



**PENGGUNAAN KAYU APU (*Pistia Stratiotes L.*) UNTUK MENGIKAT
LOGAM CHROMIUM TOTAL (Cr) PADA LIMBAH CAIR BATIK**

SKRIPSI

Oleh

**Alif Resti Billah
NIM 152110101160**

**PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN
PROGRAM STUDI S1 KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**PENGGUNAAN KAYU APU (*Pistia Stratiotes L.*) UNTUK MENGIKAT
LOGAM CHROMIUM TOTAL (Cr) PADA LIMBAH CAIR BATIK**

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

**Alif Resti Billah
NIM 152110101160**

**PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN
PROGRAM STUDI S1 KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, ayah Choirul Anam, S.Sos dan ibu Sri Wahyuni yang telah membesarkanku, mendidikku, menyayangiku dan tiada henti mendoakanku, serta selalu mendukungku.
2. Adikku tersayang Nita Hanina Billah dan Nafisa Maulani Billah yang selalu mendoakanku dan menyayangiku.
3. Peminatan Kesehatan Lingkungan, Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah mengajarkan banyak pelajaran.

MOTTO

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

(Terjemahan QS. Al-Rum : 41*)



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2007. *Mushaf Al-Quran*. Bandung : Penerbit Sygma exagrafika

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alif Resti Billah

NIM : 152110101160

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Penggunaan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Untuk Mengikat Logam Chromium Total (Cr) Pada Limbah Cair Batik* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi 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, 7 Januari 2020

Yang menyatakan,

(Alif Resti Billah)

NIM 152110101160

SKRIPSI

**PENGGUNAAN KAYU APU (*Pistia Stratiotes L.*) UNTUK MENGIKAT
LOGAM CHROMIUM TOTAL (Cr) PADA LIMBAH CAIR BATIK**

Oleh:

Alif Resti Billah
152110101160

Pembimbing:

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Penggunaan Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) Untuk Mengikat Logam Chromium Total (Cr) Pada Limbah Cair Batik* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 7 Januari 2020

Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

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 : Andrei Ramani, S.KM., M.Kes ()
NIP. 198008252006041005
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

Penggunaan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Untuk Mengikat Logam Chromium Total (Cr) Pada Limbah Cair Batik; Alif Resti Billah; 152110101160; 2019; halaman 86; Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Batik adalah salah satu budaya Indonesia yang memiliki nilai seni tinggi dan telah ditetapkan UNESCO sebagai warisan asli budaya Indonesia. Produksi batik yang semakin meningkat pada saat ini diiringi pula dengan berkembangnya industri batik yang semakin banyak. Daerah Kabupaten Jember memiliki 10 unit UKM batik pada tahun 2018. UD Pakemsari merupakan salah satu ukm batik yang terdapat di Desa Sumberpakem, Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember. Industri batik tergolong industri tekstil yang menghasilkan limbah cair dengan jumlah yang cukup tinggi. Limbah cair batik dapat mencemari lingkungan diakibatkan oleh kandungan bahan kimia yaitu pewarna, lilin (wax), amilum, sisa serat selulosa dan logam berat. Kandungan logam berat yang terdapat pada limbah cair batik dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yaitu logam chromium (Cr).

Logam chromium dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis jika terpapar dalam tubuh manusia dalam jangka waktu yang lama. Kadar chromium total (Cr-T) pada UD Pakemsari pada tahun 2016 sebesar 8.1 mg/L. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 telah melebihi baku mutu lingkungan yang mana seharusnya kadar maksimum yaitu 1 mg/L. Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukan metode untuk mengurangi kadar chromium salah satunya yaitu menggunakan fitoremediasi, karena biaya yang lebih rendah, tidak memerlukan peralatan khusus sehingga mudah diterapkan. Tanaman fitoremediator pada penelitian ini yaitu kayu apu (*Pistia stratiotes L.*). Pemilihan tanaman kayu apu dikarenakan tanaman yang melimpah di alam dan mudah ditemukan pada air yang menggenang atau mengalir lambat serta tanaman kayu

apu memiliki kemampuan menyerap kandungan logam berat dan berfungsi sebagai pembersih dari pencemaran air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kadar chromium total (Cr-T) pada limbah cair batik tanpa penambahan tanaman kayu apu (0gr/6L) dengan yang diberi penambahan kayu apu seberat 300gr/6L, 350gr/6L dan 400gr/6L dengan waktu pemaparan selama 10 hari.

Metode penelitian adalah *True Eksperiment* dengan bentuk *Post-test Only Control Design*. Pada penelitian ini terdapat empat kelompok, dimana masing-masing kelompok terdiri dari 6 replikasi. Kelompok pertama yaitu kelompok kontrol atau kelompok tanpa kayu apu 0gr/6L, kelompok kedua yaitu kelompok yang diberi penambahan kayu apu seberat 300gr/6L (P₁), kelompok ketiga yaitu kelompok yang diberi penambahan kayu apu seberat 350gr/6L (P₂) dan kelompok keempat yaitu kelompok yang diberi penambahan kayu apu seberat 400gr/6L (P₃).

Hasil penelitian dilakukan uji normalitas kemudian dilakukan uji *one way anova*. Hasil uji *one way anova* dengan $\alpha = 0.05$ menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada semua kelompok <0.05 , artinya seluruh kelompok perlakuan memiliki rerata kelompok yang berbeda. Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu kelompok pada perlakuan ketiga (P₃) yaitu kelompok limbah cair batik dengan penambahan berat 400gr/6L memiliki rerata kelompok terkecil dibandingkan kelompok lainnya yaitu sebesar 0.165 mg/L. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 rerata tersebut sudah dibawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan yaitu 1 mg/L.

Saran bagi industri batik adalah dapat mengolah limbah cair terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air agar tidak terjadi pencemaran lingkungan yaitu dapat menggunakan metode sederhana dengan penggunaan tanaman air kayu apu pada bak penampungan limbah untuk mengurangi kadar chromium limbah cair batik. Saran bagi peneliti selanjutnya yaitu menggunakan metode selain fitoremediasi seperti penggunaan adsorben untuk mengurangi kadar chromium total pada limbah cair batik.

SUMMARY

The Use of *Pistia Stratiotes L.* Wood to Bind Chromium (Cr) Metals to Batik Liquid Waste. Alif Resti Billah; 152110101160; 2019; 86 pages; Undergraduate programme of Public Health, Faculty of Public Health University of Jember.

Batik is one of Indonesia's cultures that has high artistic value and has been designated by UNESCO as the Indonesia's original cultural heritage. Batik production is increasing at this time accompanied by the development of a growing batik industry. Jember Regency has 10 batik UKM units in 2018. Pakemsari UD is one of the batik small and medium enterprises that founded in Sumberpakem Village, Sumberjambe District, Jember Regency. Batik Industry classified as the textile industry which produces a high enough amount of liquid waste. Batik liquid wastes can pollute the environment due to chemical content, namely dyes, wax, starch, cellulose fiber residues and heavy metals. Heavy metal content contained in batik liquid waste can cause environmental pollution namely metal chromium (Cr).

Chromium metal can cause acute and chronic poisoning if exposed in the human body for a long time. Total chromium (Cr-T) levels in UD Pakemsari in 2016 were 8.1 mg / L. Based on East Java Governor Regulation No. 52 of 2014 has exceeded the environmental quality standard which should be a maximum level of 1 mg / L. Based on the description, it is necessary to do a method to reduce chromium levels which is using phytoremediation, because of lower costs, it doesn't require special equipment so it is easy to apply. Phytoremediator plants in this study were apu (*Pistia stratiotes L.*). The choice of apu plants is because the plants are abundant in nature and are easily found in stagnant or slow flowing water and apu wood plants have the ability to absorb heavy metal content and function as a cleaner from water pollution. This study aims to analyze the difference in total chromium (Cr-T) levels in batik liquid waste without apu

0gr/6L with those added with 300gr / 6L, 350gr / 6L and 400gr / 6L apu with exposure time for 10 days.

The research method is True Experiment with Post-test Only Control Design. In this study there were four groups, each of which consisted of 6 replications. The first group is the control group or the group without apu 0gr / 6L, second is the group that is given the addition of 300gr / 6L apu (P1), third is the group given the addition of 350gr / 6L apu (P2) and fourth that is, the group that was given the addition of 400gr / 6L apu (P3).

The results of this study were tested for normality then anova tested. One way ANOVA test results with $\alpha = 0.05$ indicate that the significance value in all groups < 0.05 , meaning that all treatment groups have different population averages, both in group K, groups P1, P2, and P3. The conclusion in this study is group in third treatment that is batik liquid waste group with the addition of 400gr/6L weight has the smallest mean group compared to other groups that was equal to 0.165 mg/L. Based on East Java Governor Regulation No. 52 of 2014 which is 1 mg / L.

Suggestions for the batik industry is to be able to process liquid waste before being discharged into water bodies so that no environmental pollution occurs, that can use a simple method with using water plants which is Apu in waste storage tanks to reduce chromium levels of batik liquid waste. Suggestions for further researchers can use methods other than phytoremediation such as the use of adsorbents to reduce total chromium levels in batik liquid waste.

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah S.W.T. yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusunan skripsi dengan judul, “Pemanfaatan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) Untuk Mengikat Logam Chromium Total (Cr) Pada Limbah Cair Batik sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Skripsi ini menjelaskan tentang metode fitoremediasi menggunakan tanaman air yaitu kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) untuk menurunkan kandungan logam berat chromium total (Cr) pada limbah cair batik, sehingga nantinya dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk pengolahan limbah cair untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

Skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan, saran dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan 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.

Terima kasih dan penghargaan kami sampaikan pula kepada yang terhormat:

1. Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Christyana Sandra, S.KM., M.Kes selaku Kaprodi S1 Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
3. Andrei Ramani, S.KM., M.Kes., Ellyke, S.KM., M.KL., Eka Agustina, S.T., selaku Ketua Penguji, Sekretaris Penguji dan Anggota Penguji;
4. Erdi Istiaji, S.Psi., M.Psi, Alm. Elfian Zulkarnain, S.KM., M.Kes, Dwi Martiana Wati, S.Si., M.Si dan Reny Indrayani, S.KM., M.KKK selaku

Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, memberi nasihat serta motivasi selama menjadi mahasiswa.

5. Seluruh bapak ibu dosen serta staff dan karyawan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membantu saya dalam masa studi.
6. Kedua orang tua saya, kedua adik saya dan keluarga saya yang telah menemani, memberikan nasihat, doa serta dukungan.
7. Teman-teman Peminatan Kesehatan Lingkungan angkatan 2015, kelompok PBL Desa Candijati, kelompok magang BFPI Banyuwangi, UKMKI Ash-Shihah, UKM Lentera dan teman-teman FKM angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan, rasa kekeluargaan, bantuan, doa, motivasi, pengalaman dan kebersamaan.
8. Teman-teman “SKM 2019” Eva Nikmatul Laily, Lika Prastiwi, Firda Atika Awaliya Putri, Irnanda Pratama Hidayat, Puji Dwi Noratikasari, dan Putri Rahayu yang selalu setia mendengar keluh kesah, memberikan motivasi, semangat, doa serta canda tawa, kebahagiaan dan kesedihan hingga tercapainya skripsi ini.
9. Teman-teman kos “Srikandi Squad” yang saya sayangi Idolla, Diah, Sherly, Yeny, Dek Diya, Dek Yuli, Dek Dhotul, Lia, Mbak Kamel.
10. Teman-teman yang saya sayangi Wulan, Fia, Lia, Ambar, Rike dan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

Skripsi ini telah penulis susun dengan optimal, namun tidak menutup kemungkinan adanya kekurangan. Penulis menerima kritik serta saran yang membangun. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 7 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN.....	v
SKRIPSI.....	vi
PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan	5
1.3.1 Tujuan Umum.....	5
1.3.2 Tujuan Khusus	5
1.4 Manfaat	6
1.4.1 Manfaat Teoritis	6
1.4.2 Manfaat Praktis.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Limbah	8
2.2 Limbah Cair	9
2.2.1 Pengertian Limbah Cair.....	9
2.2.2 Karakteristik Limbah Cair.....	10
2.2.3 Dampak Limbah Cair	10
2.3 Batik	11
2.3.1 Pengertian Batik	11

2.3.2 Alat dan Bahan Membatik.....	12
2.3.3 Proses Membatik	13
2.4 Chromium	14
2.4.1 Pengertian Chromium.....	14
2.4.2 Sifat Chromium	14
2.4.3 Penggunaan Chromium	15
2.4.4 Chromium di Lingkungan	15
2.4.5 Efek Toksik Chromium	16
2.5 Fitoremediasi.....	18
2.5.1 Teknik Fitoremediasi.....	19
2.6 Kayu Apu	20
2.6.1 Fisiologi Tanaman Kayu Apu.....	22
2.6.2 Faktor Lingkungan yang mempengaruhi Kayu Apu	23
2.6.3 Cara Kerja Kayu Apu	23
2.6.4 Aquades	24
2.6.5 Aklimatisasi	25
2.7 Kerangka Teori	26
2.8 Kerangka Konsep.....	27
2.9 Hipotesis Penelitian	28
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Jenis Penelitian.....	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2.1 Tempat Penelitian	31
3.2.2 Waktu Penelitian.....	31
3.3 Objek dan Sampel Penelitian	31
3.3.1 Objek Penelitian	31
3.3.2 Sampel Penelitian	31
3.3.3 Teknik Pengambilan Sampel	32
3.4 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional.....	32
3.4.1 Variabel penelitian.....	32
3.4.2 Definisi Operasional	32

3.5	Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.5.1	Alat	33
3.5.2	Alat Uji Kromium.....	33
3.5.3	Bahan	34
3.6	Prosedur Penelitian	34
3.7	Kerangka Operasional.....	36
3.8	Data dan Sumber Data	37
3.8.1	Data primer	37
3.8.2	Data sekunder	37
3.9	Teknik Instrumen Pengumpulan Data	37
3.10	Analisis Data.....	37
3.11	Teknik Penyajian Data.....	39
3.12	Alur Penelitian	40
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil	41
4.1.1	Kadar Chromium Total (Cr) Pada Kelompok Kontrol (K)	42
4.1.2	Kadar Chromium Total (Cr) Pada Kelompok Perlakuan	42
4.1.3	Kadar Chromium Total (Cr) Kelompok K, P ₁ , P ₂ , P ₃	45
4.1.4	Hasil Pengukuran pH dan Suhu.....	48
4.1.5	Perbedaan Penurunan Kadar (Cr) limbah cair batik Kelompok K, P ₁ , P ₂ dan P ₃	50
4.2	Pembahasan.....	54
4.2.1	Kadar Chromium Total (Cr) pada Kelompok Kontrol (K).....	54
4.2.2	Kadar Chromium Total (Cr) pada Kelompok Perlakuan.....	56
4.2.2	Pengukuran pH dan Suhu	58
4.2.3	Perbedaan Penurunan Kadar Chromium total (Cr) limbah cair batik antara Kelompok K dengan Kelompok Perlakuan	60
BAB 5.	PENUTUP.....	66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		68

LAMPIRAN A – Hasil Laboratorium Kadar Chromium Total (Cr)	74
LAMPIRAN B - Hasil Uji Statistik ANOVA.....	76
LAMPIRAN C – Pengukuran pH dan Suhu	78
LAMPIRAN D – Dokumentasi Penelitian	84



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kayu Apu	21
Gambar 2.2 Kerangka Teori Penelitian.....	26
Gambar 2.3 Kerangka Konsep	27
Gambar 3.4 Rancangan Penelitian	29
Gambar 3.5 Kayu Apu dengan kriteria jumlah daun 7-10 helai, diameter 5-8 cm dan panjang akar 5-7 cm.....	34
Gambar 3.6 Ilustrasi bak pengontakan limbah dengan tanaman.....	35
Gambar 3.7 Kerangka Alur Penelitian	40
Gambar 4.8 Kadar Cr Total Pada Kelompok Kontrol (K).....	42
Gambar 4.9 Kadar Cr Total pada Kelompok Pertama (P ₁) dengan Variasi Berat Tanaman Kayu Apu 300 gr/6L.....	43
Gambar 4.10 Kadar Cr Total pada Kelompok Kedua (P ₁) dengan Variasi Berat Tanaman Kayu Apu 350 gr/6L.....	44
Gambar 4.11 Kadar Cr Total pada Kelompok Ketiga (P ₃) dengan Variasi Berat Tanaman Kayu Apu 400 gr/6L.....	45
Gambar 4.12 Kadar Cr Total pada Kelompok K, P ₁ , P ₂ dan P ₃	45
Gambar 4.13 Rerata Kadar Cr Total pada Kelompok K, P ₁ , P ₂ dan P ₃	46
Gambar 4.14 Kadar Chromium Total Kelompok K, P ₁ , P ₂ dan P ₃	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tata Letak RAL Penelitian	31
Tabel 3.2 Definisi Operasional	32
Tabel 4.3 Persentase Penurunan Kadar Cr Total	48
Tabel 4.4 Pengukuran pH.....	48
Tabel 4.5 Pengukuran Suhu	49
Tabel 4.6 Hasil Uji Normalitas	50
Tabel 4.7 Uji Homogenitas 1	51
Tabel 4.8 Uji Homogenitas 2	51
Tabel 4.9 Hasil Uji Post Hoc	52

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terkenal akan beraneka ragam budaya dan seni kerajinan. Kerajinan yang menjadi unggulan produk Indonesia saat ini adalah batik. Industri batik pada saat ini bertumbuh sangat pesat sejak batik ditetapkan UNESCO pada tahun 2009 sebagai warisan budaya Indonesia.

Batik merupakan salah satu budaya Indonesia yang mempunyai nilai seni tinggi. Batik juga dapat diartikan sebagai cara pembuatan bahan pakaian dengan menggunakan malam sebagai pewarnaan kain (Lestari, 2012:1-3). Menurut Menteri Perindustrian (2011) produksi batik diperkirakan semakin meningkat setiap tahunnya seiring dengan tren batik yang lebih beraneka ragam. Menurut Kementerian Perindustrian dalam (Apriliani *et al.*, 2018:3) peningkatan produksi batik dapat dilihat dari nilai produksi dari tahun 2011 sampai dengan 2015 yang mengalami peningkatan yaitu Rp 4,137 triliun menjadi Rp 4,746 triliun. Produksi batik yang semakin meningkat diiringi pula dengan berkembangnya industri batik.

Industri batik di Indonesia rata-rata adalah usaha kecil menengah yang menjadi salah satu sumber pekerjaan sebagian masyarakat (Nurainun *et al.*, 2008:1). Berdasarkan data Kementerian Perindustrian dalam (Apriliani *et al.*, 2018:3) bahwa jumlah unit usaha batik di Indonesia dari tahun 2011 sampai 2015 mengalami peningkatan sebesar 14,7% yaitu dari 41.623 unit usaha pada tahun 2011 menjadi 47.755 unit usaha pada tahun 2015. Menurut Dewan Kerajinan Daerah Jawa Timur dalam (Kurniawan, 2018:3) jumlah industri kecil menengah batik mencapai 9.824 unit usaha pada tahun 2017. Sedangkan, di daerah Jember terdapat 10 unit UKM batik pada tahun 2018 (Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Jember, 2018).

Industri batik di Kabupaten Jember tersebar di berbagai daerah, salah satunya yaitu industri batik yang berada di Desa Sumberpakem, Kecamatan Sumberjambe, Kabupaten Jember. Industri batik ini berdiri sejak tahun 1935 dan setiap harinya dapat menghasilkan 30 potong sampai 500 potong jika terdapat

pesanan. Industri batik dapat berdampak positif bagi perekonomian masyarakat. Namun sayangnya tidak diimbangi dengan pengolahan limbah yang baik akibat dari proses pembuatan batik. Industri batik ini tidak mempunyai sistem pengolahan limbah yang memenuhi syarat, karena limbah cair yang dihasilkan dari produksi batik langsung dialirkan ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Kegiatan pembuangan limbah ke sungai sangat berisiko untuk terjadinya pencemaran lingkungan dan juga dapat berdampak terhadap kesehatan masyarakat sekitar, karena air sungai digunakan untuk memenuhi kegiatan sehari-hari seperti mandi, mencuci pakaian dan irigasi sawah.

Pencemaran lingkungan dapat terjadi disebabkan oleh limbah cair yang dihasilkan dari proses pewarnaan batik. Limbah cair batik bersifat *non-biodegradable*, yang seharusnya dapat terurai oleh sinar UV, akan tetapi peruraian terjadi lambat sehingga lebih mudah terakumulasi pada tanah dan perairan (Sitanggang, 2017:2). Industri batik tergolong industri tekstil yang menghasilkan limbah cair dengan jumlah yang cukup tinggi. Limbah tekstil dapat mencemari lingkungan diakibatkan oleh kandungan bahan kimia yaitu pewarna, lilin (wax), amilum, sisa serat selulosa dan logam berat (Tian *et al.*, 2013). Industri batik biasanya menimbulkan limbah cair yang asalnya dari proses pencucian dengan air sebagai medium dalam jumlah besar. Kandungan logam berat yang terdapat pada limbah cair batik dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yaitu logam chromium (Cr) (Suprihatin, 2014: 130-131).

Kandungan logam chromium pada limbah cair batik dapat dikatakan berbahaya karena limbah yang dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu biasanya kandungannya telah melebihi baku mutu yang seharusnya. Pada penelitian Baryatik (2016:24) kadar kromium dalam limbah cair batik sebesar 8,1 mg/L. Pada penelitian Zarkasi, *et al.* (2018:1) kadar kromium pada limbah batik yaitu 2,44 mg/L. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 52 tahun 2014 dapat dikatakan bahwa kandungan kromium pada air limbah telah melebihi baku mutu lingkungan yang mana seharusnya kadar maksimum yaitu 1 mg/L.

Logam chromium (Cr) merupakan bahan kimia yang memiliki sifat persisten, bioakumulatif, toksik tinggi dan sulit terurai di lingkungan dan akhirnya diakumulasi di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Menurut Palar

(2012:139) kandungan logam chromium (Cr) bisa mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan kronis pada manusia. Keracunan akut yang dapat terjadi yaitu muntah, diare berdarah, gangguan saluran pencernaan, nekrosis hati, nekrosis ginjal bahkan keracunan. Menurut *Environmental Health Criteria* dalam (Nurkhasanah, 2015:12) keracunan kronis dapat menimbulkan iritasi kulit, gangguan pada hati, gangguan syaraf pada anak-anak sehingga berakibat buruk yaitu dapat menurunkan IQ bahkan kanker paru-paru. Kandungan logam chromium juga dapat berdampak pada penurunan kualitas air yang mana membahayakan lingkungan dan organisme akuatik. Kandungan chromium mengganggu metabolisme tubuh organisme akuatik akibat terhalangnya kerja enzim dalam proses fisiologis. Logam chromium menumpuk di dalam tubuh dan bersifat kronis yang berdampak kematian organisme akuatik (Setiyono *et al.*, 2017:156).

Pencemaran logam chromium perlu dilakukan penanggulangan untuk mengurangi dampak berbahaya bagi lingkungan, salah satunya yaitu dengan metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan air untuk menanggulangi jumlah pencemar dengan cara menyerap, mengumpulkan dan mendegradasi bahan-bahan pencemar yang mengandung logam berat. Fitoremediasi memiliki sejumlah keunggulan. Salah satunya teknik fitoremediasi menggunakan biaya yang lebih rendah bila dibandingkan teknik konvensional dan tidak memerlukan peralatan khusus dan diterima oleh masyarakat setempat (Suhartini *et al.*, 2018:75). Kayu apu (*Pistia stratiotes L*) adalah salah satu tumbuhan fitoremediator yaitu tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik.

Kayu apu merupakan tanaman air yang sering ditemukan mengapung di perairan tenang atau kolam. Menurut (Ghiovani, *et al.*, 2017:232) kayu apu memiliki manfaat untuk mengurangi konsentrasi limbah cair dalam limbah laundry, dari hasil penelitiannya diketahui bahwa kayu apu dapat menurunkan kadar pencemaran limbah yaitu mampu menyisihkan BOD sebesar 98% atau setara dengan 6 mg/L, COD sebesar 96% atau setara dengan 17 mg/L, fosfat sebesar 99% atau setara dengan 0,07 mg/L pada kerapatan 35mg/cm². Dari hasil penelitian tumbuhan kayu apu dengan kerapatan 35 mg/cm² memiliki efisiensi

penurunan yang lebih tinggi. Menurut (Perwitasari *et al.*, 2018:817) tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) mampu menurunkan kandungan Pb lebih tinggi dibandingkan tanaman *Echinodorus radicans* yaitu dengan persentase 92,53% dan 89,59%. Menurut Zaman *et al.*, (2016:253) kayu apu mampu menyisihkan chromium total dan nikel kisaran 50-95% selama 15 hari. Pengujian dilakukan dengan menggunakan volume limbah 2 liter dengan tingkat pengenceran 20%. Penelitian dilakukan dengan variasi jumlah tumbuhan 2, 4, 6 tumbuhan. Dari hasil penelitian dengan variasi jumlah 6 tumbuhan didapatkan efisiensi penurunan paling tinggi yaitu dari konsentrasi Cr awal sebesar 1,9784 mg/L menjadi 0,0987 mg/L. Berdasarkan penelitian Khasanah, *et al.*, (2018:61) kayu apu mampu menurunkan kandungan Hg pada limbah Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI) dengan nilai rerata 0,0028 mg/L. Perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan kadar Hg pada limbah cair yaitu pada variasi berat tanaman 500 gr/6L dengan waktu kontak 10 hari.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan tanaman kayu apu sebagai fitoremediator logam Cr pada limbah cair batik dengan penggunaan variasi berat yaitu 300 gram/6L, 350 gram/6L dan 400 gram/6L dengan lama pemaparan yaitu 10 hari. Limbah cair batik tersebut diencerkan dengan perbandingan 1:5 yakni 1 liter limbah cair batik diencerkan dengan 5 liter aquades sehingga volume total sebesar 6 liter. Pengenceran 1:5 merujuk pada penelitian (Muthoharoh, 2018:4) yang melakukan penelitian tentang pemanfaatan tumbuhan semanggi sebagai fitoremediator logam kromium total pada limbah cair batik. Pertimbangan pengenceran dikarenakan limbah cair batik terlalu pekat sehingga dilakukan pengenceran dengan tujuan tanaman dapat hidup. Tanaman kayu apu sebelum ditambahkan ke dalam limbah cair batik di aklimatisasi selama 7 hari agar tanaman dapat menyesuaikan terhadap lingkungan sebelum dilakukan pengontakan (Puspita *et al.* 2011:59). Penentuan variasi berat dan lama pemaparan didapatkan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rahayuningtyas *et al.*, (2018:167) yang melakukan penelitian tentang pengaruh variasi lama kontak dan berat tanaman apu-apu terhadap kadar timbal pada irigasi pertanian, dalam penelitian tersebut dikatakan bahwa penggunaan variasi berat tanaman kayu apu sebanyak 150 gram/5L, 200 gram/5L

dan 250 gram/5L dengan variasi lama kontak yaitu 3 hari, 5 hari dan 10 hari. Hasil paling efektif pada penelitian tersebut yaitu lama kontak 10 hari dengan berat 250 gram dalam menurunkan kadar timbal pada air irigasi. Rahayuningtyas *et al.*, (2018:173) menunjukkan bahwa ada pengaruh signifikan antara variasi lama waktu kontak dan berat tanaman terhadap penurunan kadar logam. Berdasarkan hasil tersebut, penulis ingin menggunakan kayu apu sebagai salah satu alternatif tumbuhan fitoremediator untuk menurunkan kadar chromium pada limbah cair batik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian ini adalah “Apakah terdapat perbedaan kadar logam chromium total (Cr) antara kelompok tanpa kayu apu atau kontrol (0 gr/6L) dengan kelompok perlakuan menggunakan tanaman kayu apu dengan variasi berat (P₁) 300 gram/6L, (P₂) 350 gram/6L dan (P₃) 400 gram/6L dengan lama pemaparan 10 hari?”

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian yang akan dilakukan adalah menganalisis perbedaan kadar logam chromium total (Cr) dalam limbah cair batik yang tidak dikontakkan dengan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan yang dikontakkan dengan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.).

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

- a. Mengukur kadar logam chromium total (Cr) dalam limbah cair batik tanpa dikontakkan pada tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan lama pemaparan 10 hari sebagai kelompok tanpa kayu apu (0 gr/6L).

- b. Mengukur kadar logam chromium total (Cr) dalam limbah cair batik yang dikontakkan dengan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) seberat (P₁) 300 gram/6L, (P₂) 350 gram/6L dan (P₃) 400 gram/6L dengan lama pemaparan 10 hari.
- c. Mengukur pH dan suhu pada limbah cair batik tanpa dikontakkan pada tanaman kayu apu sebagai kelompok kontrol (0 gr/6L) dan yang dikontakkan dengan tanaman kayu apu dengan berat (P₁) 300 gram/6L, (P₂) 350 gram/6L dan (P₃) 400 gram/6L dengan lama pemaparan 10 hari.
- d. Menganalisis perbedaan kadar chromium total (Cr) pada limbah cair batik tanpa dikontakkan dengan kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dan yang dikontakkan dengan kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) seberat (P₁) 300 gram/6L, (P₂) 350 gram/6L dan (P₃) 400 gram/6L dengan lama pemaparan 10 hari.

1.4 Manfaat

1.4.1 Manfaat Teoritis

Dapat dijadikan pengembangan ilmu dalam bidang kesehatan lingkungan dengan memberikan gambaran mengenai perbedaan kadar logam chromium total (Cr) dalam limbah cair batik yang tidak dikontakkan pada tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dan limbah cair batik yang dikontakkan pada Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) sehingga dapat dijadikan bahan pembelajaran serta penelitian lanjutan dalam bidang tersebut.

1.4.2 Manfaat Praktis

a. Bagi Instansi Terkait

Hasil penelitian ini sebagai informasi bagi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember tentang upaya pengendalian pencemaran lingkungan terutama pencemaran logam chromium total (Cr).

b. Bagi Pemilik Industri Batik

Memberikan informasi kepada pemilik industri batik untuk lebih memantau pembuangan limbah cair sisa produksi dengan melakukan pengolahan yang

tepat untuk menurunkan kandungan logam chromium total (Cr) pada limbah cair batik.

c. Bagi Mahasiswa

Memberikan pengetahuan dan wawasan tentang penggunaan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) sebagai tumbuhan fitoremediator untuk mengikat logam kromium (Cr).



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah adalah hasil sisa dari kegiatan manusia maupun alam yang tidak memiliki nilai ekonomi. Limbah tidak hanya berasal dari kegiatan manusia tetapi juga dihasilkan dari kegiatan industri. Limbah industri adalah limbah yang dihasilkan dari proses secara langsung ataupun tidak langsung dari kegiatan industri (Arief, 2016:23). Limbah secara langsung yang berasal dari kegiatan industri yaitu limbah yang terproduksi bersamaan dengan proses kegiatan industri, yang mana produk serta limbah dihasilkan pada saat yang sama. Sedangkan limbah tidak langsung dihasilkan sebelum maupun sesudah proses produksi.

Limbah menjadi penyebab masalah lingkungan yang sangat krusial pada saat ini. Menurut Waluyo (2018:16-18) klasifikasi limbah dibagi menjadi empat yaitu berdasarkan bentuknya, sifatnya, sumbernya dan komposisinya.

a. Berdasarkan wujudnya

1) Limbah padat

Limbah padat secara umum berasal dari kegiatan industri ataupun dari kegiatan domestik. Limbah padat yang berasal dari masyarakat yaitu dari kegiatan rumah tangga, perdagangan, perkantoran, peternakan, pertanian dan tempat-tempat umum. Contoh limbah padat yaitu kertas, kayu, karet, kaca, logam dan plastik.

2) Limbah cair

Menurut PP No. 82 tahun 2001, limbah cair adalah sisa dari hasil suatu kegiatan yang berwujud cair. Misalnya air buangan, urine dan sebagainya.

3) Limbah gas

Limbah gas merupakan limbah yang berbentuk asap atau gas dan umumnya berasal dari knalpot kendaraan bermotor serta cerobong pabrik.

b. Berdasarkan Jenisnya

1) Limbah organik

Limbah organik merupakan limbah yang bersifat *degradable* yaitu dapat terurai atau dapat dikatakan juga limbah yang bisa membusuk seperti sisa

makanan, sayuran dan daun-daun kering. Limbah ini dapat diolah menjadi kompos.

2) Limbah anorganik

Limbah anorganik merupakan limbah yang memiliki sifat tidak terurai dan tidak mudah membusuk, seperti plastik, wadah pembungkus makanan, kertas, kaleng dan sebagainya. Limbah ini dapat dijadikan limbah yang memiliki nilai jual untuk dijadikan produk lain.

c. Berdasarkan sumbernya

1) Limbah domestik

Limbah domestik adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia sehari-hari. Limbah domestik meliputi limbah dari kegiatan rumah tangga, sekolah, tempat umum, sekolah, rumah sakit dan sebagainya.

2) Limbah non domestik

Limbah non domestik adalah limbah yang secara tidak langsung dihasilkan manusia. Limbah non domestik meliputi limbah dari kegiatan industri atau pabrik, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi dan sebagainya.

d. Berdasarkan sifatnya

1) Limbah *degradable*

Limbah yang mempunyai sifat alami dapat dengan mudah didegradasi oleh makhluk hidup terutama mikroba.

2) Limbah *non degradable*

Limbah yang memiliki sifat secara alami sulit untuk didegradasi oleh mikroba ataupun dapat didegradasi oleh jasad hidup namun membutuhkan waktu yang sangat lama.

2.2 Limbah Cair

2.2.1 Pengertian Limbah Cair

Limbah cair adalah sisa dari hasil suatu atau kegiatan yang berwujud cair (PP No. 82 tahun 2001). Limbah cair berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, peternakan dan pertanian. Menurut Hambali (2008:61) kegiatan rumah tangga berada di urutan pertama dengan jumlah limbah cair terbesar yaitu sekitar 40% lalu diikuti oleh limbah industri sebesar 30% dan sisanya limbah rumah sakit,

pertanian, peternakan. Limbah cair mengandung 99% air, sisanya yaitu bahan padat yang bergantung pada asal buangan tersebut.

2.2.2 Karakteristik Limbah Cair

Menurut Ginting (2010:47) karakteristik air limbah ada tiga yaitu:

a. Karakteristik fisik

Sifat fisik suatu limbah ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, tersuspensi dan total padatan, alkalinitas, kekeruhan, warna, salinitas, daya hantar listrik, bau dan temperatur.

b. Karakteristik kimia

Karakteristik kimia air limbah ditentukan oleh *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD) dan logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah.

c. Karakteristik biologi

Adanya mikroorganisme dalam air limbah yang bersifat pathogen maupun non pathogen. Organisme pathogen biasanya menimbulkan gastrointestinal seperti typhoid dan paratyphoid, fever, disentri, kolera dan sebagainya.

2.2.3 Dampak Limbah Cair

Limbah cair yang mengandung senyawa-senyawa pencemar akan berdampak berbahaya terhadap lingkungan. Selain itu limbah cair mengakibatkan terjadinya perubahan air menjadi kotor dimana perubahan air dilapisi bahan-bahan berminyak atau bahan padatan lain yang menyebabkan terjadinya penutupan permukaan air. Senyawa-senyawa yang terkandung dalam limbah bila melebihi kadar yang ditentukan akan menyebabkan air tidak dapat dipergunakan untuk keperluan sebagaimana mestinya.

Menurut Ginting (2010:32) air tercemar bila salah satu atau lebih kondisi berikut ini terpenuhi yaitu:

a. Mengakibatkan naik turunnya keasaman air.

b. Akan terjadi perubahan sifat fisika air misalnya terjadinya perubahan warna, air menjadi keruh, berbau dan perubahan suhu air.

- c. Permukaan air tertutup oleh lapisan terapung, berupa minyak, lemak dan bahan padat lainnya.
- d. Peningkatan kandungan bahan-bahan organik maupun non organik dalam air.
- e. Meningkatkan zat-zat tersuspensi dalam air.

Terjadinya perubahan sifat-sifat dan kimia air disebabkan buangan atau limbah dari industri yang mengandung bahan berbahaya dan beracun seperti adanya logam berat antara lain: merkuri, arsen, amoniak, barium, chromium dan lain-lain. Bahan-bahan ini ada yang terlarut mengendap maupun tersuspensi. Dengan adanya senyawa-senyawa ini, melebihi ambang batas yang ditetapkan menyebabkan berbagai akibat antara lain:

- 1) Terganggunya kehidupan dalam air.
- 2) Cepat timbul karat pada permukaan yang kontak langsung dengan air.
- 3) Penurunan daya guna air dan lingkungannya.
- 4) Peningkatan pertumbuhan beberapa jenis tumbuhan air.

Terganggunya penggunaan air sebagai air minum, air cuci, air untuk pertanian, air untuk perikanan dan air untuk industri.

2.3 Batik

2.3.1 Pengertian Batik

Batik merupakan salah satu unsur budaya bangsa Indonesia yang masih bertahan dan pada saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Batik Indonesia telah ditetapkan sebagai warisan budaya dunia pada tanggal 2 Oktober 2009 oleh Badan Internasional PBB, *United Nations Education, Scientific, and Culture Organization* (UNESCO).

Menurut Lestari (2012:1) batik merupakan salah satu cara pembuatan bahan pakaian yang menggunakan teknik pewarnaan malam sebagai dasarnya dan penggunaan motif-motif tertentu yang memiliki kekhasan.

Ditinjau dari teknik pembuatannya, cara membatik terdiri dari dua macam yaitu:

1. Batik tulis adalah batik yang dihasilkan dengan cara menggunakan canting tulis sebagai alat bantu untuk melekatkan cairan malam (lilin) pada kain.

2. Batik cap adalah batik yang diproses menggunakan canting cap menggantikan canting tulis dalam menerapkan cairan malam pada kain. Proses pembuatan batik cap ini membutuhkan waktu yang lebih cepat daripada batik tulis.

2.3.2 Alat dan Bahan Membuat

Menurut Gratha (2012:4-8) alat dan bahan membuat yaitu:

- a. Kompor atau anglo
Kompor digunakan untuk mencairkan malam atau lilin.
- b. Wajan kecil
Wajan berfungsi untuk melelehkan malam atau lilin, biasanya terbuat dari tembaga atau tanah liat.
- c. Gawangan
Gawangan digunakan untuk merentangkan kain, biasanya terbuat dari kayu atau bambu.
- d. Canting
Canting berfungsi untuk menorehkan malam cair pada kain. Canting pada umumnya terdiri dari 3 ukuran yaitu canting cecek, canting klowong dan canting tembok. Canting cecek yaitu mempunyai diameter cucuk yang kecil diantara yang lain dan biasanya digunakan dalam pembuatan ornament yang berupa titik-titik kecil (*cecek*) atau garis-garis halus. Canting klowong yaitu mempunyai diameter cucuk sedang dan biasanya digunakan dalam membuat *outline* (klowongan). Canting tembok yaitu canting yang mempunyai diameter paling besar dan biasanya digunakan untuk menutupi bidang yang luas dengan penggunaan malam (nembok).
- e. Malam
Malam yaitu lilin khusus yang digunakan dalam proses pembuatan batik sebagai pewarnanya. Malam berasal dari campuran paraffin, gondorukem (getah pinus) dan lemak hewan.
- f. Kain
Kain yang biasanya digunakan untuk membuat batik adalah kain katun dan sutera yang berasal dari serat alam tanpa adanya bahan sintetis. Bahan

sintetis tidak baik digunakan karena warna tidak dapat meresap ke dalam serat kain dan malam susah dihilangkan.

g. Bahan pewarna

Teknik pewarnaan yang digunakan untuk batik adalah pewarnaan dingin. Oleh karena itu tidak semua jenis warna dapat digunakan perlu adanya tambahan pewarna sintetis. Pewarna sintetis yang biasanya digunakan yaitu jenis *naftol*, *indigosol*, *remazol* dan *procion*.

h. Bak plastik

Digunakan pada saat proses pencelupan warna.

i. Panci

Digunakan untuk merebus kain dalam proses penghilangan malam atau melorod.

2.3.3 Proses Mambatik

Proses membuat batik adalah proses pengerjaan yang bermula dari mori batik sampai menjadi kain batik.

Menurut Ramadhan (2013:17-19) proses pembuatan batik meliputi:

a. Persiapan

Proses persiapan meliputi pemotongan kain, nggirah (mencuci kain) atau ketel, penggajian tipis, pengeringan, penghalusan kain dan pemolaan.

b. Pematikan

Proses pematikan adalah pelekatan lilin batik pada kain mori, menggunakan canting tulis sesuai dengan motif yang digunakan. Pelekatan lilin batik ini terdiri dari beberapa cara yaitu ditulis dengan canting halus, dicapkan dengan canting cap atau dilukiskan dengan kuas.

c. Pewarnaan batik

Pewarnaan dapat dilakukan melalui 2 cara yaitu pencelupan dan coletan atau kuas.

d. Melorod (penghilangan malam)

Melorod dilakukan sesudah proses pewarnaan batik. Dalam keadaan basah, kain direbus dalam air mendidih hingga semua malam lepas.

e. Penyempurnaan

Proses ini dimaksudkan untuk meningkatkan kualitas batik seperti memperbaiki kenampakan, kemudian pencucian dan terakhir penjemuran.

2.4 Chromium

2.4.1 Pengertian Chromium

Kata chromium berasal dari bahasa Yunani yaitu “Chroma” yang memiliki arti warna. chromium merupakan salah satu unsur logam berat yang di lambangkan dengan “Cr” dengan nomor atom (NA) 24 dan berat atom (BA) 51,996. Chromium (Cr) adalah metal kelabu yang keras. Chromium pada umumnya digunakan sebagai pelapis ornament peralatan bangunan, pelapis peralatan kendaraan bermotor, cat dan sebagai pengikat warna dalam kegiatan pewarnaan kain pada industri tekstil. Chromium dapat dikatakan tidak toksik, akan tetapi senyawa Chromium sangat iritan dan korosif, dapat menyebabkan ulkus yang dalam pada kulit dan selaput lendir (Said, 2017:141).

2.4.2 Sifat Chromium

Logam chromium dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi $2+$ $3+$ dan $6+$. Logam chromium tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab dan bahkan teroksidasi dalam jumlah yang sedikit sekali pada proses pemanasan cairan logam Cr. Akan tetapi logam Cr dapat mengalami peristiwa oksidasi sehingga membentuk Cr_2O_3 pada saat berada di udara yang mengandung CO_2 (karbon dioksida) dalam konsentrasi tinggi. Sedangkan logam Cr akan membentuk CrCl_2 (chromium diklorida) saat dalam larutan HCl (asam klorida). Chromium merupakan logam yang sangat mudah bereaksi. Logam ini secara langsung dapat bereaksi dengan nitrogen, karbon, silica dan boron (Palar, 2012:135).

Berdasarkan tingkat valensi yang dimilikinya, logam atau ion-ion chromium yang telah membentuk senyawa, mempunyai sifat-sifat yang berbeda sesuai dengan tingkat ionitasnya. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{2+} akan bersifat basa, senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{3+} bersifat ampoter dan senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Ion khromat

(CrO_4^{2-}) bila berada dalam suasana asam, akan menimbulkan sifat sebagai penyebab terjadinya peristiwa reduksi (oksidator) yang sangat kuat. Di samping semua itu, senyawa-senyawa yang terbentuk dari ion-ion chromium mempunyai kemiripan sifat dengan senyawa-senyawa yang dibentuk oleh ion-ion logam yang lain. Sebagai contoh, senyawa-senyawa yang dibentuk dari ion Cr^{2+} mempunyai sifat yang sangat mirip dengan senyawa-senyawa yang dibentuk dari ion Fe^{2+} , dan senyawa-senyawa yang dibentuk dari ion-ion Cr^{3+} mempunyai sifat yang sangat mirip dengan senyawa-senyawa yang dibentuk dari ion Al^{3+} (Palar, 2012: 135).

2.4.3 Penggunaan Chromium

Logam chromium digunakan secara luas dalam kehidupan manusia. Logam Cr banyak digunakan sebagai bahan pelapis (plating) pada peralatan, seperti peralatan rumah tangga dan mobil. Persenyawaan lain yang dapat dibentuk dengan menggunakan logam Cr seperti senyawa-senyawa khromat dan dikhromat sangat banyak digunakan dalam perindustrian. Kegunaan logam Cr dalam perindustrian meliputi bidang seperti litografi, tekstil, penyamakan, pencelupan, fotografi, zat warna, sebagai bahan peledak dan sebagai geretan (korek api). Logam Cr juga digunakan dalam bidang pengobatan. Radio isotope chromium dalam bentuk ^{51}Cr yang dapat menghasilkan sinar gamma, digunakan untuk penandaan sel-sel darah merah dalam studi-studi mengenai hemoglobin. Isotop ini juga banyak digunakan sebagai penjinak sel-sel tumor tertentu (Palar, 2012: 136-137).

2.4.4 Chromium di Lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik strata perairan, tanah dan udara (lapisan atmosfer). Kegiatan perindustrian merupakan sumber masukan logam Cr yang umum dan diduga paling banyak masuk ke dalam lingkungan disusul dengan sumber dari kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilisasi bahan bakar (Palar, 2012:137).

Logam Cr di dalam udara ditemukan dalam bentuk debu dan atau partikulat-partikulat. Debu atau partikulat Cr yang ada di dalam udara, akan dapat masuk ke

dalam tubuh hewan dan manusia ketika berlangsungnya kegiatan respirasi (pernafasan). Partikel-partikel dan atau debu-debu Cr yang terhirup manusia lewat rongga hidung, mengikuti jalur-jalur respirasi sampai ke paru-paru untuk kemudian akan berikatan dengan darah di paru-paru sebelum dibawa darah ke seluruh tubuh (Palar, 2012:137-138).

Logam Cr di perairan dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan mineral. Masukan Cr yang terjadi secara non alamiah lebih merupakan dampak atau efek dari aktivitas yang dilakukan manusia. Sumber-sumber Cr yang berkaitan dengan aktivitas manusia dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga (Palar, 2012:138).

Dalam badan perairan, terjadi bermacam-macam proses kimia, mulai dari proses pengompleksan sampai pada reaksi redoks. Proses kimia tersebut juga terjadi pada logam chromium yang ada di perairan. Proses kimia seperti pengompleksan dan sistem reaksi redoks, dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan dan atau sedimentasi logam Cr di dasar perairan. Proses-proses kimiawi yang berlangsung dalam badan perairan juga dapat mengakibatkan terjadinya peristiwa reduksi dan senyawa-senyawa Cr^{6+} yang sangat beracun menjadi Cr^{3+} yang kurang beracun. Peristiwa reduksi yang terjadi atas senyawa Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} , dapat berlangsung bila badan perairan berada dan atau mempunyai lingkungan yang bersifat asam. Untuk perairan yang berlingkungan basa, ion-ion Cr^{3+} akan diendapkan ke dasar perairan (Palar, 2012:138).

2.4.5 Efek Toksik Chromium

Chromium adalah logam putih dan keras. Bijih chromium yang paling banyak ditemukan yaitu fero kromit (FeCr_2O_3). Chromium dan senyawanya paling umum ditemukan pada industri metalurgi dan kimia. Logam Cr merupakan logam berat yang termasuk mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki logam Cr ditentukan oleh valensi ion-nya. Ion Cr^{6+} merupakan bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, bila dibandingkan dengan ion-ion Cr^{2+} dan Cr^{3+} . Menurut efek toksik chromium dapat menyebabkan efek

kronis terganggunya saluran pernafasan yaitu terjadinya luka pada sekat rongga hidung, tenggorokan dan saluran napas. Paru-paru merupakan salah satu bagian tubuh yang penting sebagai jalur tempat masuk paparan logam chromium, sedangkan jalur pengeluaran terutama yaitu melalui kemih dan feses. Penelanan senyawa chromium atau terhirup nya kedalam tubuh manusia secara tidak sengaja dapat berakibat buruk terhadap kesehatan manusia yaitu dapat menyebabkan perdarahan saluran cerna, kematian jaringan hati serta ginjal, sedangkan efek kronis yang dapat terjadi yaitu luka pada sekat rongga hidung, tenggorokan dan saluran nafas. Dampak penyakit alergi kulit juga umum terjadi seperti ruam kulit (Anies, 2005:58-59).

Sifat racun yang dibawa oleh logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Palar, 2012:139). Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $K_2Cr_2O_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Apabila debu atau uap chromium terhirup, kontak dengan kulit akan dapat menyebabkan iritasi. Apabila tertelan akan menyebabkan gangguan saluran pencernaan. Logam chromium sangat sulit diabsorpsi dalam saluran pencernaan. Oleh karena itu jika kadar logam chromium melebihi dalam tubuh dapat berakibat pusing, haus berat, sakit perut, muntah, syok, oliguria dan uremia yang kemungkinan dapat berakibat fatal yaitu kematian. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine, kristal asam khromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit. Akan tetapi penggunaan senyawa tersebut seringkali mengakibatkan keracunan fatal (Palar, 2012:140). Keracunan kronis juga dapat terjadi, seperti apabila logam chromium terhirup dan terpapar dalam jangka waktu lama maka dapat menyebabkan ulserasi (borok) dan perforasi (berlobang) pada nasal septum, iritasi pada tenggorokan dan saluran pernafasan, gangguan saluran pencernaan, darah, sensitisasi paru, pneumoconiosis (fibrosis paru) dan kerusakan pada hati. Keracunan kronis juga dapat terjadi jika kontak dengan kulit dapat menyebabkan berbagai tipe dermatitis, termasuk eksim (*chrome holes*) sensitisasi dan kerusakan kulit ginjal serta jika kontak dengan mata dapat menyebabkan radang selaput mata (*conjunctivities*) dan lakrimasi (Widowati, 2008).

2.5 Fitoremediasi

Tumbuhan air adalah tumbuhan yang ekosistemnya berada di perairan. Habitat tumbuhan air dalam jumlah tertentu atau terbatas akan membentuk mikrohabitat yang digunakan oleh ikan sebagai tempat berlindung, mencari makan (*feeding ground*), memijah (*spawning ground*) dan mengasuh anakan (*nursery ground*). Tumbuhan air mempunyai kemampuan sebagai agent fitoremediasi, akumulator logam berat dan bio filter.

Fitoremediasi merupakan salah satu cara untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi menggunakan tumbuhan. Menurut Suhartini, *et al* (2018:75) fitoremediasi memiliki keunggulan yaitu teknologi fitoremediasi ini mudah karena prosesnya dapat dilakukan secara insitu maupun eksitu, murah dan memberikan efek negatif yang kecil karena menggunakan teknologi yang ramah lingkungan dan bersifat estetik bagi lingkungan. Penggunaan tanaman sebagai pembersih lingkungan mungkin lebih efektif dibandingkan metode ekstraksi kimia xenobiotic karena metode biologis tidak menyebabkan polusi. Fitoremediasi selain menggunakan tumbuhan air dimana mudah didapat juga dapat mengurangi habitatnya di lingkungan. Tumbuhan air selain bermanfaat sebagai pembersih lingkungan, namun apabila populasi tumbuhan air mengalami *blooming* atau tidak terkendali akan menjadikannya sebagai gulma air.

Tumbuhan hiperakumulator merupakan sebutan tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat. Akar berfungsi sebagai penyerap unsur-unsur hara yang larut dalam air, baik sebagai bahan nutrisi untuk pertumbuhannya maupun unsur lain yang merupakan bahan pencemar. Tumbuhan air memberi tempat sebagai medium bagi mikrobia untuk melekat dan tumbuh pada akar dan batangnya yang berfungsi mengurai senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair. Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi tiga proses yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar kebagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme yang terjadi pada tanaman. Proses fitoremediasi terjadi melalui beberapa mekanisme yaitu biodegradasi dalam rizosfer, fitostabilisasi, fitoakumulasi atau fitoekskraksi,

rizofiltrasi (sistem hidroponik untuk pembersihan air), fitovolatilisasi, fitodegradasi dan pengendalian hidrolis (KemenLHK, 2014: 398).

2.5.1 Teknik Fitoremediasi

Fitoremediasi memiliki beberapa teknik untuk menghilangkan polutan dari tanah maupun perairan yang terkontaminasi yaitu fitoekstraksi, fitofiltrasi (rhizofiltrasi), fitostabilisasi, fitovolatilisasi, dan fitodegradasi (fitotransformasi), fitovolatilisasi (Handayanto, *et al.* 2017:32).

a. Fitoekstraksi

Fitoekstraksi dikenal juga sebagai fitoakumulasi atau fitoabsorpsi merupakan penyerapan suatu senyawa pencemar dari tanah atau air oleh akar tanaman dan ditranslokasi serta diakumulasikan di dalam bagian atas tanah, yaitu tajuk tanaman. Kegiatan ini mengacu pada penyerapan dan translokasi unsur logam pencemar di tanah oleh tumbuhan tertentu yang disebut hiperakumulator, yakni tumbuhan yang dapat menyerap unsur logam dalam jumlah besar dibandingkan dengan tumbuhan non-akumulator, tanpa terlihat gejala kerusakan atau kematian tanaman.

b. Rhizofiltrasi

Rhizofiltrasi adalah penggunaan akar tumbuhan atau bibit, mirip dengan konsep fitoekstraksi, digunakan untuk menyerap bahan pencemar, terutama logam dari air, tanah dan air limbah. Rizosfer adalah daerah tanah di sekitar permukaan akar tumbuhan. Bahan pencemar dapat diserap oleh permukaan akar atau diserap ke dalam akar tanaman. Tumbuhan yang ditanam tidak digunakan langsung tetapi di aklimatisasi lebih dulu untuk menyesuaikan kondisi lingkungan yang tercemar. Tanaman ditumbuhkan secara hidroponik dalam air sampai sistem perakaran berkembang. Setelah sistem perakaran berkembang, maka air tempat tumbuh diganti dengan air yang tercemar agar tanaman dapat menyesuaikan diri. Setelah tanaman menyesuaikan diri, kemudian ditanam di daerah tercemar dimana akar menyerap air tercemar dan bahan pencemar secara bersamaan. Setelah akar menjadi jenuh, kemudian dipanen dan dibuang di tempat aman.

c. Fitodegradasi

Fitodegradasi atau fitotransformasi adalah degradasi pencemar organik oleh tumbuhan dengan bantuan enzim seperti dehalogenase dan oksigenase, dan tidak tergantung pada mikroorganisme rizosfer. Tumbuhan dapat mengakumulasi xenobiotic organik dari lingkungan tercemar dan mendetoksifikasi melalui metabolisme tanaman. Fitodegradasi hanya terbatas penyingkiran pencemar organik karena logam berat tidak bisa didegradasi secara biologi. Beberapa peneliti telah menggunakan teknik fitodegradasi untuk pencemar organik, termasuk herbisida dan insektisida sintetik dengan menggunakan tanaman hasil rekayasa genetika.

d. Fitostabilisasi adalah kemampuan tanaman dalam mengekskresikan (mengeluarkan) suatu senyawa kimia tertentu untuk memobilisasi logam berat di daerah rizosfer (perakaran).

e. Fitovolatilisasi

Fitovolatilisasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menyerap unsur beracun dan kemudian mengkonversi dan melepaskannya dalam bentuk kurang beracun ke atmosfer, menyerap unsur logam yang mudah menguap (seperti Hg dan Se) dari dalam tanah dan menguapkannya dari daun. Namun, teknik ini tidak sepenuhnya dapat menyingkirkan bahan pencemar, dan hanya dipindahkan dari tanah ke atmosfer, yang kelak bisa diendapkan lagi ke tanah. Oleh karena itu, fitovolatilisasi merupakan teknik fitoremediasi yang kontroversial.

2.6 Kayu Apu

Morfologi Kayu Apu

Kingdom : Plantae

Sub kingdom : Tracheobionta

Super divisi : Spermatophyta (Menghasilkan biji)

Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)

Kelas : Liliopsida (berkeping satu/monokotil)

Sub Kelas : Arecidae

Ordo : Arales

Famili : Araceae (suku talas-talasan)
Genus : Pistia
Spesies : *Pistia stratiotes* L.



Gambar 2.1 Kayu Apu
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Pistia stratiotes L. atau yang lebih dikenal dengan nama kayu apu di Indonesia merupakan salah satu tumbuhan gulma di air. Namun selain menjadi tanaman pengganggu, kayu apu berfungsi sebagai pembersih dari pencemaran air. Kayu apu memiliki tinggi sekitar 5-10 cm. Kayu apu memiliki ciri-ciri yaitu batang pendek, tebal, tegak lurus, dengan tunas menjalar. Daun berjejal rapat menjadi roset, berdiri serong, berbentuk baji sampai persegi tiga terbalik. Kayu apu sering ditemui pada air tawar yang menggenang atau mengalir lambat, seringkali juga dipakai sebagai penutup kolam ikan dan dipelihara di aquarium. Kayu apu memiliki akar menggantung di air. Akar tanaman berupa akar serabut yang berfungsi untuk menyerap bahan-bahan yang terlarut di perairan. Menurut Pusat Litbang PU Sumberdaya Air (2008) dalam (Safitri, 2009:21) tanaman kayu apu mampu menurunkan unsur N dan P sebesar 25% dan 12% per minggu dengan penyerapan kadar awal 0,847 mg/l dan 0,493 mg/l setiap minggunya. Berdasarkan penelitian Rahayuningtyas *et al.* (2018:67) kayu apu dapat mengakumulasikan Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn dengan konsentrasi mencapai 5 mm per kg biomas. Tumbuhan kayu apu mengakumulasikan logam pada jaringan akar.

2.6.1 Fisiologi Tanaman Kayu Apu

a. Proses fotosintesis

Fotosintesis adalah cara tumbuhan membuat makanannya sendiri. Fotosintesis merupakan proses karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) dengan bantuan sinar matahari untuk menghasilkan karbohidrat. Klorofil (zat hijau daun) juga dibutuhkan oleh tumbuhan untuk melakukan proses fotosintesis.

b. Proses transpirasi

Transpirasi merupakan suatu proses penguapan air yang terjadi pada tumbuhan melalui stomata. Stomata merupakan lubang kecil yang berhubungan dengan jaringan dalam tumbuhan yang berada di bawah lapisan permukaan. Proses transpirasi dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor luar dan faktor dalam. Faktor dalam yaitu besar kecilnya daun, tebal tipisnya daun, berlapiskan lilin atau tidaknya permukaan daun, banyak sedikitnya bulu pada permukaan daun, banyak sedikitnya stomata serta bentuk dan lokasi stomata. Faktor luar yaitu radiasi, temperatur, kebebasan udara, tekanan udara, angin dan keadaan air di dalam tanah.

c. Proses respirasi

Respirasi adalah proses pertukaran gas antara makhluk hidup dan lingkungannya. Proses respirasi dilakukan tumbuhan untuk mendapatkan oksigen dari udara dan mengeluarkan karbondioksida. Respirasi terjadi melalui stomata dan lentisel, dalam proses ini juga terjadi penguraian gula dan pelepasan energi. Respirasi ada dua macam yaitu aerob dan anaerob.

d. Proses pengangkutan unsur hara

Menurut Rahmatullah (2008:28-29) proses pengangkutan unsur hara dilakukan melalui dua tahap yaitu tahap pertama adalah pengangkutan secara horizontal yang dilakukan oleh jaringan yang ada dalam tumbuhan dan tahap kedua yaitu pengangkutan yang dilakukan secara vertikal yaitu pengangkutan unsur hara dari bawah ke atas.

2.6.2 Faktor Lingkungan yang mempengaruhi Kayu Apu

Pertumbuhan kayu apu dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan antara lain:

a. Air

Air sangat penting untuk membantu proses pertumbuhan terutama untuk tumbuhan air. Ketersediaan air harus selalu tersedia dan mencukupi selama pertumbuhan kayu apu, karena kayu apu merupakan tumbuhan air yang tumbuh dan berkembang di atas permukaan air.

b. Derajat keasaman (pH) air

Kayu apu dapat hidup di lahan yang mempunyai pH air 3,5-10. Kayu apu memiliki pH optimum berkisar antara 4,5-7 agar pertumbuhan kayu apu menjadi optimal.

c. Cahaya

Intensitas cahaya matahari dapat mempengaruhi pertumbuhan kayu apu. Oleh karena itu jika cahaya kurang maka pertumbuhan kayu apu dapat terhambat.

d. Temperatur

Temperatur optimum pertumbuhan kayu apu berkisar 20°C-30°C.

e. Kelembaban

Kelembaban relatif optimum yang dikehendaki untuk pertumbuhan kayu apu antara 85%-90%. Kelembaban relatif dibawah 60% dapat menyebabkan daun kayu apu mengering.

f. Angin

Angin merupakan salah satu faktor yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangannya. Populasi kayu apu yang tumbuh di atas air akan mudah terdorong oleh angin yang keras dan berkumul di ruang tertentu. Akibatnya kayu apu menjadi padat, sehingga dapat menghambat pertumbuhannya (Rahmatullah, 2008:27-28).

2.6.3 Cara Kerja Kayu Apu

Kayu apu mempunyai akar serabut yang berfungsi sebagai tempat menempelnya koloid yang melayang di air dan juga banyak menghasilkan oksigen

hasil proses fotosintesis yang dimanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan zat organik air limbah. Mekanisme penyerapan tanaman dalam menyerap logam antara lain:

a. Penyerapan pada akar

Tumbuhan dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (*rizosfer*) dengan berbagai cara tergantung pada tumbuhannya.

b. Translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain

Setelah penyerapan pada akar dimana logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xylem dan floem ke bagian tanaman lainnya. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan.

c. Lokalisasi logam pada jaringan

Proses ini berfungsi untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman dan sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel. Tumbuhan memiliki sistem detoksifikasi, seperti menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Priyanto dan Prayitno, 2008).

2.6.4 Aquades

Aquades berasal dari dua kata yaitu aqua dan destila. Aqua artinya air, destila artinya penyulingan. Jadi aquadest yaitu air murni (H_2O) yang berasal dari destilasi atau penyulingan. Aquadest disebut air murni karena hampir tidak mengandung mineral. Metode yang dilakukan untuk menghasilkan aquades yaitu dengan proses pemisahan campuran kimia menjadi komponen-komponennya dengan cara dipanaskan hingga mencapai titik didihnya, kemudian uapnya didinginkan hingga menjadi cair kembali (Surahman, 2018). Sedangkan air mineral merupakan pelarut yang universal. Air tersebut mudah menyerap atau melarutkan berbagai partikel yang ditemuinya sehingga dapat dengan mudah terkontaminasi. Air dalam siklus di tanah terus bertemu dan melarutkan berbagai mineral anorganik, logam berat dan mikroorganisme. Oleh karena itu, air mineral dan aquadest atau yang disebut air murni berbeda.

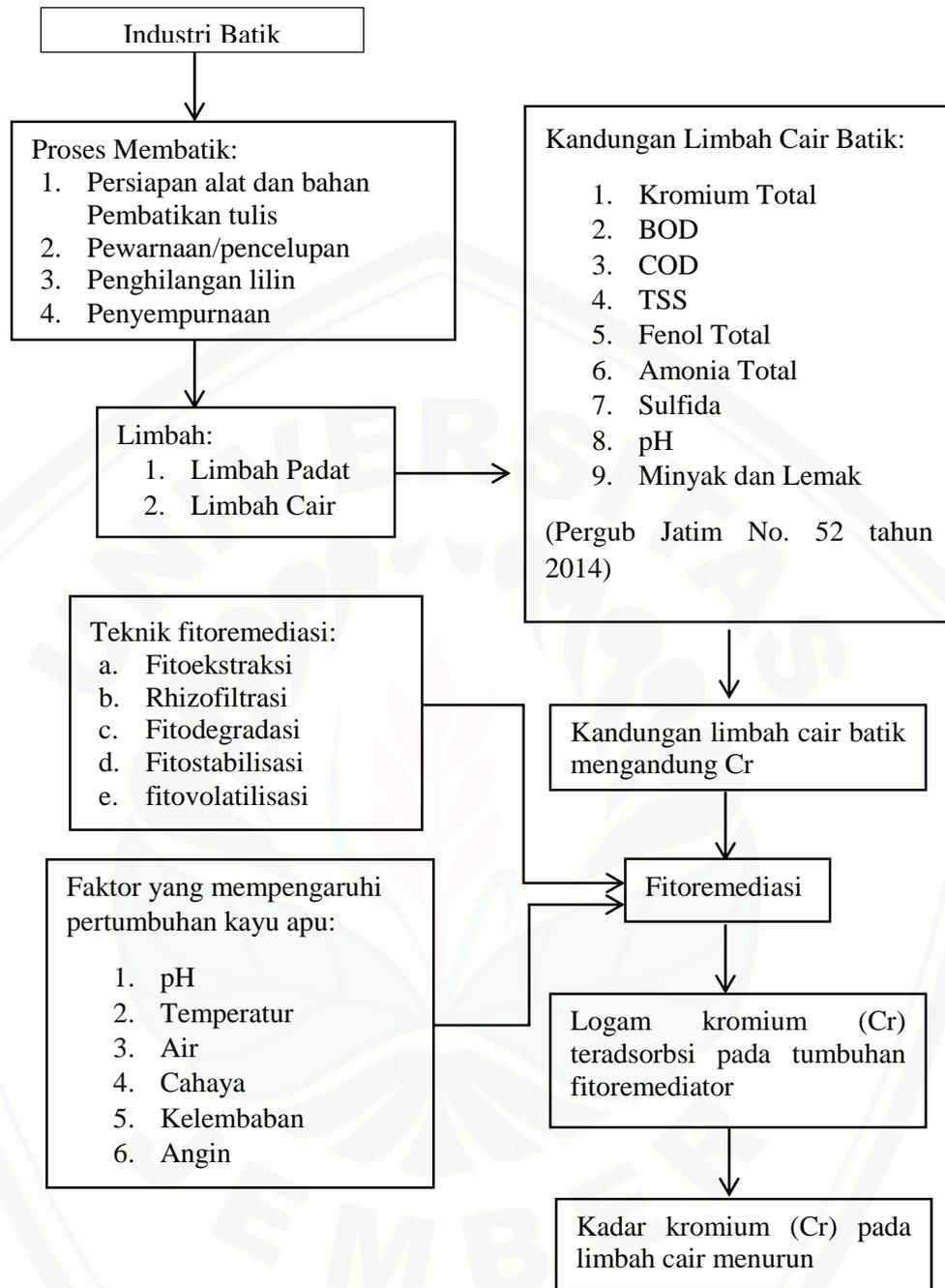
Manfaat aquadest yaitu:

- a. Untuk melarutkan atau mencairkan bahan kimia.
- b. Untuk perawatan atau pengisian aki mobil atau motor.
- c. Untuk kegiatan medis, praktikum kimia maupun biologi.

2.6.5 Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan masa penyesuaian tumbuhan dengan lingkungan yang baru. Beberapa kondisi yang pada umumnya disesuaikan yaitu suhu lingkungan, pH (derajat keasaman), dan kadar oksigen. Proses penyesuaian kondisi terjadi dalam waktu yang bervariasi tergantung dari jauhnya perbedaan kondisi antara lingkungan baru yang akan dihadapi, dapat berlangsung dalam beberapa hari bahkan minggu (Harjanto *et al.* 2007:27). Aklimatisasi dilakukan sampai dengan tanaman sudah benar-benar tumbuh dan kuat. Batasan aklimatisasi yaitu akar tanaman yang pada awalnya kotor menjadi bersih, tumbuhnya tunas tanaman baru dan batang berdiri dengan kokoh disertai dengan bertambahnya ukuran tinggi tanaman sampai siap digunakan.

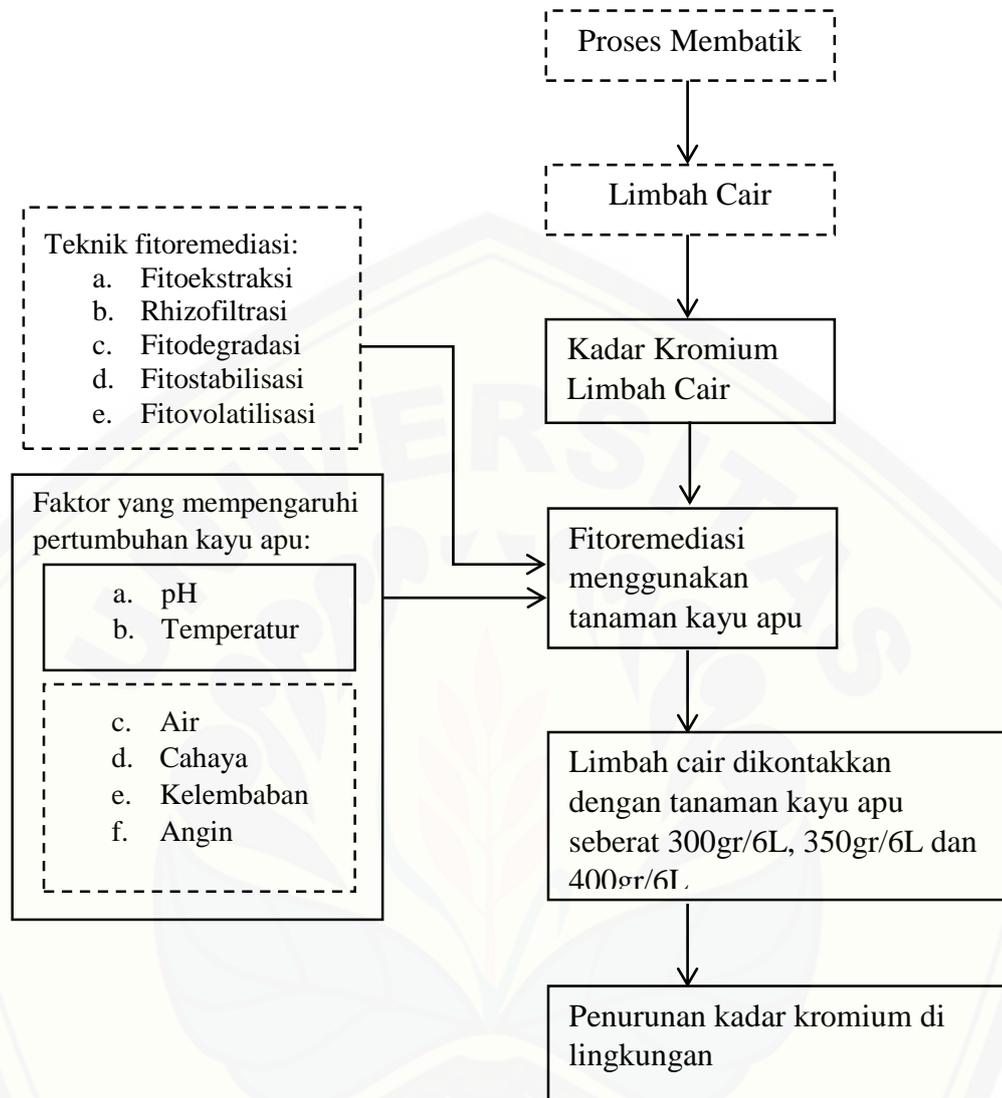
2.7 Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori Penelitian

(Sumber: Ramadhan (2013), Pergub Jatim No. 52 tahun 2014, Handayanto, (2017), Rahmatullah, (2008))

2.8 Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka Konsep

: Variabel yang diteliti
 : Variabel yang tidak diteliti

Proses membatik dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu dari persiapan alat dan bahan pembatikan, pewarnaan atau pencelupan, penghilangan lilin dan penyempurnaan. Pada proses pewarnaan atau pencelupan akan menghasilkan limbah cair yang keruh dan pekat. Limbah cair tersebut dibuang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Limbah cair dari proses tersebut mengandung logam kromium dan jika dibuang ke lingkungan secara langsung serta melebihi batas yang diperbolehkan akan berdampak negatif terhadap organisme perairan. Fitoremediasi merupakan salah satu cara untuk menghilangkan tanah atau perairan yang terkontaminasi. Tanaman yang digunakan yaitu kayu apu. Penggunaan tanaman air kayu apu ini diharapkan akan dapat mengurangi kadar kromium pada limbah cair batik. Sehingga, limbah cair yang dibuang ke lingkungan akan dalam batas aman dan tidak akan berdampak terhadap organisme perairan.

2.9 Hipotesis Penelitian

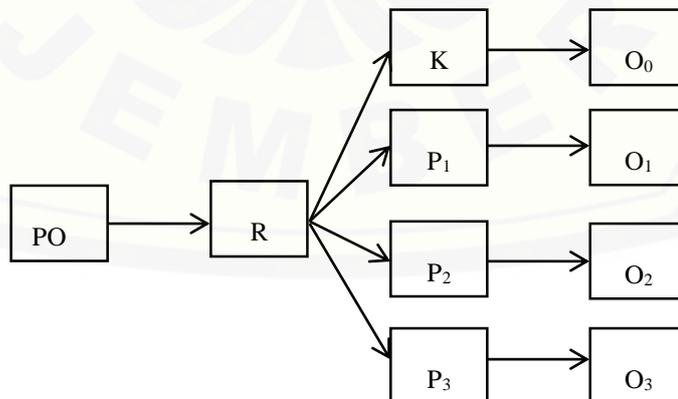
Hipotesis penelitian ini adalah terdapat perbedaan kadar kromium total (Cr) antara kelompok kontrol (K) dengan kelompok perlakuan yang dikontakkan dengan tanaman kayu apu dengan berat tanaman 300gr/6L, 350gr/6L dan 400gr/6L dalam waktu pengontakkan selama 10 hari.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis Penelitian yaitu menggunakan *True Experimental* dimana peneliti dapat mengontrol semua variabel luar yang mempengaruhi jalannya eksperimen, sehingga validitas internal (kualitas pelaksanaan rancangan penelitian) dapat menjadi tinggi (Sugiyono, 2015:75). Bentuk desain penelitian yaitu *post-test Control Designs* dan menggunakan analisis RAL (Rancangan Acak Lengkap). Penelitian terdiri dari 2 kelompok yaitu kelompok perlakuan dan kelompok yang tidak diberi perlakuan. Menurut Sugiyono (2015:76) kelompok perlakuan disebut kelompok eksperimen sedangkan yang tidak disebut kelompok kontrol atau kelompok tanpa kayu apu.

Pada penelitian terbagi menjadi empat kelompok, yaitu satu kelompok kontrol (K) dan tiga kelompok perlakuan (P1, P2 dan P3). Kelompok kontrol adalah limbah cair batik yang diencerkan tanpa pemberian kayu apu yaitu 0 gr/6L. Kelompok perlakuan P1 adalah limbah cair batik yang diencerkan dengan pemberian kayu apu seberat 300gr/6L, P2 adalah limbah cair batik yang diencerkan dengan pemberian kayu apu seberat 350gr/6L dan P3 adalah limbah cair batik yang diencerkan dengan pemberian kayu apu seberat 400gr/6L. Limbah cair batik yang diencerkan kemudian diperiksa kadar chromium total (Cr-T) setelah waktu pengontakan 10 hari menggunakan spektrofotometri.



Gambar 3.4 Rancangan Penelitian

Keterangan:

- PO : Populasi
 R : Random
 K : Limbah cair batik yang diencerkan dan tidak diberi perlakuan selama 10 hari (0gr/6L)
 P₁ : Limbah cair batik yang diencerkan dan dikontakkan dengan tanaman kayu apu dengan berat tanaman 300 gram/6L dengan lama pemaparan 10 hari
 P₂ : Limbah cair batik yang diencerkan dan dikontakkan dengan tanaman kayu apu dengan berat tanaman 350 gram/6L dengan lama pemaparan 10 hari
 P₃ : Limbah cair batik yang diencerkan dan dikontakkan dengan tanaman kayu apu dengan berat tanaman 400 gram/6L dengan lama pemaparan 10 hari
 O_{0,1,2,3} : Observasi

Desain RAL (Rancangan Acak Lengkap) merupakan rumus untuk menentukan banyaknya pengulangan untuk setiap perlakuan yang akan dilakukan dalam penelitian. Jumlah pengulangan di tentukan berdasarkan rumus (Hanifiah, 2005:12) dalam Khasanah (2017:30):

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

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

$$3r-3 \geq 15$$

$$3r \geq 18$$

$$R \geq 6$$

Keterangan:

- t : perlakuan, yaitu = 4
 r : pengulangan, yaitu = 6
 15 : faktor nilai derajat kebebasan

Setelah ditetapkan jumlah t dan r, maka untuk menentukan RAL dibuat tabel dengan rumus r x t. maka tabel RAL yaitu:

Tabel 3.1 Tata Letak RAL Penelitian

Kontrol (tanpa perlakuan)	Perlakuan 1 (kayu apu 300gr/6L)	Perlakuan 2 (kayu apu 350gr/6L)	Perlakuan 3 (kayu apu 400gr/6L)
K1	P ₁₁	P ₂₁	P ₃₁
K2	P ₁₂	P ₂₂	P ₃₂
K3	P ₁₃	P ₂₃	P ₃₃
K4	P ₁₄	P ₂₄	P ₃₄
K5	P ₁₅	P ₂₅	P ₃₅
K6	P ₁₆	P ₂₆	P ₃₆

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian terdiri dari dua tempat yaitu tempat penanaman tanaman pada limbah dilakukan di Laboratorium Kesehatan Masyarakat Universitas Jember dan tempat pemeriksaan kadar chromium total (Cr) pada limbah cair batik dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Jember.

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan September 2019-selesai.

3.3 Objek dan Sampel Penelitian

3.3.1 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah limbah cair produksi batik yang dihasilkan dari proses pewarnaan/pencelupan dan pelodoran malam di industri UD Pakem Sari, Desa Sumberpakem, Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember.

3.3.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah limbah cair batik sebanyak 24 sampel yang terbagi menjadi empat kelompok, yaitu kelompok tanpa kayu apu (K) dan kelompok perlakuan (P₁, P₂, P₃).

3.3.3 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yaitu *grab sample*, yaitu air limbah yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu. Pengambilan sampel dalam penelitian ini yaitu limbah cair batik yang berasal dari proses pewarnaan/pencelupan dan pelodoran malam. Sampel pada penelitian ini diambil saat sebelum limbah cair masuk ke saluran pembuangan.

3.4 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

3.4.1 Variabel penelitian

Menurut (Sugiyono, 2015:38) variabel penelitian adalah segala sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi, kemudian ditarik sebuah kesimpulan. Variabel yang digunakan yaitu:

a. Variabel terikat (*dependen*)

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar logam chromium total (Cr) pada limbah cair batik.

b. Variabel bebas (*independen*)

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (Sugiyono, 2015: 39). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tanaman kayu apu dengan berat tanaman 300gr/6L, 350gr/6L, dan 400gr/6L.

3.4.2 Definisi Operasional

Tabel 3.2 Definisi Operasional

No	Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Cara Pengukuran	Satuan	Skala Data
1.	Kadar kromium total (Cr)	Jumlah berat dalam gr/l logam kromium dalam air limbah setelah mengalami perlakuan penelitian	Uji Laboratorium menggunakan Spektrofotome tri	mg/l	Rasio

No	Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Cara Pengukuran	Satuan	Skala Data
2.	Kayu apu	Tanaman yang digunakan untuk menurunkan kadar timbal dengan berat 300gr, 350gr, dan 400gr	Timbangan	Gr	Rasio

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

3.5.1 Alat

- a. Jirigen ukuran 25 liter
- b. Bak penelitian dengan ukuran volume > 6 liter sebanyak 24 buah
- c. Pengaduk
- d. Timbangan analitik
- e. pH meter
- f. Thermometer
- g. Botol plastik sebanyak 24 buah

3.5.2 Alat Uji Kromium

Berdasarkan SNI 6989.17:2009 terkait cara uji krom total (Cr-T) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.

- a. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA-nyala)
- b. *Hollow Cathode Lamp/HCL* (lampu Katoda berongga) krom
- c. Gelas Piala 100 mL dan 250 mL
- d. Pipet volumetric 10 mL dan 50 mL
- e. Labu ukur 50 mL; 100 mL dan 1000 mL
- f. *Erlenmeyer* 100 mL
- g. Corong gelas
- h. Kaca arloji
- i. Pemanas listrik
- j. Saringan membrane dengan ukuran pori 0,45 mikrometer
- k. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g
- l. Labu semprot

3.5.3 Bahan

- a. Limbah cair batik
- b. Air aquades
- c. Tanaman kayu apu

3.6 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian antara lain:

- a. Mempersiapkan tanaman kayu apu
 - 1) Kayu apu yang digunakan adalah tanaman yang masih segar dan dibilas dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Tanaman kayu apu dalam penelitian ini diambil dari suatu area perairan di Desa Bintoro Kabupaten Jember, dengan kriteria jumlah daun 7-10 helai, diameter 5-8 cm dan panjang akar 5-7 cm.



Gambar 3.5 Kayu Apu dengan kriteria jumlah daun 7-10 helai, diameter 5-8 cm dan panjang akar 5-7 cm
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- 2) Kemudian kayu apu di aklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan dengan memasukkan kayu apu ke dalam air bersih selama 7 hari sebelum dimasukkan ke dalam bak perlakuan.
 - 3) Kayu apu kemudian ditiriskan hingga tidak ada air yang menetes lalu ditimbang beratnya.
- b. Mempersiapkan wadah penampung penelitian
 - 1) Menyiapkan 24 wadah pengumpul yang terbuat dari plastik.

- 2) Masing-masing wadah akan diisi air sebanyak 6 liter.
- 3) Bak 1-6 merupakan wadah kontrol yang berisi air limbah tanpa diberi tanaman kayu apu (0gr/6L).
- 4) Bak 7-12 merupakan wadah yang berisi air limbah dan diberi penambahan tanaman kayu apu seberat 300gr/6L.
- 5) Bak 13-18 merupakan wadah yang berisi air limbah dan diberi penambahan tanaman kayu apu seberat 350gr/6L.
- 6) Bak 19-24 merupakan wadah yang berisi air limbah dan diberi penambahan tanaman kayu apu seberat 400gr/6L.

c. Pengambilan sampel

- 1) Menyiapkan jerigen sebagai tempat sampel air.
- 2) Menghomogenkan air limbah

Tanaman kayu apu dengan variasi berat 300 gr, 350 gr dan 400 gr yang sudah ditimbang selanjutnya dicampurkan ke dalam bak penampung yang berisi limbah cair batik yang diencerkan mengandung Cr pada masing-masing perlakuan dengan waktu pengontakan 10 hari.



Air Limbah tanpa tanaman

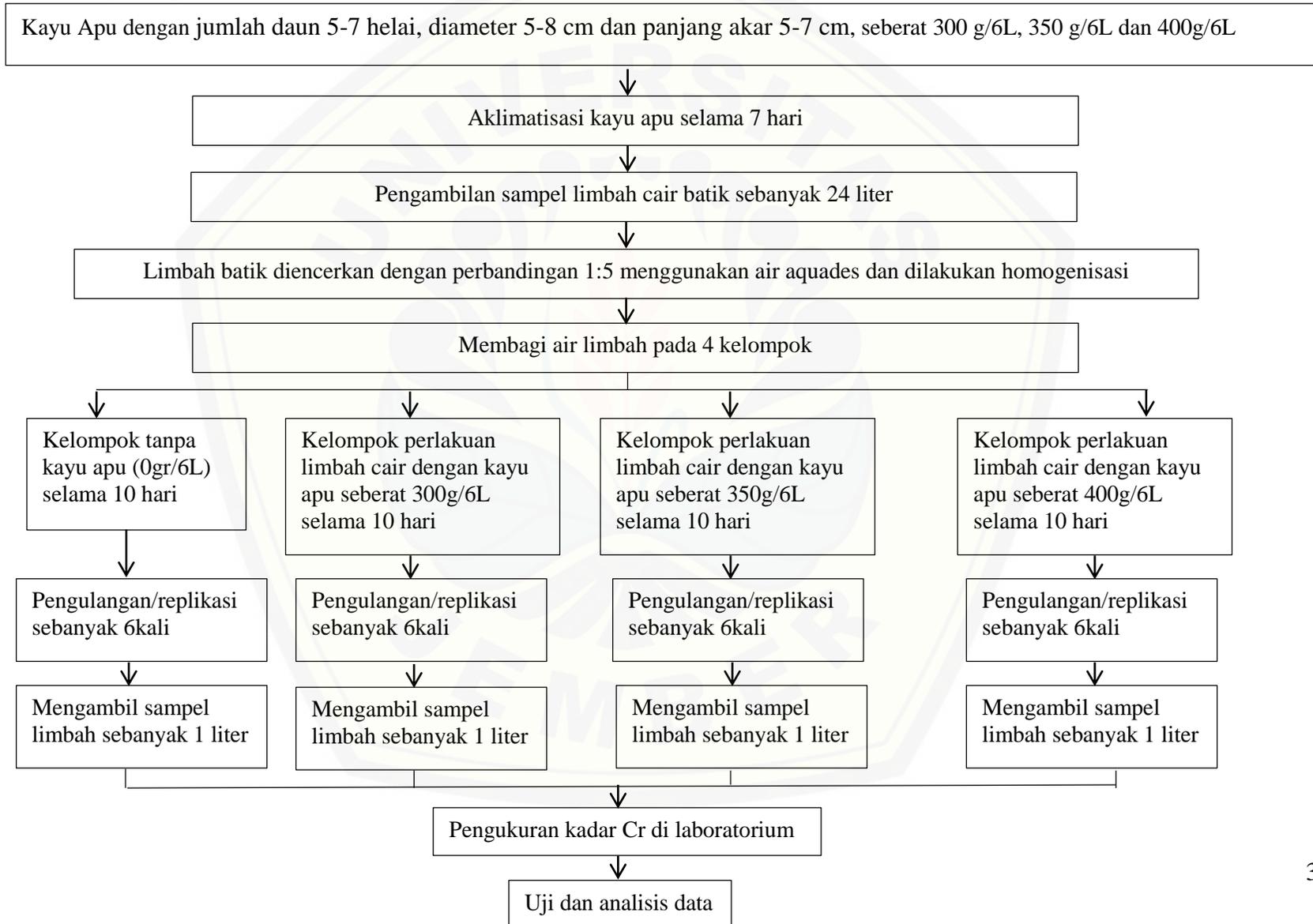


Air Limbah dengan kayu apu

Gambar 3.6 Ilustrasi bak pengontakan limbah dengan tanaman

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.7 Kerangka Operasional



3.8 Data dan Sumber Data

3.8.1 Data primer

Data primer adalah data yang langsung diperoleh dari sumber data pertama di lokasi penelitian. Data primer dalam penelitian ini adalah hasil uji laboratorium penurunan kadar chromium total (Cr) dalam limbah cair batik setelah diberi perlakuan.

3.8.2 Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber data kedua atau sumber sekunder dari data yang kita butuhkan. Data sekunder dalam penelitian ini adalah jumlah industri batik di Kabupaten Jember.

3.9 Teknik Instrumen Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling utama karena bertujuan untuk mendapatkan data. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan dengan melakukan pengukuran kadar chromium total (Cr) pada limbah cair batik setelah mendapatkan perlakuan pengontakan dengan tanaman fitoremediator.

3.10 Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dan analitik. Analisis deskriptif menggambarkan hasil uji laboratorium yang disajikan dalam bentuk grafik. Uji statistik dilakukan untuk melihat perbedaan kadar air limbah setelah perlakuan. Uji statistik yang digunakan yaitu uji normalitas menggunakan Kolmogorov Smirnov. Jika hasil berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan uji *one way anova* jika berdistribusi tidak normal maka diuji dengan Kruskal Wallis. Uji *one way anova* dikerjakan menggunakan aplikasi statistik dengan kepercayaan 95% untuk melihat perbedaan masing-masing kadar kromium pada limbah cair batik yang dikontakkan dengan tanaman kayu apu 300gr/6L, 350gr/6L dan 400gr/6L.

Langkah-langkah pengujian *One Way Anova* adalah:

a. Uji Normalitas

Uji normalitas yaitu untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal ataukah tidak. Uji normalitas menggunakan Kolmogorov Smirnov.

Hipotesis yang digunakan adalah:

Signifikansi $<0,05$: distribusi tidak normal

Signifikansi $>0,05$: distribusi normal

b. Tes homogenitas varians

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

H0: diduga bahwa semua populasi adalah sama

H1: diduga bahwa semua populasi adalah tidak sama

c. Uji F

Uji analitik yang digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa seluruh kelompok memiliki mean populasi yang sama adalah uji F. Harga F didapatkan dari rata-rata kuadrat (*mean square*) antar kelompok (*between groups*) dibagi dengan rata-rata kuadrat dalam kelompok (*within groups*)

Hipotesis dalam pengujian *One Way Anova* adalah:

H0: diduga bahwa keseluruhan kelompok memiliki rata-rata populasi yang sama

H1: diduga bahwa keseluruhan kelompok memiliki rata-rata populasi yang berbeda.

Dasar pengambilan keputusan yaitu:

H0 diterima, jika $F \text{ hitung} > F \text{ tabel } 0,05$

H0 ditolak, Jika $F \text{ hitung} < F \text{ tabel } 0,05$

d. Tes post hoc

Tes post hoc digunakan untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan yang terjadi antar kelompok dengan menggunakan fungsi tukey. Uji post hoc menggunakan Tukey karena jumlah subjek penelitian masing-masing kelompok sama. Hasil uji signifikansi dengan mudah bisa dilihat pada

output dengan ada atau tidaknya tanda bintang pada kolom *mean difference*.

Apabila hasil uji normalitas menunjukkan data yang tidak berdistribusi normal, maka dilanjutkan dengan uji *kruskal wallis*. Uji ini digunakan untuk data yang memiliki lebih dari dua sampel yang tidak berhubungan (Santoso, 2005:451). Uji *kruskal Wallis* adalah salah satu uji statistik non parametrik yang dapat digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan yang signifikan antara kelompok variabel independen dengan variabel dependennya. Setelah dilakukan uji *kruskal wallis* dibutuhkan uji lanjutan (*post hoc test*) untuk menentukan kelompok mana saja yang memiliki perbedaan signifikan. Uji lanjutan yang digunakan yaitu uji *mann whitney*.

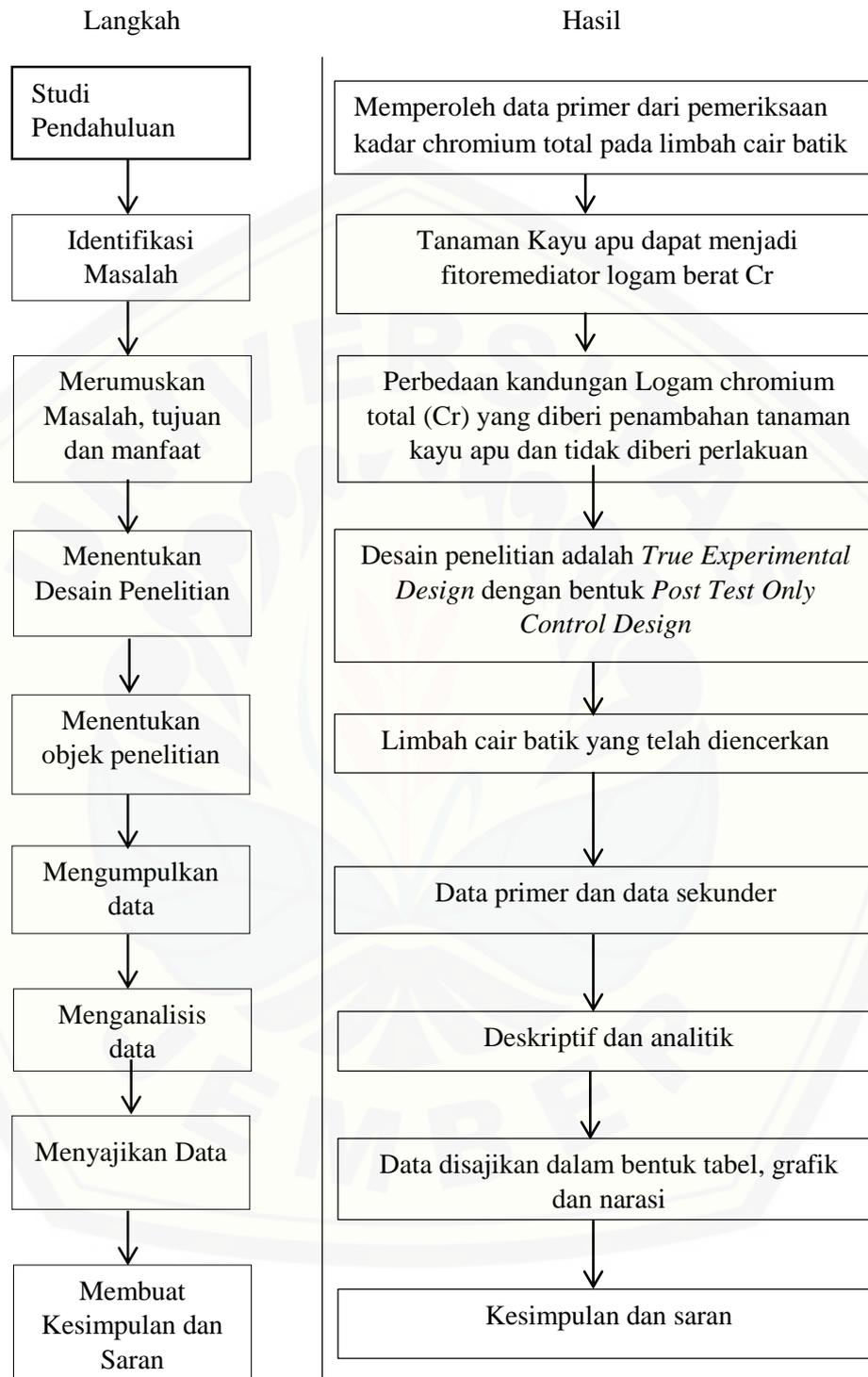
Kegunaan uji *kruskal wallis*:

1. Uji *kruskal-wallis* biasa digunakan sebagai alternatif untuk uji *one way anova*, dimana asumsi kenormalan tidak terpenuhi.
2. Digunakan untuk membuat perbandingan antara dua atau lebih variabel kuantitatif berbentuk ranking dimana sampelnya merupakan sampel independen, dan asumsi kenormalan tidak terpenuhi.
3. Merupakan uji pengembangan dari *mann whitney test*, dimana variabel yang digunakan pada uji ini berjumlah lebih dari pada dua variabel.

3.11 Teknik Penyajian Data

Teknik penyajian data dilakukan setelah proses analisis data. Teknik penyajian data merupakan cara menyajikan data dengan baik agar dapat dengan mudah dibaca dan dipahami oleh pembaca. Teknik penyajian data dalam proposal ini yaitu berupa tabel, grafik dan narasi.

3.12 Alur Penelitian



Gambar 3.7 Kerangka Alur Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

- a. Rerata kadar chromium total (Cr-T) pada kelompok tanpa kayu apu (K) adalah 0.509 mg/L.
- b. Rerata kadar chromium total (Cr-T) pada masing-masing kelompok adalah kelompok P₁ sebesar 0.371 mg/L, kelompok P₂ sebesar 0.293 mg/L dan kelompok P₃ sebesar 0.165 mg/L.
- c. Pengukuran pH dan suhu pada awal perlakuan didapatkan hasil yang sama yaitu masing-masing adalah 10.1 dan 26°C. Rerata pH setelah perlakuan mengalami penurunan yaitu kelompok K sebesar 9.9, kelompok P₁ sebesar 9, kelompok P₂ sebesar 8.9 dan kelompok P₃ sebesar 8.6. Rerata suhu setelah perlakuan juga mengalami kenaikan yaitu dari suhu awal 26°C menjadi 27°C.
- d. Kelompok kontrol (K) dengan kelompok perlakuan memiliki perbedaan kadar chromium total (Cr-T) yaitu dapat dilihat dari nilai signifikansi nya. Nilai signifikansi empat kelompok adalah P₁ sebesar 0.007, P₂ sebesar 0.0042 dan P₃ sebesar 0.000. Nilai signifikansi menunjukkan perlakuan yang paling efektif yaitu terdapat pada kelompok P₃ dengan penambahan berat 400 gr/6L tanaman kayu apu dengan waktu kontak 10 hari mampu menurunkan kadar chromium total (Cr-T) dengan nilai rerata 0.165 mg/L dengan persentase penurunan 67.6% dan telah dibawah baku mutu lingkungan yaitu 1 mg/L.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

- a. Bagi penelitian selanjutnya tidak disarankan untuk menggunakan tanaman kayu apu sebagai tanaman fitoremediator untuk menurunkan kandungan kadar chromium dalam limbah cair batik dikarenakan setelah pengontakan

tanaman kayu apu mati. Salah satu persyaratan tanaman dapat dikatakan tanaman fitoremediator yaitu dapat menyerap kandungan logam berat dan tanaman masih dapat berkembang, sehingga kurang tepat digunakan dalam limbah cair batik walaupun tanaman kayu apu dalam penelitian ini dapat menurunkan kadar chromium total.

- b. Bagi penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode lainnya seperti penggunaan adsorben untuk mengurangi kandungan chromium pada limbah cair batik.



DAFTAR PUSTAKA

- Anies. 2005. *Penyakit Akibat Kerja Berbagai Penyakit Akibat Lingkungan Kerja dan Upaya Penanggulangannya*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Apriliani, M. F & Widiyanto. 2018. Pengaruh Karakteristik Wirausaha, Modal Usaha dan Tenaga Kerja Terhadap Keberhasilan UMKM Batik. *Economic Education Analysis Journal*. Vol 7 (2):3.
- Arief, L.M. 2016. *Pengolahan Limbah Industri Dasar-dasar Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Yogyakarta: CV ANDI OFFSET.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 6989.17:2009 tentang Air dan air limbah- Bagian 17: Cara uji krom total (Cr-T) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.
- Baryatik, P. 2016. Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi Sebagai Adsorben Logam Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Batik. *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa 2016*.
- Endra, F. 2017. *Pedoman Metodologi Penelitian (Statistika Praktis)*. Sidoarjo: Ziwatama Jawara.
- Fachrurozi, M., Utami, L.B & Suryani, D. 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesmas UAD*. ISSN: 1978-0575 Vol 4 (1):1-75.
- Ghiovani, D., Raissa & Tangahu, P. 2017. Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*. ISSN: 2337-3539 Vol 6 (2):232-236.
- Ginting, P. 2010. *Sistem Pengolahan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung: Yrama Widya.
- Gratha, B. 2012. *Panduan Mudah Belajar Membuatik*. Jakarta: Demedia Pustaka.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan. A.H., Pattiwri, A.W & Hendroko, R. 2008. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.

- Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N & Fiqri, A. 2017. *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. Malang: UB Press.
- Hapsari, S., Zaman, B. dan Andarani, P. 2016. Kemampuan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam Menyisihkan Kromium Total (Cr-T) dan COD Limbah Elektroplating. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 5 (4): 1-9.
- Harjanto, H & Rakhmania, N. 2007. *Tanaman Hias*. Depok: Penebar Swadaya.
- Henrasarie, N. 2019. Kemampuan Adsorpsi Pb dari Limbah Industri oleh Tumbuhan Kayu Ambang (*Lemna minor*), Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes solm*). *Jurnal Envirotek*. Vol 11 (1): 39-45. <https://doi: 10.33005/envirotek.v11i1.1368>.
- Herlambang, P & Hendriyanto, O. 2015. Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limnocharis Flava* L.). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol 7(2):100-114.
- Hernayanti & Proklamasiningsih E. 2004. Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) sebagai Upaya untuk Memperbaiki Kualitas Air. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*. Vol IV (3): 164-172.
- Ikawati, S., Zulfikar, A. dan Azizah, D. 2013. Efektivitas Dan Efisiensi Fitoremediasi Pada Deterjen Dengan Menggunakan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava*). [serial online] <http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/2013/08/Sari-Ikawati-090254242080.pdf>. Diakses: 10 November 2019.
- Jamil, A., Darundiati, Y.H & Dewanti, N. 2016. Pengaruh Variasi Lama Waktu Kontak dan Jumlah Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Terhadap Penurunan Kadar Cadmium (Cd) Limbah Cair Batik Home Industry “X” di Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. ISSN: 2356-3346. Vol 4 (4): 763-770.
- Khasanah, M, Moelyaningrum, A.D & Pujiati, R.S. 2018. Analisis Perbedaan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) sebagai Fitoremediasi Merkuri (Hg) pada Limbah Cair Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI). *Jurnal Sanitasi Kesehatan Lingkungan*. p-ISSN: 1978-5763; e-ISSN: 2579-3896 Vol. 9 (3):105-110.

- Kristianto, S, Wilujeng, S & Wahyudiarto, D. 2017. Analisis Logam Berat kromium (Cr) Pada Kali Pelayaran Sebagai Bentuk Upaya Penanggulang Pencemaran Lingkungan di Wilayah Sidoarjo. *Jurnal Biota*. Vol.3 (2):66-70.
- Kurniawan, A. 2018. Strategi dan Model Pengembangan Bisnis Berkelanjutan pada Usaha Kerajinan Batik CV. Tobal Batik Pekalongan. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Lestari, S.D. 2012. *Mengenal Aneka Batik*. Jakarta: PT Balai Pustaka (Persero).
- Muthoharoh, R. 2018. Pemanfaatan Tumbuhan Semanggi (*Marsilea crenata*) Sebagai Fitoremediator Logam Kromium Total (Cr) Pada Limbah Cair Batik (Studi Kasus Industri Batik UD. Pakemsari Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember). *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- Nurainun, Heriyana & Rasyimah. 2008. Analisis Industri Batik di Indonesia. *Jurnal Fokus Ekonomi (FE)*. ISSN: 1412-3851 Vol. 7 (3): 124-135.
- Nurkhasanah, S. 2015. Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Dalam Air, Sedimen, dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) serta Karakteristik Biometrik dan Kondisi Histologisnya di Sungai Cimanuk Lama, Kabupaten Indramayu. *Skripsi*: Institut Pertanian Bogor.
- Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pemerintah Indonesia 2014. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Surabaya: Gubernur Jawa Timur.
- Pemerintah Indonesia 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Perwitasari, P., Handayanto, E & Rindyastuti, R. 2018. Penggunaan *Echinodorus radicans* dan *Pistia stratiotes* untuk Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) serta Pengaruhnya terhadap Tanaman *Amaranthus tricolor*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. E-ISSN: 2549-9793 Vol 5(1):811-817.

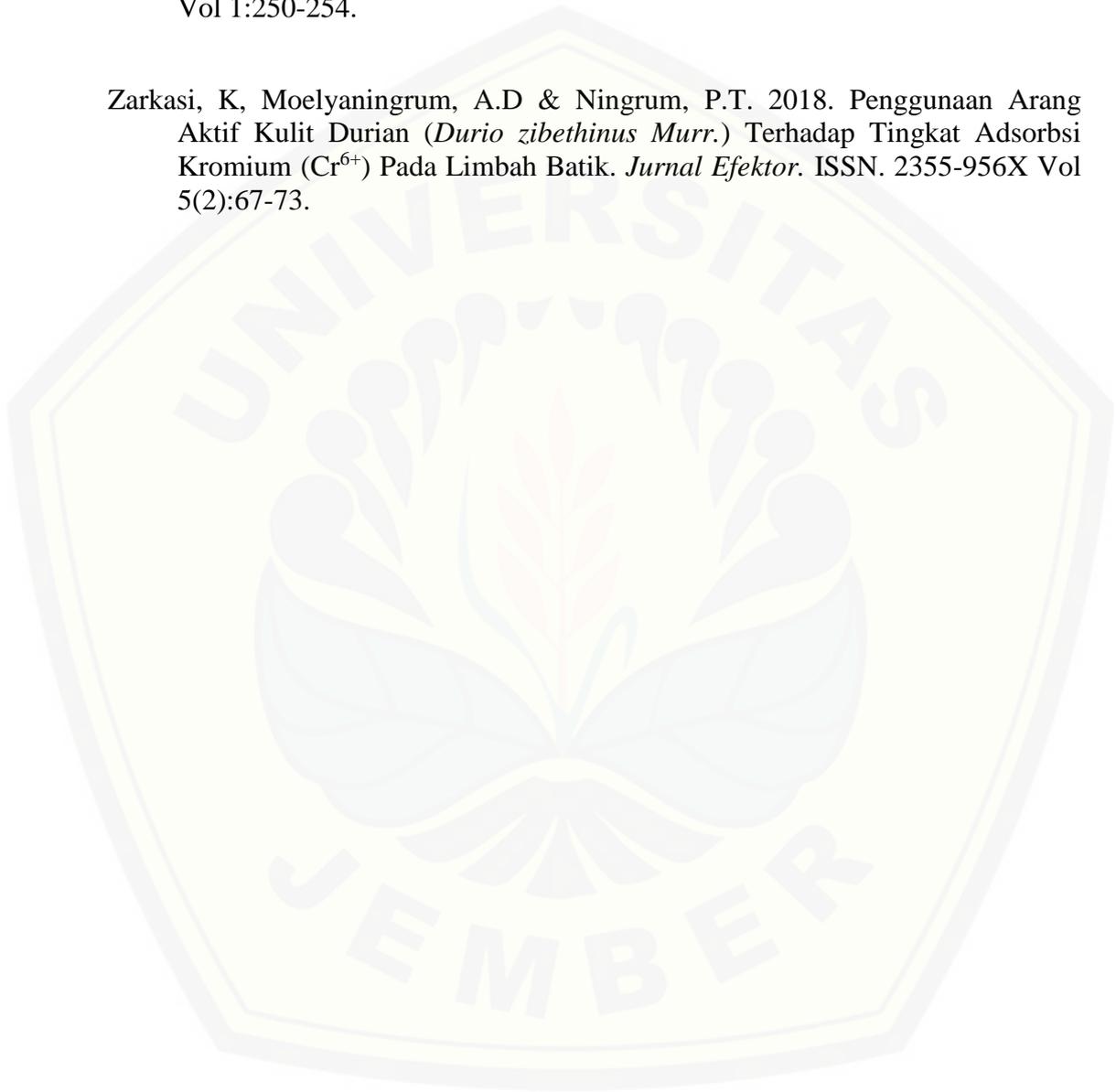
- Pridyanti, D. D., Moelyaningrum, A. D. dan Ningrum, P. T. 2018. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kupang (*Corbula Faba*) Teraktivasi Termal Sebagai Adsorben Logam Kromium (Cr⁶⁺) Pada Limbah Cair Batik. *Jurnal Hibualamo*. Vol 2 (2): 63–68.
- Priyanto, B & Prayitno, J. 2007. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khususnya Logam Berat. [Serial Online] <http://ftl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm>. [25 April 2019].
- Purnama, M.S., Kusumawati, E. & Susanto, D. 2018. Fitoremediasi Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam Kolam Bekas Tambang Batubara Terhadap Penyerapan Logam Mangan (Mn) dan Kadmium (Cd). *Jurnal Bioprospek*. Vol 13 (1): 33-39.
- Purnamawati, K. Y., Budiarsa Suyasa, I. dan Mahardika, I. 2015. Penurunan Kadar Rhodamin B Dalam Air Limbah Dengan Biofiltrasi Sistem Tanaman. *Jurnal ECOTROPHIC*. Vol 9 (2): 46-51. [https://doi: 10.24843/ejes.2015.v09.i02.p08](https://doi.org/10.24843/ejes.2015.v09.i02.p08).
- Puspita, U, Siregar, A & Hidayati, N. 2011. Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang Terdapat Pada Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*. ISSN: 0126-4625 Vol. 39 (1): 58-64.
- Rahayuningtyas, I., Wahyuningsih, N & Budiyo. 2018. Pengaruh Variasi Lama Waktu Kontak dan Berat Tanaman Apu-Apu (*Pistia stratiotes* L.) Terhadap Kadar Timbal Pada Irigasi Pertanian. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. ISSN: 2356-3346 Vol 6 (6):166-174.
- Raissa, D.G. 2017. Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *Skripsi*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ramadhan, I. 2013. *Cerita Batik*. Tangerang: Literati.
- Safitri, R. 2009. Phytoremediasi Greywater dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) serta Pemanfaatannya untuk Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) secara Hidroponik. *Skripsi*: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.

- Said, N.I. 2017. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi*. PT. Gelora Aksara Pratama.
- Santoso, S. 2005. *Menguasai Statistik di Era Informasi dengan SPSS 12*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Sari, N. W. M., Diara, I. W. dan Trigunasih, N. M. 2017. Meningkatkan Kualitas Air Irigasi dengan Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Tanaman Azolla (*Azolla sp.*) di Subak Sembung, Peguyangan, Denpasar. *Journal of Tropical Agroecotechnology*. vol 6 (1). 82–90.
- Sitanggang, P.Y. 2017. Pengolahan Limbah Tekstil dan Batik di Indonesia. [Serial Online]
https://www.researchgate.net/profile/Petra_Yohana_Sitanggang/publication/322136338_PENGOLAHAN_LIMBAH_TEKSTIL_DAN_BATIK_DI_INDONESIA/links/5a46da34a6fdcce1971b778f/PENGOLAHAN-LIMBAH-TEKSTIL-DAN-BATIK-DI-INDONESIA.pdf?origin=publication_detail. [25 April 2019].
- Setiyono, A & Gustaman, R.A. 2017. Pengendalian Kromium (Cr) yang Terdapat di Limbah Batik dengan Metode Fitoremediasi. *Unnes Journal of Public Health*. Vol 6 (3):156.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R& D*. Bandung: Alfabeta.
- Suhartini, S & Nurika, I. 2018. *Teknologi Pengolahan Limbah Agroindustri*. Malang: UB Press.
- Suprihatin, H. 2014. Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo dan Alternatif Pengolahannya. [Serial Online]
<https://ejournal.unri.ac.id/index.php/JKL/article/view/2430/2390>. [11 Maret 2019].
- Utami, L.D., Narwati & Rahayu, U. 2017. Kemampuan Tanaman Apu-apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam Menurunkan Kadar Logam Berat Nikel (Ni) Limbah Cair. *Jurnal Gema Kesehatan Lingkungan*. ISSN: 1693-3761. Vol 15(1):46-51.
- Waluyo, L. 2018. *Bioremediasi Limbah*. Malang: UMM Press.

Widowati, W. 2008. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Jakarta: Andi Publisher.

Zaman, B., Andarani, P., Cahyani, M & Hapsari, S. 2016. Penyisihan Logam Berat dan COD dalam Limbah Elektroplating pada Reaktor Evaporasi Tertutup Sistem Batch dengan Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*). *Prosiding Seminar Nasional Lahan Basah*. ISBN: 978-602-6483-33-1 Vol 1:250-254.

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. *Jurnal Efektor*. ISSN. 2355-956X Vol 5(2):67-73.



LAMPIRAN A – Hasil Laboratorium Kadar Chromium Total (Cr)

REKAPITULASI HASIL PEMERIKSAAN TOTAL KROMIUM (Cr)
PADA AIR LIMBAH DARI INDUSTRI BATIK
TAHUN 2019

No	Tanggal Sampel Masuk	No. Lab	Jenis Sampel	Data Sampel	Pemilik	Alamat	Petugas sampling	Hasil Total Kromium (Cr) (mg/L)	Pertimbangan
1	05 Oktober 2019	0755-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK (K1)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,534	MS
2	05 Oktober 2019	0756-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK (K2)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,608	MS
3	05 Oktober 2019	0757-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK (K3)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,610	MS
4	05 Oktober 2019	0758-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK (K4)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,403	MS
5	05 Oktober 2019	0759-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK (K5)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,406	MS
6	05 Oktober 2019	0760-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK (K6)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,493	MS
7	05 Oktober 2019	0761-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X1 (1)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,340	MS
8	05 Oktober 2019	0762-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X1 (2)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,400	MS
9	05 Oktober 2019	0763-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X1 (3)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,356	MS
10	05 Oktober 2019	0764-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X1 (4)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,364	MS
11	05 Oktober 2019	0765-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X1 (5)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,367	MS
12	05 Oktober 2019	0766-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X1 (6)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,397	MS
13	05 Oktober 2019	0767-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X2 (1)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,319	MS
14	05 Oktober 2019	0768-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X2 (2)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,234	MS
15	05 Oktober 2019	0769-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X2 (3)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,291	MS
16	05 Oktober 2019	0770-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X2 (4)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,306	MS
17	05 Oktober 2019	0771-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X2 (5)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,318	MS
18	05 Oktober 2019	0772-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X2 (6)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,291	MS
19	05 Oktober 2019	0773-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X3 (1)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,212	MS
20	05 Oktober 2019	0774-A	AIR LIMBAH	AL INDUSTRI BATIK X3 (2)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0,186	MS

No	Tanggal Sampel Masuk	No. Lab	Jenis Sampel	Data Sampel	Pemilik	Alamat	Petugas sampling	Hasil Total Kromium (Cr) (mg/L)	Pertimbangan
21	05 Oktober 2019	0775-A	AIR LIMBAH	AL. INDUSTRI BATIK X3 (3)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0.150	MS
22	05 Oktober 2019	0776-A	AIR LIMBAH	AL. INDUSTRI BATIK X3 (4)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0.137	MS
23	05 Oktober 2019	0777-A	AIR LIMBAH	AL. INDUSTRI BATIK X3 (5)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0.138	MS
24	05 Oktober 2019	0778-A	AIR LIMBAH	AL. INDUSTRI BATIK X3 (6)	Nn. Alif Resti	Jl. Kalimantan X No. 26 Jember	Sdri. Alif Resti (Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember)	0.167	MS

Keterangan :

MS : Memenuhi Persyaratan Kualitas Air Limbah

TMS : Tidak Memenuhi Persyaratan Kualitas Air Limbah

Jember, 07 Oktober 2019
 KEPALA UNIT PELAKSANA TEKNIS DAERAH
 LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH



LAMPIRAN B - Hasil Uji Statistik ANOVA

1. Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		K	X1	X2	X3
N		6	6	6	6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.50900	.37067	.29317	.16500
	Std. Deviation	.092442	.023526	.031492	.029638
	Most Extreme Differences				
	Absolute	.201	.229	.306	.194
	Positive	.201	.229	.206	.194
	Negative	-.191	-.202	-.306	-.172
Test Statistic		.201	.229	.306	.194
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}	.200 ^{c,d}	.083 ^c	.200 ^{c,d}

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

2. Uji Homogenitas dan Uji ANOVA

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.721	3	20	.003

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.373	3	.124	45.361	.000
Within Groups	.055	20	.003		
Total	.428	23			

Data setelah di transform

Test of Homogeneity of Variances

HASIL

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.650	3	20	.077

ANOVA

HASIL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.770	3	.257	66.355	.000
Within Groups	.077	20	.004		
Total	.848	23			

3. Uji Post Hoc

Multiple Comparisons

Dependent Variable: HASIL

Tukey HSD

(I) Pengukuran	(J) Pengukuran	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
K	X1	.13232*	.03592	.007	.0318	.2328
	X2	.23575*	.03592	.000	.1352	.3363
	X3	.48870*	.03592	.000	.3882	.5892
X1	K	-.13232*	.03592	.007	-.2328	-.0318
	X2	.10343*	.03592	.042	.0029	.2040
	X3	.35638*	.03592	.000	.2559	.4569
X2	K	-.23575*	.03592	.000	-.3363	-.1352
	X1	-.10343*	.03592	.042	-.2040	-.0029
	X3	.25295*	.03592	.000	.1524	.3535
X3	K	-.48870*	.03592	.000	-.5892	-.3882
	X1	-.35638*	.03592	.000	-.4569	-.2559
	X2	-.25295*	.03592	.000	-.3535	-.1524

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

LAMPIRAN C – Pengukuran pH dan Suhu

Pengukuran pH

Kelompok Kontrol (K)

Kelompok/Waktu Kontak		Hari Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K1	07.00	10.1	11.0	10.1	9.8	9.6	10.0	9.8	10.0	9.8	9.8
	12.00	10.1	10.5	10.7	9.5	9.6	9.7	10.0	10.5	9.7	9.5
	17.00	10.1	10.5	9.9	9.6	9.6	9.7	9.5	9.9	9.6	9.9
K2	07.00	10.1	10.7	10.1	9.8	9.5	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
	12.00	10.2	10.5	10.6	9.4	9.6	9.7	10.0	9.7	10.6	10.5
	17.00	10.1	10.4	9.7	9.6	9.5	9.6	9.4	9.5	9.7	9.5
K3	07.00	10.0	10.7	10.0	9.8	9.5	9.8	9.6	10.0	9.5	9.5
	12.00	10.1	10.5	10.6	9.3	9.7	9.6	10.0	9.6	9.8	8.7
	17.00	10.1	10.3	9.8	9.6	9.6	9.6	9.5	10.3	9.6	9.8
K4	07.00	10.0	10.7	10.1	9.7	9.5	9.5	9.6	9.5	9.5	9.6
	12.00	10.1	10.5	10.5	9.5	9.7	9.4	10.0	10.5	10.5	10.0
	17.00	10.0	10.4	9.9	10.0	9.5	9.5	9.5	9.9	9.5	9.5
K5	07.00	11.0	11.0	10.5	9.7	9.5	10.1	10.0	10.5	9.5	9.5
	12.00	10.1	10.7	10.7	9.5	9.6	10.0	10.0	9.6	10.7	10.7
	17.00	10.1	10.6	9.7	10.1	10.1	10.1	9.4	10.1	10.1	10.6
K6	07.00	10.0	11.0	10.5	9.8	9.6	9.9	10.0	9.9	9.8	9.9
	12.00	10.0	10.8	10.6	9.5	9.8	9.9	9.9	9.5	9.9	9.9
	17.00	10.0	10.7	9.9	10.0	10.1	10.0	9.4	10.1	10.1	10.7
Rerata Per hari		10.1	10.6	10.2	9.7	9.6	9.8	9.7	9.9	9.9	9.9
Rerata 10 Hari		9.9									

Kelompok P₁ (300 gr/6L)

Kelompok/Waktu Kontak		Hari Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₁ (1)	07.00	10	10	9.6	9.5	9	8.8	8.8	8.7	8.5	8.6
	12.00	10	9.5	9.3	9.4	8.7	8.7	8.5	8.6	8.3	8.4
	17.00	10	9.7	9.5	9.3	8.9	8.6	8.7	8.5	8.3	8.5
P ₁ (2)	07.00	10.2	10.1	9.4	9.2	8.8	8.6	8.7	8.7	8.4	8.3
	12.00	10.1	9.8	9.1	9.2	8.7	8.6	8.6	8.5	8.2	8.5
	17.00	10.1	9.8	9.2	9.4	8.8	8.5	8.8	8.4	8.5	8.5
P ₁ (3)	07.00	10	10.1	9.4	9.3	8.9	8.5	8.6	8.4	8.2	8.6
	12.00	10.1	9.7	9.3	9.3	8.8	8.8	8.5	8.4	8.3	8.5
	17.00	10.1	9.8	9.1	9.5	8.7	8.6	8.6	8.7	8.3	8.5
P ₁ (4)	07.00	10.2	10.1	9.4	9.4	8.9	8.6	8.5	8.5	8.4	8.4
	12.00	10.1	9.8	9.2	9.3	8.8	8.8	8.5	8.5	8.3	8.5
	17.00	10.1	9.9	9	9.3	8.7	8.5	8.6	8.6	8.3	8.4
P ₁ (5)	07.00	10.1	10.2	9.6	9.4	8.8	8.6	8.7	8.6	8.4	8.5
	12.00	10	9.9	9.1	9.2	8.9	8.6	8.5	8.5	8.3	8.5

	17.00	10.2	9.9	9.2	9.4	9	8.6	8.6	8.6	8.4	8.5
P ₁ (6)	07.00	10.2	10.1	9.3	9.3	9	8.7	8.5	8.5	8.4	8.5
	12.00	10	9.9	9.1	9.3	8.9	8.7	8.7	8.5	8.4	8.4
	17.00	10.1	9.8	9.1	9.2	8.9	8.6	8.7	8.5	8.5	8.6
Rerata Per hari		10.1	9.9	9.3	9.3	8.8	8.6	8.6	8.5	8.4	8.5
Rerata 10 Hari		9.0									

Kelompok P₂ (350 gr/6L)

Kelompok/Waktu Kontak		Hari Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₂ (1)	07.00	10.1	10.2	9.4	9.3	8.9	8.7	8.5	8.3	8.1	8.1
	12.00	10.2	9.9	9.5	9	8.7	8.7	8.4	8.3	8.1	8
	17.00	10.1	9.9	8.9	9	8.9	8.7	8.5	8.2	8.1	8.1
P ₂ (2)	07.00	10	10	9.2	9.1	8.6	8.5	8.3	8.2	8.2	8
	12.00	10	9.8	9.5	9.2	8.8	8.6	8.5	8.4	8.1	8.1
	17.00	10.1	9.7	8.8	8.9	8.7	8.5	8.4	8.4	8.1	8.1
P ₂ (3)	07.00	10	10.1	9.4	9.3	8.6	8.7	8.4	8.2	8.2	8.1
	12.00	10	9.8	9.4	9	8.9	8.8	8.5	8.2	8.1	8.1
	17.00	10.1	9.7	8.8	9.3	8.6	8.8	8.4	8.4	8.3	7.8
P ₂ (4)	07.00	10	10	9.3	9.2	8.7	8.6	8.4	8.3	8.3	8.2
	12.00	10	9.7	9.4	9	8.7	8.7	8.3	8	8.1	8
	17.00	10.1	9.7	8.8	9.1	8.8	8.8	8.5	8	8.2	8.1
P ₂ (5)	07.00	10.2	9.9	9.1	9	8.9	8.5	8.5	8.5	8.3	8
	12.00	10.1	9.7	9.5	9	8.8	8.8	8.6	8.5	8.1	8
	17.00	10	9.6	8.7	8.9	8.9	8.7	8.6	8.4	8.2	8.1
P ₂ (6)	07.00	10.1	9.9	9.1	8.9	8.6	8.6	8.5	8.3	8.1	8.1
	12.00	10	9.7	9.5	9	8.7	8.5	8.4	8.5	8.2	8
	17.00	10	9.6	8.6	9.2	8.7	8.6	8.5	8.3	8.2	8
Rerata Per hari		10.1	9.8	9.2	9.1	8.8	8.7	8.5	8.3	8.2	8.1
Rerata 10 Hari		8.9									

Kelompok P₃ (400 gr/6L)

Kelompok/Waktu Kontak		Hari Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₃ (1)	07.00	10.1	10.2	9.5	8.6	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2	8.1
	12.00	10.1	9.9	9.6	8.3	8.2	8.1	8.2	8.1	8	8
	17.00	10.1	9.9	8.7	8.1	8.1	8.3	8.1	8.1	8.3	8.1
P ₃ (2)	07.00	10	10.2	9.4	8.6	8	8.2	8.2	8.2	8.6	8
	12.00	10	9.9	9.6	8.2	8	8.1	8.2	8.1	8	8
	17.00	10.1	9.8	8.9	8	8.1	8.2	8	8	7.9	7.9
P ₃ (3)	07.00	10	10.1	9.5	8.6	8	8.2	8.2	8.2	8.2	8
	12.00	10	9.8	9.5	8.3	8	8	8.2	8	8	8
	17.00	10.1	9.9	8.8	8	8.1	8.1	8	8.1	8.1	8
P ₃ (4)	07.00	10	10.3	9.3	8.5	8.1	8.3	8.1	8.1	8.3	8.1
	12.00	10	10	9.4	8.2	8	8.1	8.2	8.2	8.2	8
	17.00	10.1	9.7	8.9	8	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8

P ₃ (5)	07.00	10.2	10.1	9.3	8.6	8	8.1	8	8.1	8	8
	12.00	10	9.8	9.3	8.2	8	7.9	8.1	8	7.9	7.9
	17.00	10.1	9.7	8.8	8	8	8	8.1	8	8	8
P ₃ (6)	07.00	10	9.9	9.1	8.7	8	8.1	8.1	8.1	8.1	8
	12.00	10.1	9.7	9.4	8.2	8	8	8.3	8.3	8.2	8
	17.00	10.2	9.6	8.8	8	8.1	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1
Rerata Per hari		10.1	9.9	9.2	9.5	8.3	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0
Rerata 10 Hari		8.6									



Pengukuran Suhu

Kelompok Kontrol

Kelompok/Waktu Kontak		Hari Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K1	07.00	25	25	25	24	25	25	25	24	24	25
	12.00	27	27	26	27	27	27	28	27	28	27
	17.00	27	27	28	27	27	27	27	26	26	27
K2	07.00	25	25	25	24	25	26	25	26	26	26
	12.00	27	26	27	27	27	28	28	27	27	27
	17.00	26	27	27	27	27	27	27	26	26	27
K3	07.00	24	25	25	25	25	25	25	24	24	25
	12.00	27	26	27	27	27	27	27	27	26	27
	17.00	27	26	27	27	27	27	28	28	28	28
K4	07.00	26	25	25	25	25	26	25	26	26	26
	12.00	26	27	26	27	27	27	27	27	27	27
	17.00	27	27	27	28	27	27	27	28	27	27
K5	07.00	25	26	25	24	25	26	26	24	24	24
	12.00	27	27	27	28	26	27	28	27	28	27
	17.00	27	27	28	26	27	28	27	26	26	26
K6	07.00	25	26	26	25	25	26	26	25	25	25
	12.00	27	27	27	28	26	28	28	28	28	28
	17.00	27	27	27	26	28	27	28	27	27	27
Rerata Per hari		26	26	26	26	26	27	27	26	26	26
Rerata 10 Hari		26									

Kelompok P₁ (300 gr/6L)

Kelompok/Waktu Kontak		Hari Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₁ (1)	07.00	24	25	25	24	25	25	25	25	25	25
	12.00	26	27	27	26	27	27	27	26	27	27
	17.00	27	27	28	27	27	28	27	27	28	28
P ₁ (2)	07.00	25	26	25	24	25	26	25	24	25	25
	12.00	27	27	27	26	27	27	27	26	26	27
	17.00	27	27	28	27	27	27	27	28	26	28
P ₁ (3)	07.00	26	26	25	25	25	25	25	26	26	26
	12.00	27	27	28	27	26	27	28	28	28	28
	17.00	27	27	28	27	27	27	28	27	27	28
P ₁ (4)	07.00	25	26	25	25	25	25	25	25	25	25
	12.00	27	27	27	27	26	27	27	26	27	27
	17.00	27	27	28	28	27	27	27	28	27	28
P ₁ (5)	07.00	24	26	25	24	25	25	25	24	24	24
	12.00	27	27	27	28	27	27	27	28	27	27
	17.00	27	27	27	28	27	27	28	27	27	27
P ₁ (6)	07.00	24	26	25	24	25	25	25	24	24	24
	12.00	28	27	28	27	27	27	27	28	28	27

	17.00	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Rerata Per hari		26	27	27	26	26	26	27	26	26	27
Rerata 10 Hari		26									

Kelompok P₂ (350 gr/6L)

Kelompok/Waktu Kontak		Hari Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₂ (1)	07.00	26	26	25	25	25	25	25	25	25	25
	12.00	27	27	26	27	26	27	28	27	27	28
	17.00	28	28	28	27	28	28	27	28	28	27
P ₂ (2)	07.00	26	26	25	26	26	26	25	26	26	26
	12.00	27	27	27	27	26	27	28	27	27	27
	17.00	27	27	28	26	27	28	27	27	28	27
P ₂ (3)	07.00	26	26	26	24	26	26	24	24	24	24
	12.00	27	27	28	27	27	27	28	28	28	28
	17.00	27	27	28	26	27	27	28	27	27	28
P ₂ (4)	07.00	25	26	25	24	26	26	25	25	25	25
	12.00	27	27	28	28	27	27	28	28	28	27
	17.00	27	28	27	27	27	27	28	27	27	28
P ₂ (5)	07.00	26	26	26	24	25	26	25	25	25	25
	12.00	27	27	27	27	27	27	27	27	27	28
	17.00	27	28	27	27	27	27	27	28	27	27
P ₂ (6)	07.00	26	26	26	24	26	25	25	26	26	26
	12.00	28	28	27	28	27	27	27	27	28	28
	17.00	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27
Rerata Per hari		26	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Rerata 10 Hari		27									

Kelompok P₃ (400 gr/6L)

Kelompok/Waktu Kontak		Hari Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₃ (1)	07.00	25	26	25	24	25	26	25	25	25	25
	12.00	27	27	28	28	27	28	27	28	28	27
	17.00	27	28	27	27	27	26	27	27	27	26
P ₃ (2)	07.00	25	26	25	24	26	26	25	25	25	25
	12.00	27	27	28	28	27	28	27	28	28	28
	17.00	27	28	28	28	27	28	27	27	27	27
P ₃ (3)	07.00	26	26	26	25	25	25	25	25	25	25
	12.00	28	27	28	27	27	27	28	27	28	28
	17.00	27	28	27	28	27	28	28	27	27	27
P ₃ (4)	07.00	25	27	25	24	25	25	26	25	25	25
	12.00	28	28	27	27	27	27	28	28	28	28
	17.00	27	28	27	27	27	28	28	27	27	27
P ₃ (5)	07.00	25	26	25	24	26	25	25	25	26	26
	12.00	27	27	27	27	27	27	28	27	27	27
	17.00	27	28	28	28	27	27	28	27	27	28

P ₃ (6)	07.00	25	25	25	24	25	25	25	24	25	25
	12.00	28	28	27	27	27	27	28	28	28	28
	17.00	27	28	28	28	27	28	28	27	27	27
Rerata Per hari		26	27	27	27	26	27	27	27	27	27
Rerata 10 Hari		27									



LAMPIRAN D – Dokumentasi Penelitian



Pengambilan Limbah Cair Batik



Homogenisasi Limbah Cair Batik



Lokasi Pengambilan Kayu Apu



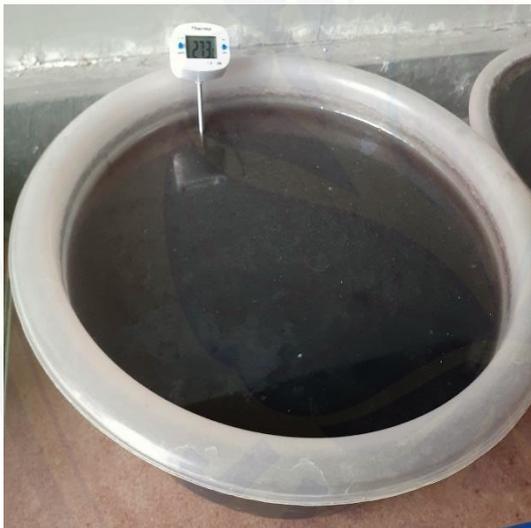
Pemilihan Tanaman Kayu Apu



Aklimatisasi Kayu Apu



Kelompok Kontrol dan Perlakuan



Pengukuran Suhu



Pengukuran pH



Aquadest



Penimbangan Kayu Apu



Pengiriman Sampel Limbah Cair

