mg/L	3,35	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6119	K 4	mg/L	4,02	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6120	K 5	mg/L	3,92	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6121	K 6	mg/L	4,26	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6122	P <sub>1</sub> 1	mg/L	3,68	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6123	P <sub>1</sub> 2	mg/L	3,78	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6124	P <sub>1</sub> 3	mg/L	3,3	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6125	P <sub>1</sub> 4	mg/L	4,02	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6126	P <sub>1</sub> 5	mg/L	3,14	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6127	P <sub>1</sub> 6	mg/L	3,11	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6128	P <sub>2</sub> 1	mg/L	2,55	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6129	P <sub>2</sub> 2	mg/L	3,16	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6130	P <sub>2</sub> 3	mg/L	3,54	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6131	P <sub>2</sub> 4	mg/L	3,26	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6132	P <sub>2</sub> 5	mg/L	2,33	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6133	P <sub>2</sub> 6	mg/L	2,21	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6134	P <sub>3</sub> 1	mg/L	2,11	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6135	P <sub>3</sub> 2	mg/L	2,49	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6136	P <sub>3</sub> 3	mg/L	1,78	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6137	P <sub>3</sub> 4	mg/L	2,31	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6138	P <sub>3</sub> 5	mg/L	1,59	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
P. 6139	P <sub>3</sub> 6	mg/L	1,69	SNI 6989.71 : 2009																																																																																																																													
Catatan : - Parameter uji sesuai dengan permintaan																																																																																																																																	
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="text-align: left;"> <p style="font-size: small; margin: 0;">Surabaya, 15 Agustus 2018</p> <p style="margin: 0;"><b>Laboratorium Kimia dan Lingkungan</b></p> <p style="margin: 0; font-size: small;">Ardhaniqhas Riza Utami, ST, MT NIP.197808232005022001</p> </div> </div>																																																																																																																																	
Hal. 2 dari 2 Page (2 of 2)																																																																																																																																	
Perhatian : Laporan Hasil Uji Hanya berlaku untuk contoh diatas Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya Kode Dok : FM - 7.09.02 1/0																																																																																																																																	



## LAMPIRAN B Hasil Uji Statistik Anova

## 1. Uji Normalitas

Tests of Normality							
	Kelompok	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kadar_Kromium	Kontrol	,179	6	,200*	,975	6	,927
	Perlakuan 1	,208	6	,200*	,907	6	,416
	Perlakuan 2	,219	6	,200*	,907	6	,415
	Perlakuan 3	,223	6	,200*	,925	6	,543

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

a. Lilliefors Significance Correction

## 2. Tes Homogenitas

## Test of Homogeneity of Variances

Kadar\_Kromium

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,394	3	20	,099

## 3. Uji Anova

## ANOVA

Kadar\_Kromium

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11,736	3	3,912	22,901	,000
Within Groups	3,416	20	,171		
Total	15,152	23			

## 4. Uji Post Hoc

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: Kadar\_Kromium

Tukey HSD

(I) Kelompok	(J) Kelompok	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	Perlakuan 1	,31500	,23862	,561	-,3529	,9829
	Perlakuan 2	,97833*	,23862	,003	,3104	1,6462
	Perlakuan 3	1,82500*	,23862	,000	1,1571	2,4929
Perlakuan 1	Kontrol	-,31500	,23862	,561	-,9829	,3529
	Perlakuan 2	,66333	,23862	,052	-,0046	1,3312
	Perlakuan 3	1,51000*	,23862	,000	,8421	2,1779
Perlakuan 2	Kontrol	-,97833*	,23862	,003	-1,6462	-,3104
	Perlakuan 1	-,66333	,23862	,052	-1,3312	,0046
	Perlakuan 3	,84667*	,23862	,010	,1788	1,5146
Perlakuan 3	Kontrol	-1,82500*	,23862	,000	-2,4929	-1,1571
	Perlakuan 1	-1,51000*	,23862	,000	-2,1779	-,8421
	Perlakuan 2	-,84667*	,23862	,010	-1,5146	-,1788

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## 5. Homogeneous Subsets

## Kadar\_Kromium

Tukey HSD

Kelompok	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Perlakuan 3	6	1,9950		
Perlakuan 2	6		2,8417	
Perlakuan 1	6		3,5050	3,5050
Kontrol	6			3,8200
Sig.		1,000	,052	,561

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

LAMPIRAN C Dokumentasi Kegiatan



Gambar 1. Cangkang Kupang yang sudah disiapkan



Gambar 2. Pencucian cangkang kupang



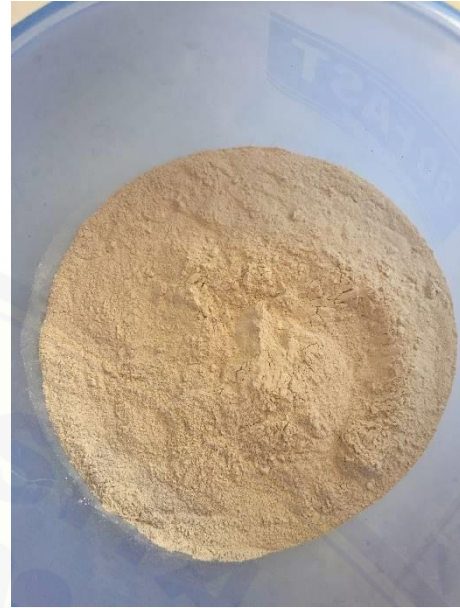
Gambar 3. Penjemuran cangkang kupang setelah dicuci



Gambar 4. Menghaluskan cangkang kupang menjadi serbuk



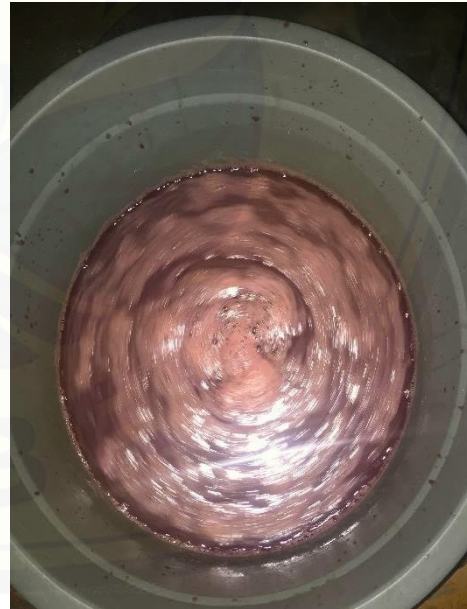
Gambar 5. Pengayakan serbuk cangkang kupang ukuran 200 mesh



Gambar 6. Hasil aktivasi serbuk cangkang kupang



Gambar 7. Penimbangan serbuk cangkang kupang



Gambar 8. Homogenisasi limbah cair batik



Gambar 9. Pengadukan sampel menggunakan *magnetic stirrer*



Gambar 10. Penyaringan serbuk cangkang kupang dari limbah batik



Gambar 11. Hasil penyaringan sampel



Gambar 12. Pengiriman sampel ke laboratorium



Gambar 13. Tempat pengambilan sampel limbah cair batik