



**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**

Oleh :

**Rizqi Muthoharoh**  
**NIM 142110101191**

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

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk  
menyelesaikan program pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat pada Fakultas  
Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Oleh :

**Rizqi Muthoharoh**  
**NIM 142110101191**

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

## PERSEMBAHAN

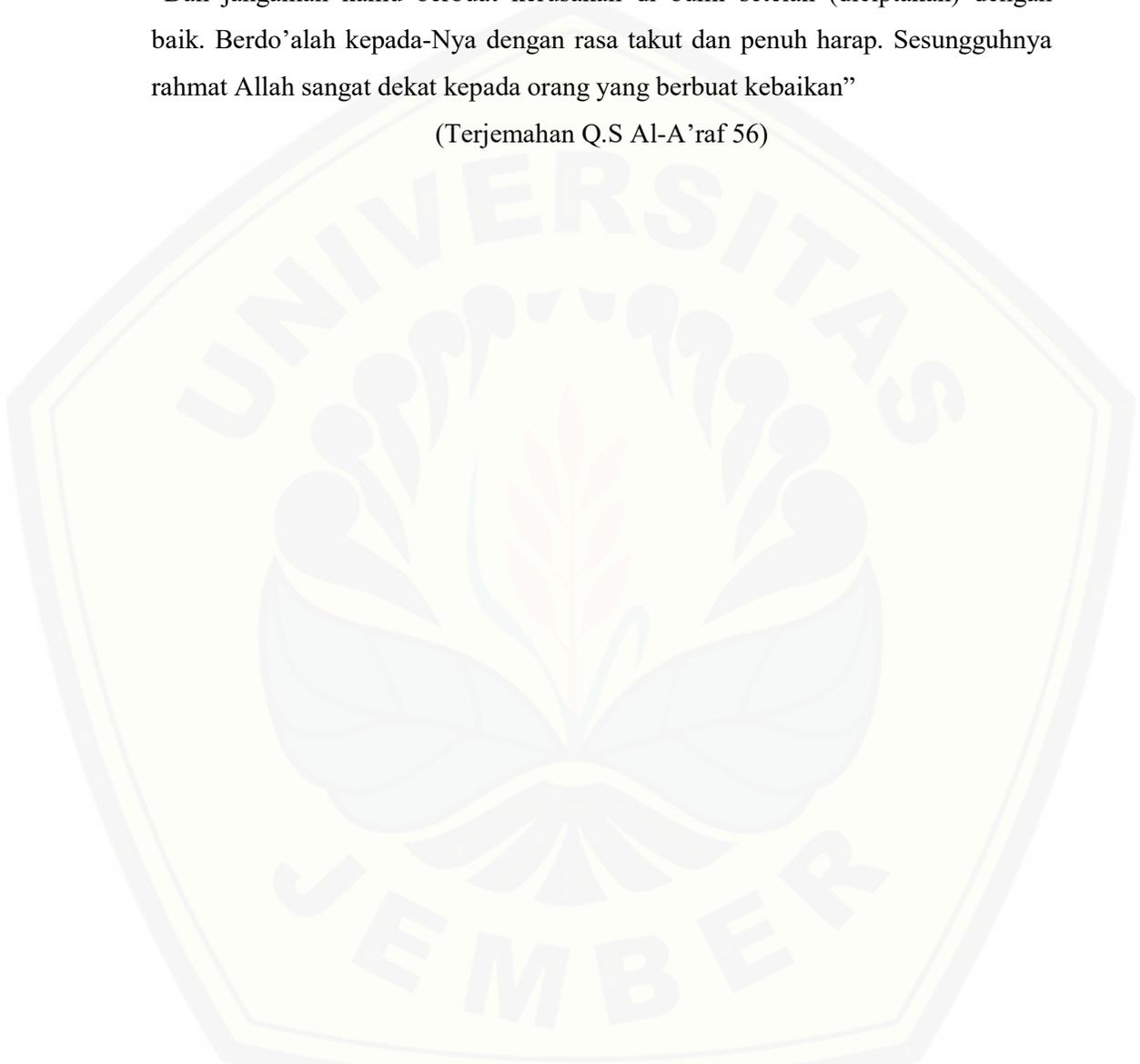
Dengan rasa syukur kepada Allah SWT, kerendahan hati dan sepenuh jiwa, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Orang tua tercinta. Terima kasih atas segala dukungan, nasehat, curahan keringat serta doa yang tidak pernah berhenti mengiringi setiap langkah kehidupan anak-anaknya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, kebahagiaan dan kemudahan rezeki. Guru-guru semenjak TK sampai Perguruan Tinggi
2. Para guru dan tauladan ilmu
3. Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

**MOTTO**

“Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdo’alah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan”

(Terjemahan Q.S Al-A’raf 56)



---

Departemen Agama Republik Indonesia. 2016. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Al Hidayah Surabaya.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama: Rizqi Muthoharoh

NIM : 142110101191

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: *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)* 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 sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 September 2018

Yang menyatakan,

Rizqi Muthoharoh

NIM. 142110101191

**SKRIPSI**

**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)

Oleh

**Rizqi Muthoharoh**  
**NIM 142110101191**

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama  
Dosen Pembimbing Anggota

: Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes  
: Ellyke, S.KM., M.KL.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *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)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada :

Hari : Senin  
Tanggal : 17 September 2018  
Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Pembimbing		Tanda Tangan
DPU	: Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes NIP. 197509142008121002	(.....)
DPA	: Ellyke, S.KM., M.KL. NIP. 198104292006042002	(.....)
Penguji		
Ketua	: Andrei Ramani, S.KM., M.Kes NIP. 198008252006041005	(.....)
Sekretaris	: Prehatin T.N., S.KM., M.Kes NIP. 198505152010122003	(.....)
Anggota	: Erwan Widiyatmoko, S.T. NIP. 197802052000121003	(.....)

Mengesahkan  
Dekan,

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

## PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah S.W.T. yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusunan skripsi dapat diselesaikan dengan baik yang berjudul, “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)”. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu tahap untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Bapak Dr. Isa Ma'rufi selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja serta selaku dosen pembimbing utama, serta ibu Ellyke, S.KM., M.KL selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga juga perhatian dalam memberikan bimbingan skripsi sehingga skripsi ini dapat disusun dengan baik. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua, Ibu Sulimah dan Bapak Mathoha, terimakasih atas setiap doa yang dipanjatkan, perhatian dan motivasi yang selalu diberikan. Terimakasih pula untuk kakakku Novan Dekco Agsya dan adikku Ananda Muakhiroh yang selalu mensupport apa yang saya lakukan;
2. Mbah Sukat, Bulek lik, Bulek Mut, Bulek Munif, Pak lek Dimjati, Pak lek Parni, Pak lek Rofi, Adik Ana, Nur, Vian, Haris, Aya, dan Rijal di Trenggalek yang telah sabar membimbing saya, mengajarkan tentang kehidupan, dan kemandirian;
3. Ustadz-ustadzah saya Abah, Ibu, Mbak Biddah, Pak Gigih, Ustadz Neman, Bu Dewi Rohmah, dan Mbak Riska yang telah mengajarkan ilmu agama kepada saya dan sharing kehidupan;

4. Guru-guruku mulai TK sampai Perguruan Tinggi, terimakasih atas ilmu yang telah diberikan, nasehat serta bimbingan yang mampu mengantarkan saya dalam sampai titik ini;
  5. Sahabat-sahabatku Sri Purwandari, Innani Durrotul Ummah, Mega Elang, Herwin Pudhi R., Siti Ning Fatimatus Zahroh, A'yun Hafisyah W., Galuh D.P.P., Niaputri Nilam S., Nurlailiyah, Fifian Lula, Mega W., yang selalu memberikan semangat, dan menemani disaat senang maupun sedih serta kelompok 03 PBL, teman-teman magang di PT. PAL Surabaya, teman-teman peminatan Kesling 2014, teman-teman angkatan 2014 dan seluruh civitas akademika FKM UNEJ yang telah mensupport dan membantu dalam kehidupan perkuliahan;
  6. Keluargaku UKMKI Ash Shihah Putri A.P., Puji D.N., Rosyid, Basith, Adipur, Fikri, Ikli, Barika, Najihatus, Ambar, Belinda, Nanda, teta dan tidak dapat disebutkan satu persatu yang terus memberikan kenyamanan dan tempat berbagi satu sama lain;
  7. Almamaterku tercinta Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
  8. Dan kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu;
- Penulis juga akan terbuka terhadap segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, tiada suatu usaha yang besar akan berhasil tanpa dimulai dari usaha yang kecil. Semoga skripsi ini bermanfaat, terutama bagi seluruh civitas akademika di lingkungan Universitas Jember. Semoga skripsi ini dapat menjadi media untuk menambah wawasan dan pengetahuan dalam dunia ilmu pengetahuan dan teknologi

Jember, 17 September 2018

Penulis

## RINGKASAN

**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); Rizqi Muthoharoh; 142110101191; 2018; 84 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember.**

Kegiatan industri merupakan salah satu unsur penting dalam meningkatkan taraf hidup bangsa Indonesia. Di Indonesia diperkirakan jumlah UKM (Usaha Kecil dan Menengah) akan terus meningkat pada tahun-tahun mendatang. Salah satu UKM di Indonesia adalah industri batik. Industri batik termasuk dalam industri tekstil yang banyak menggunakan air dalam proses produksinya, sehingga menghasilkan limbah cair sebanyak 80% dari jumlah air yang digunakan dalam pembatikan. Pada limbah cair batik terdapat kandungan logam yang dapat mencemari lingkungan yakni logam kromium (Cr). Sumber logam berat kromium (Cr) dapat berasal dari zat mordan yaitu merupakan pengikat zat warna yang meliputi  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{PbCr}_4^-$ . Logam kromium (Cr) adalah bahan kimia yang bersifat persisten, bioakumulatif, dan toksik yang tinggi serta tidak mampu terurai di dalam lingkungan dan akhirnya diakumulasi di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan.

Logam kromium (Cr) dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan kronis. Kadar kromium total (Cr) pada UD. Pakemsari pada tahun 2016 sebesar 8,1 mg/L. Hal ini telah melebihi Baku Mutu Air Limbah menurut Peraturan Gubernur Jawa No.52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya yaitu 1 mg/l. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair batik dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman semanggi (*Marsilea crenata*). Semanggi merupakan salah satu tanaman air yang bisa mengakumulasi logam berat dengan cara menyimpan pada bagian organ tertentu pada tanaman tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis

perbedaan kadar kromium total (Cr) pada limbah cair batik yang telah diencerkan dan tidak dikontakkan dengan tanaman semanggi sebagai kelompok kontrol (K) dengan limbah cair batik yang telah diencerkan dan dikontakkan dengan tanaman semanggi sebagai kelompok perlakuan (X).

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental dan desain penelitian *True Experimental* dengan bentuk *Posttest Only Control Group Design*. Pada penelitian ini terdapat 20 sampel yang terbagi dalam 4 kelompok yaitu kelompok kontrol (K) merupakan limbah cair batik yang diencerkan tanpa pengontakan dengan tanaman semanggi, kelompok kedua yaitu limbah cair batik yang diencerkan dan dikontakkan pada tanaman semanggi dengan berat tanaman 300 gr/6l ( $X_1$ ), kelompok ketiga yaitu limbah cair batik yang diencerkan dan dikontakkan pada tanaman semanggi dengan berat tanaman 350 gr/6l ( $X_2$ ), kelompok keempat yaitu limbah cair batik yang diencerkan dan dikontakkan pada tanaman semanggi dengan berat tanaman 400 gr/6l ( $X_3$ ). Masing-masing dilakukan selama 7 hari kemudian kadar kromium total (Cr) diperiksa menggunakan Spektro Pharo 100.

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan kadar kromium total (Cr) pada kelompok kontrol (K) sebesar 0,55 mg/l, kelompok perlakuan pertama ( $X_1$ ) sebesar 0,192 mg/l, kelompok perlakuan kedua ( $X_2$ ) sebesar 0,168 mg/l, dan kelompok perlakuan ketiga ( $X_3$ ) sebesar 0,2 mg/l. Selanjutnya dilakukan uji normalitas kemudian dilakukan uji *kruskal wallis* untuk mengetahui adanya perbedaan signifikan secara statistik antar kelompok. Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan sebesar 0,005 dengan interval kepercayaan 95%. Terdapat perbedaan yang signifikan antara K dengan  $X_1$ , K dengan  $X_2$ , K dengan  $X_3$ , dan  $X_2$  dengan  $X_3$  yakni dengan nilai signifikansi masing-masing 0,009, 0,008, 0,009, dan 0,043 dimana nilai tersebut lebih kecil dari 0,05. Sedangkan  $X_1$  dengan  $X_2$ , dan  $X_1$  dengan  $X_3$  tidak memiliki perbedaan yang signifikan yakni masing-masing memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Sehingga penggunaan tanaman semanggi dapat menurunkan logam kromium total (Cr) pada limbah cair batik.

## SUMMARY

**Utilization of Clover Plants (*Marsilea crenata*) as Total Chromium Metal Phytoremediator (Cr) on Batik Liquid Waste (Case Study in Batik Industry INC. Pakemsari Sumberpakem village, Sumberjambe, Jember District); Rizqi Muthoharoh; 142110101191; 2018; 84 pages; Departement of Environmental Health and Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, University of Jember.**

Industrial activity is one important element in improving the living standard of Indonesia. In Indonesia it is estimated that the number of SME (Small and Medium Enterprises) will increase in next few years. One of SME in Indonesia is batik industry. Batik industry belongs to textile industry that uses a lot of water in the production process, so it produces liquid waste as much 80% of the amount water used in the production process. In batik liquid waste, there is a kind of metal that can pollute the environment, that is chromium (Cr). The source of heavy metal chromium (Cr) can be derived from mordantic substances, that are dye binders which include  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$  and  $\text{PbCr}_4^-$ . Chromium (Cr) is highly persistent, bioaccumulative, and toxic chemical that is not able to decompose naturally in the environment and accumulated in the human body through the food chain.

Chromium (Cr) metal can lead to acute and chronic poisoning. Total chromium content (Cr) at UD. Pakemsari in 2016 reached 8.1 mg/l. This has exceeded the Minimum Quality Standard of Wastewater according to the East Java Governor's Regulation number 52 of 2014 about Industrial Waste Quality and / or Other Business Activity of 1 mg/l. One of alternative treatment of liquid waste of batik industry is using phytoremediation method using clover plant (*Marsilea crenata*). Clover is one of the water plants that can accumulate heavy metals by storing it on certain organs on the plant. The purpose of this study was to analyze the differences of total chromium (Cr) content in batik liquid waste which has been diluted and has not interfered with clover plants as a control group

(K) with batik liquid waste which has been deluted and contacted with clover plants as a treatment group (X).

The type of this research was experimental and true experimental research design in the form of Posttest Only Control Group Design. In this research, there were 20 samples, which was divided into 4 groups: control group (K) was diluted batik liquid waste without interference with clover plant, the second group was diluted batik liquid waste which has been contacted on clover plant weighing 300 gram/6l ( $X_1$ ), the third group was diluted batik liquid waste which has been contacted on clover plant weighing 350 gram/6l ( $X_2$ ), fourth group was diluted batik liquid waste which has been contacted on clover plant weighing 400 grams/6l ( $X_3$ ). Each group was performed for 7 days then total chromium content (Cr) was examined using Spectro Pharo 100.

The results showed that total chromium (Cr) in the control group (K) was 0.55 mg/l, the first treatment group ( $X_1$ ) was 0.192 mg/l, the second treatment group ( $X_2$ ) was 0.168 mg/l, and third treatment group ( $X_3$ ) of 0.2 mg/l. After that, the normality test was performed than it tested using *kruskal wallis* test to determine the statistically significant differences between each groups. The results showed that there were significant differences of 0.005 with a 95% confidence interval. There were significant differences between K with  $X_1$ , K with  $X_2$ , K with  $X_3$ , and  $X_2$  with  $X_3$ , with significance value of 0.009, 0.008, 0.009, and 0.043 respectively, where the value was less than 0.05. While  $X_1$  with  $X_2$ , and  $X_1$  with  $X_3$  have no significant difference, each has a significance value greater than 0.05. In conclusion, the use of clover plants can reduce total chromium metal (Cr) in batik liquid waste.

DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>SKRIPSI</b> .....	v
<b>PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>PRAKATA</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>SUMMARY</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xix
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xxi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	5
<b>1.3 Tujuan</b> .....	5
1.3.1 Tujuan Umum .....	5
1.3.2 Tujuan Khusus .....	5
<b>1.4 Manfaat</b> .....	6
1.4.1 Manfaat Teoritis .....	6
1.4.2 Manfaat Praktis .....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
<b>2.1 Limbah</b> .....	7
2.1.1 Pengertian Limbah .....	7
2.1.2 Limbah Cair .....	7
2.1.3 Karakteristik Limbah Cair Industri .....	7
<b>2.2 Batik</b> .....	11
2.2.1 Pengertian Batik .....	11
2.2.2 Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Membatik .....	11
2.2.3 Tahap-Tahap Membatik .....	12
2.2.4 Karakteristik Limbah Cair Batik .....	14
<b>2.3 Kromium</b> .....	15
2.3.1 Pengertian Kromium (Cr).....	15
2.3.2 Sifat Kromium.....	16

2.3.3 Penggunaan Kromium .....	16
2.3.4 Kromium di Lingkungan .....	18
2.3.5 Efek Toksik Kromium .....	19
<b>2.4 Fitoremediasi.....</b>	<b>21</b>
2.4.1 Teknik Fitoremediasi.....	21
2.4.2 Perlakuan terhadap Tanaman untuk Fitoremediasi .....	24
2.4.3 Keterbatasan Fitoremediasi.....	25
<b>2.5 Tanaman Air .....</b>	<b>25</b>
2.5.1 Semanggi ( <i>Marsilea crenata</i> ) .....	26
2.5.2 Semanggi ( <i>Marsilea crenata</i> ) sebagai Tanaman Fitoremediasi .	28
<b>2.6 Kerangka Teori.....</b>	<b>30</b>
<b>2.7 Kerangka Konsep .....</b>	<b>31</b>
<b>2.8 Hipotesis Penelitian.....</b>	<b>32</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Jenis Penelitian.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>35</b>
3.2.1 Tempat Penelitian.....	35
3.2.2 Waktu Penelitian .....	36
<b>3.3 Objek dan Sampel Penelitian .....</b>	<b>36</b>
3.3.1 Objek Penelitian .....	36
3.3.2 Sampel Penelitian.....	36
3.3.3 Teknik Pengambilan Sampel .....	37
<b>3.4 Variabel dan Definisi Operasional .....</b>	<b>38</b>
3.4.1 Variabel Penelitian .....	38
3.4.2 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional.....	38
<b>3.5 Alat dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>39</b>
3.5.1 Alat Penelitian.....	39
3.5.2 Alat Uji Kromium .....	39
3.5.3 Bahan Penelitian.....	40
<b>3.6 Prosedur Penelitian.....</b>	<b>40</b>
<b>3.7 Data dan Sumber Data .....</b>	<b>42</b>
3.7.1 Data Primer .....	42
3.7.2 Data Sekunder.....	43
<b>3.8 Teknik Instrumen Pengumpulan Data.....</b>	<b>43</b>
<b>3.9 Teknik Penyajian dan Analisis Data .....</b>	<b>43</b>
<b>3.10 Prosedur Kerja Penelitian .....</b>	<b>46</b>
<b>3.11 Kerangka Alur Penelitian.....</b>	<b>47</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Hasil Penelitian .....</b>	<b>48</b>

4.1.1 Kadar Kromium Total (Cr) pada Kelompok yang Tidak Diberi Tanaman Semanggi (K).....	49
4.1.2 Kadar Kromium Total (Cr) pada Kelompok yang Diberi Tanaman Semanggi ( $X_1$ , $X_2$ , dan $X_3$ ).....	50
4.1.3 Hasil Uji Statistik Pemberian Tanaman Semanggi terhadap Penurunan Kadar Kromium Total (Cr) pada Limbah Cair Batik	56
<b>4.2 Pembahasan .....</b>	<b>60</b>
4.2.1 Kadar Kromium total (Cr) pada Kelompok yang Tidak Diberi Tanaman Semanggi (K).....	60
4.2.2 Kadar Kromium total (Cr) pada Kelompok yang Diberi Tanaman Semanggi ( $X_1$ , $X_2$ , dan $X_3$ ).....	61
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>69</b>
5.1 Kesimpulan .....	69
5.2 Saran .....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>71</b>

**DAFTAR TABEL**

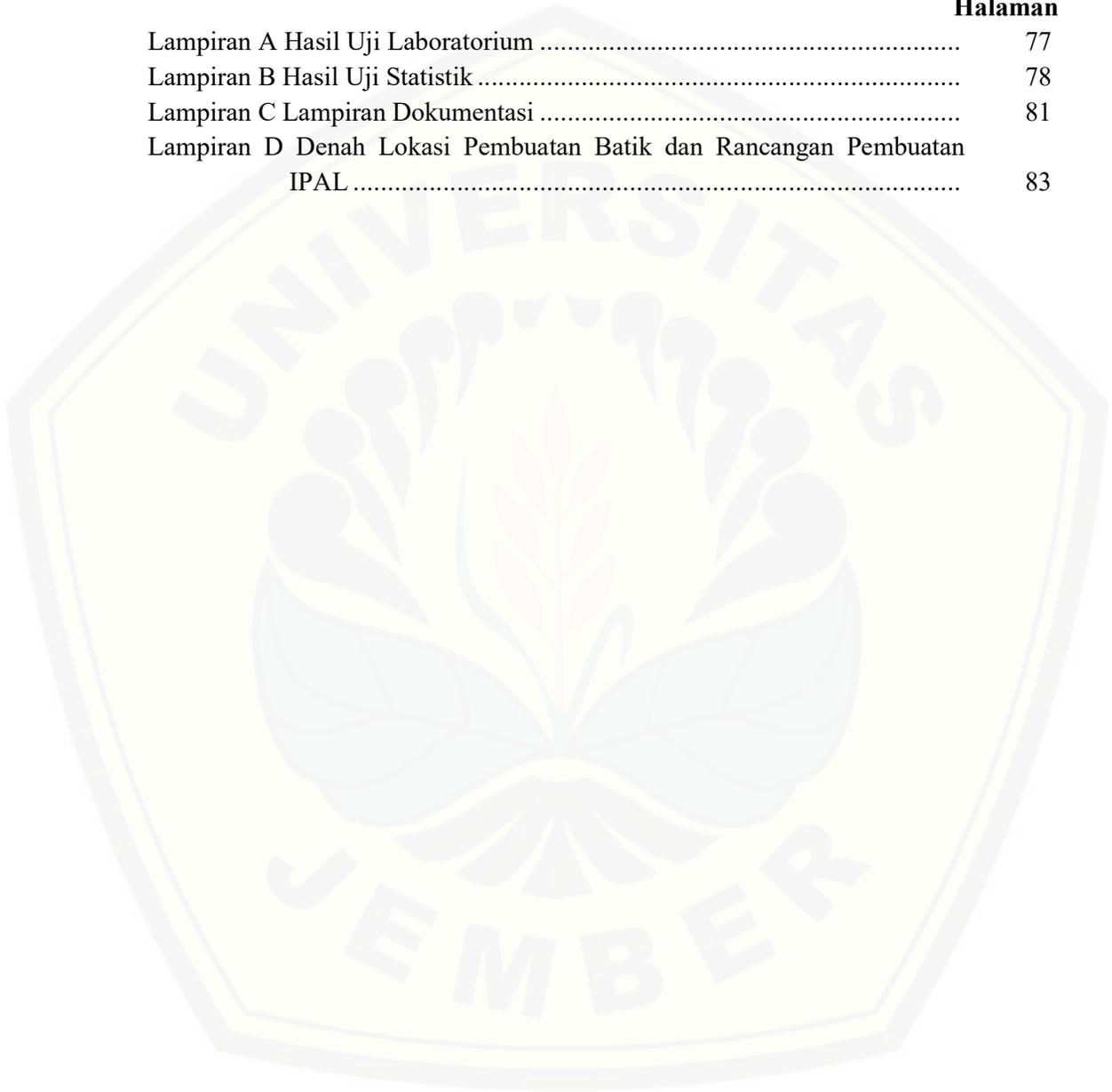
	<b>Halaman</b>
2. 1 Hubungan Antara Sumber dan Karakteristik.....	8
2. 2 Karakteristik Limbah Cair Industri Batik.....	15
2. 3 Hasil pengukuran dimensi daun dan tangkai semanggi .....	27
3. 1 Tata Letak RAL Penelitian.....	35
3. 2 Definisi operasional .....	38
4. 1 Hasil Uji Beda Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan .....	57

DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
2. 1 Menggambar motif kain .....	12
2. 2 Mencanting .....	13
2. 3 Mewarnai kain dengan teknik celup .....	13
2. 4 Mewarnai kain dengan teknik colet .....	13
2. 5 Menghilangkan malam/lilin.....	14
2. 6 Perlakuan pascapanen tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi.....	25
2. 7 Tanaman Semanggi ( <i>Marsilea crenata</i> ).....	26
2. 8 Penampang melintang semanggi .....	28
2. 9 Kerangka Teori .....	30
2. 10 Kerangka Konsep.....	31
3. 1 Rancangan Penelitian .....	34
3. 2 Denah pembuangan limbah .....	37
3. 3 Ilustrasi aklimatisasi tanaman semanggi .....	40
3. 4 Ilustrasi bak penanaman semanggi .....	42
3. 5 Prosedur kerja penelitian .....	46
3. 6 Kerangka alur penelitian .....	47
4. 1 Kadar Kromium Total (Cr) pada Kelompok Kontrol Tanpa Penambahan Tanaman Semanggi (K) .....	50
4.2 Kadar Kromium Total (Cr) pada Kelompok Perlakuan dengan Penambahan Tanaman Semanggi dengan berat 300 gr/6l ( $X_1$ ).....	51
4.3 Kadar Kromium Total (Cr) pada Kelompok Perlakuan dengan Penambahan Tanaman Semanggi dengan berat 350 gr/6l ( $X_2$ ).....	52
4.4 Kadar Kromium Total (Cr) pada Kelompok Perlakuan dengan Penambahan Tanaman Semanggi dengan berat 400 gr/6l ( $X_3$ ).....	54
4.5 Rerata Penurunan Kadar Kromium Total (Cr) pada Setiap Perlakuan .....	55

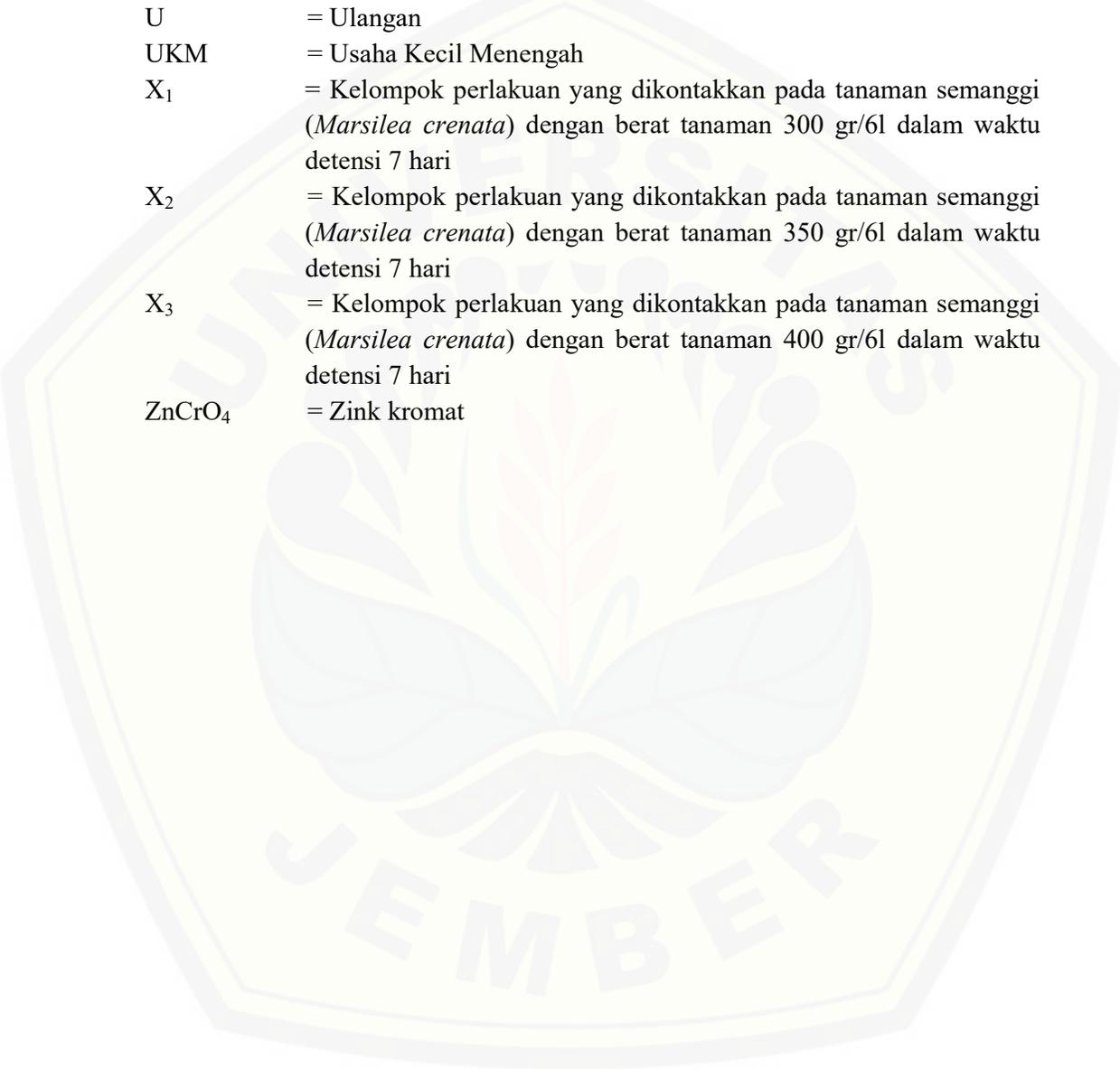
**DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
Lampiran A Hasil Uji Laboratorium .....	77
Lampiran B Hasil Uji Statistik .....	78
Lampiran C Lampiran Dokumentasi .....	81
Lampiran D Denah Lokasi Pembuatan Batik dan Rancangan Pembuatan IPAL .....	83



DAFTAR SINGKATAN

AAS	= <i>Atomic Absorption Spectrophotometri</i>
AMDAL	= Analisis Mengenai Dampak Lingkungan
B3	= Bahan Berbahaya dan Beracun
BML	= Baku Mutu Lingkungan
BOD	= <i>Biochemical Oxygen Demand</i>
C	= Karbon
Cd	= Kadmium
Cm	= Sentimeter
CO <sub>2</sub>	= Karbon Dioksida
COD	= <i>Chemical Oxygen Demand</i>
Cr	= Kromium
Cr (III)	= Kromium trivalen
Cr (VI)	= Kromium heksavalen
Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	= Kromium (II) nitrat
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= Kromium oksida
Cr <sup>6+</sup>	= Kromium heksavalen
CrCl <sub>2</sub>	= Kromium (II) klorida
EPA	= <i>Environmental Protection Agency</i>
Fe	= Besi
FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	= Kromit
gr	= gram
HCl	= Asam klorida
Hg	= Merkuri
IPAL	= Instalasi Pengolahan Air Limbah
K	= Kelompok Kontrol
LC50	= Lethal Concentration 50
mg/l	= Miligram per Liter
ml	= miligram
Mn	= Mangan
Na	= Natrium
Ni	= Nikel
O <sub>0,1,2,3,4</sub>	= Observasi
P	= Populasi
Pb	= Timbal
PbCr <sub>4</sub> <sup>-</sup>	= Timbal (II) kromat
pH	= <i>Potential of Hydrogen</i>
R	= Random



RAL	= Rancangan Acak Lengkap
S	= Sulfur
Se	= Selenium
Si	= Silikon
TSS	= <i>Total Suspended Solid</i>
U	= Ulangan
UKM	= Usaha Kecil Menengah
X <sub>1</sub>	= Kelompok perlakuan yang dikontakkan pada tanaman semanggi ( <i>Marsilea crenata</i> ) dengan berat tanaman 300 gr/6l dalam waktu detensi 7 hari
X <sub>2</sub>	= Kelompok perlakuan yang dikontakkan pada tanaman semanggi ( <i>Marsilea crenata</i> ) dengan berat tanaman 350 gr/6l dalam waktu detensi 7 hari
X <sub>3</sub>	= Kelompok perlakuan yang dikontakkan pada tanaman semanggi ( <i>Marsilea crenata</i> ) dengan berat tanaman 400 gr/6l dalam waktu detensi 7 hari
ZnCrO <sub>4</sub>	= Zink kromat

**DAFTAR NOTASI**

%	= Persen
(	= Buka kurung
)	= Tutup kurung
/	= Garis miring
<	= Kurang dari
>	= Lebih dari



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kegiatan industri merupakan salah satu unsur penting dalam menunjang pembangunan guna meningkatkan pertumbuhan ekonomi yang diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup bangsa Indonesia. Adanya suatu kegiatan industri dapat memberikan dampak baik positif maupun negatif. Dampak positif dari kegiatan industri adalah menghasilkan barang dan jasa, meningkatkan lapangan kerja yang pada akhirnya dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Namun dengan adanya kegiatan industri juga memberikan beberapa dampak negatif yakni menghasilkan limbah, pencemaran lingkungan, dapat menimbulkan kerusakan sumber daya alam sehingga menurunkan kualitas hidup karena lingkungan hidup menjadi kotor dan tercemar (Supraptini, 2002:10). Salah satu bentuk pencemaran yaitu pencemaran yang ditimbulkan oleh bahan-bahan kimia yang beracun. Bahan-bahan kimia tersebut dapat berupa berbagai macam unsur. Dari sekian banyak unsur bahan kimia, terdapat beberapa unsur yang cukup berbahaya, yaitu unsur yang dikenal dengan logam berat (Ariyanto dan Widijanto, 2008:31)

Berdasarkan jumlah karyawan yang dipekerjakan industri dapat dibedakan menjadi tiga macam yakni industri besar, industri sedang dan industri kecil. Industri besar mempekerjakan lebih dari 100 orang, industri sedang mempekerjakan 20-100 orang, sedangkan industri kecil mempekerjakan 5-19 orang (Biro Pusat Statistik dalam Kimbal, 2015:40). Di Indonesia, jumlah Usaha Kecil dan Menengah (UKM) lebih banyak daripada jumlah perusahaan menengah dan besar. Menurut data terakhir dari Kementerian Koperasi dan UKM Indonesia, pada tahun 2016 ada 57 juta UKM dan diperkirakan jumlah ini akan terus bertambah di tahun-tahun mendatang. Pada tahun 2015, jumlah UKM di Indonesia adalah 48,9 juta, atau 99,98 persen dari total unit bisnis, mempekerjakan 85,4 juta pekerja. Produk UKM yang diekspor ke luar negeri telah meningkat dari Rp 110,3 triliun pada 2014 menjadi Rp 122,2 triliun pada 2015 (Setyanti dan Farida, 2016:209). Industri batik merupakan salah satu UKM

di Indonesia. Di Kabupaten Jember, terdapat 8 industri batik (Dinas Perindustrian dan Perdagangan, 2017). UD. Pakemsari merupakan penghasil batik khas Jember yang berada di Desa Sumberpakem, Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember dan telah berdiri sejak tahun 1935. Industri batik tersebut memiliki 25 pekerja dan setiap hari mampu menghasilkan batik sebanyak 30 potong, namun apabila terdapat pesanan mampu menghasilkan 500 potong.

Proses pembuatan batik pada prinsipnya dilakukan melalui beberapa tahapan meliputi penyiapan bahan kain (mori), penggambaran motif batik, pembatikan, pencelupan, pengeringan dan pengemasan hingga produk batik siap dipasarkan (Sarwoko dan Darmanto, 2016:259). Industri batik termasuk dalam industri tekstil yang banyak menggunakan air dalam proses produksinya, sehingga menghasilkan limbah cair sebanyak 80% dari jumlah air yang digunakan dalam pembatikan (Hernayanti dan Proklamasiningsih, 2004:165). Setelah proses pewarnaan/pencelupan selesai, akan dihasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat. Biasanya warna air limbah tergantung pada zat warna yang digunakan. Limbah air yang berwarna-warni ini yang menyebabkan masalah terhadap lingkungan. Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil pada umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan. Pada limbah cair batik terdapat kandungan logam yang dapat mencemari lingkungan yakni logam kromium (Cr) (Suprihatin, 2014:130-131). Permana *et al.*, (2013:1-12) menyatakan bahwa ada beberapa zat warna yang digunakan dalam industri batik yakni Grey Lanaset G, naftol, indigosol, prosion serta rapid yang mengandung kromium. Suharty dalam Murniati, *et al.*, (2015:77-83) juga menyatakan bahwa sumber logam berat kromium (Cr) dapat berasal dari zat mordant yaitu merupakan pengikat zat warna yang meliputi  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{PbCr}_4^-$ .

Logam kromium (Cr) adalah bahan kimia yang bersifat persisten, bioakumulatif, dan toksik yang tinggi serta tidak mampu terurai di dalam lingkungan dan akhirnya diakumulasi di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Sebagai logam berat, kromium (Cr) termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki kromium (Cr) ditentukan oleh valensi

ionnya. Cr (VI) lebih toksik dibandingkan Cr (III). Sifat racun yang dibawa oleh logam kromium (Cr) dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan kronis (Palar, 2004:139). Keracunan tubuh manusia terhadap kromium (Cr), dapat berakibat buruk terhadap saluran pernafasan, kulit, pembuluh darah dan ginjal. Efek yang ditimbulkan oleh kromium (Cr) terhadap sistem saluran pernafasan (*Respiratory sistem effects*) berupa kanker paru dan ulkus kronis/ perforasi pada septum nasal. Pada kulit (*Skin effects*), berupa ulkus kronis pada permukaan kulit. Pada pembuluh darah (*Vascular effects*), berupa penebalan oleh plak pada pembuluh aorta (*Atherosclerotic aortic plaque*), sedangkan pada ginjal (*Kidney effects*), kelainan berupa nekrosis tubulus ginjal (Sudarmaji *et al.*, 2006:140).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan oleh Baryatik (2016) kadar kromium total pada 1 bak sisa proses pencelupan/pewarnaan di industri batik UD. Pakemsari sebesar 8,1 mg/L. Hal ini telah melebihi Baku Mutu Air Limbah menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No.52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya yaitu 1 mg/l. Industri tersebut juga memiliki sistem pengolahan limbah dengan cara langsung dibuang ke sungai. Pembuangan limbah cair langsung ke lingkungan akan sangat membahayakan karena kemungkinan adanya bahan-bahan berbahaya dan beracun ataupun kandungan limbah yang tidak mampu dicerna oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan (Hidayat, 2016:1). Air sungai di sekitar industri batik UD. Pakemsari digunakan oleh warga sekitar untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti mencuci pakaian dan irigasi sawah. Oleh karena itu, perlu adanya suatu upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut.

Pencemaran logam berat seperti kromium (Cr) perlu ditanggulangi demi mengurangi toksisitas terhadap manusia. Permasalahan pencemaran air limbah yang mengandung logam berat dapat diatasi dengan menggunakan teknologi fitoremediasi. Teknik fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan zat pencemar dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman (US Environmental Protection Agency, 2000). Viobeth (2013) mengemukakan konsep pengolahan air limbah menggunakan

media tanaman telah lama dikenal oleh manusia, bahkan digunakan juga untuk mengolah limbah berbahaya (B3) atau untuk limbah radioaktif.

Semanggi merupakan salah satu tanaman air yang bisa mengakumulasi logam berat dengan cara menyimpan pada bagian organ tertentu pada tanaman tersebut. Penyerapan logam berat oleh tumbuhan pada lingkungan dibagi menjadi 3 proses, yaitu penyerapan logam berat melalui akar tanaman kemudian ditranslokasi menuju bagian lain tanaman dan dilokalisasi pada bagian sel tertentu dari tanaman. Logam berat pada lingkungan masuk melalui akar tanaman bersamaan dengan masuknya hara dan mineral (Priyanto & Prayitno, 2003).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hidayati *et al.*, (2017: 16-22) tanaman semanggi dapat menyerap logam kadmium (Cd) pada perlakuan kombinasi media tanam 30% lumpur Lapindo dan 70% tanah alfisol dengan waktu detensi selama 20 hari. Terjadi peningkatan kadar kadmium (Cd) (ppm) pada akar semanggi dengan kadar awal kadmium (Cd) sebesar 0,012 ppm menjadi 0,063 ppm. Penurunan logam berat pada kombinasi media lumpur lapindo dan tanah alfisol tersebut dapat menurunkan 70% kadar kadmium (Cd). Penelitian lain yang dilakukan oleh Murdhiani *et al.*, (2011:1-7) mengenai penurunan logam berat timbal (Pb) pada kolam biofiltrasi air irigasi dengan menggunakan tanaman air (*Aquatic Plant*) menyatakan bahwa tanaman semanggi dapat menurunkan konsentrasi logam berat timbal (Pb) hingga 87%. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) sebanyak 300 gram, 350 gram dan 400 gram dengan waktu detensi 7 hari untuk menurunkan kadar logam kromium total (Cr) pada limbah cair batik. Limbah cair batik tersebut diencerkan dengan perbandingan 1 : 5, yakni 1 liter limbah cair batik diencerkan dengan 5 liter air aquades. Wadah yang digunakan dalam pengontakan limbah cair batik yang telah diencerkan dengan tanaman tersebut adalah wadah dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 35 cm, tinggi 6 cm, dan volume 10,5 liter.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah “Apakah terdapat perbedaan kadar kromium (Cr) antara limbah cair batik yang tidak dikontakkan dengan tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dengan limbah cair batik yang dikontakkan dengan tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) 300gr/6l, 350gr/6l, dan 400gr/6l selama 7 hari?”

## 1.3 Tujuan

### 1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian yang akan dilakukan adalah menganalisis perbedaan kadar logam kromium (Cr) dalam limbah cair batik antara limbah cair batik yang tidak dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dan limbah cair batik yang dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*).

### 1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui kadar kromium total (Cr) dalam limbah cair batik tanpa dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dengan waktu detensi 7 hari sebagai kelompok kontrol.
- b. Mengetahui kadar kromium total (Cr) pada limbah cair batik yang dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dengan berat 300 gr/6l dalam waktu detensi 7 hari.
- c. Mengetahui kadar kromium total (Cr) pada limbah cair batik yang dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dengan berat 350 gr/6l dalam waktu detensi 7 hari.
- d. Mengetahui kadar kromium total (Cr) pada limbah cair batik yang dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dengan berat 400 gr/6l dalam waktu detensi 7 hari.

- e. Menganalisis perbedaan kadar kromium total (Cr) pada kelompok kontrol dengan limbah cair batik yang dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dengan berat tanaman 300 gr/6l, 350 gr/6l, dan 400 gr/6l dalam waktu detensi 7 hari.

#### 1.4 Manfaat

##### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah dan mengembangkan khasanah ilmu pengetahuan dan referensi kepustakaan dalam bidang kesehatan lingkungan dengan memberikan gambaran mengenai perbedaan kadar logam kromium (Cr) dalam limbah cair batik antara limbah cair batik yang tidak dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dan limbah cair batik yang dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) sehingga dapat dijadikan bahan diskusi serta penelitian lanjutan dalam bidang tersebut.

##### 1.4.2 Manfaat Praktis

- a. Bagi Instansi Terkait

Hasil penelitian ini sebagai bahan masukan dan evaluasi bagi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember untuk mengembangkan program dan intervensi yang tepat tentang upaya pengendalian pencemaran lingkungan terutama pencemaran kromium (Cr) akibat limbah cair batik.

- b. Bagi Pemilik Industri Batik

Memberikan informasi kepada pemilik industri batik mengenai penggunaan tumbuhan semanggi yang dapat dimanfaatkan untuk menurunkan kadar kromium (Cr) pada limbah cair batik.

- c. Bagi Mahasiswa

Memberikan pengetahuan dan wawasan baru tentang penggunaan tumbuhan semanggi (*Marsilea crenata*) dengan variasi waktu sebagai tumbuhan penyerap logam kromium (Cr) dalam limbah cair batik.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Limbah

#### 2.1.1 Pengertian Limbah

Industri maupun rumah tangga (domestik) dalam melaksanakan suatu proses produksi biasanya menghasilkan zat buangan yang sering disebut sebagai limbah. Air limbah atau air buangan merupakan sisa air yang dibuang berasal dari rumah tangga, industri, ataupun tempat-tempat umum lainnya, serta pada umumnya mengandung zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia, mempengaruhi aktivitas makhluk hidup lain dan dapat merusak lingkungan hidup. Volume air sisa atau air buangan cukup besar yaitu kurang lebih 80% dari air yang digunakan bagi kegiatan-kegiatan manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Air buangan tersebut dibuang dalam bentuk yang sudah kotor (tercemar) yang akhirnya akan mengalir ke sungai dan laut dan akan digunakan oleh manusia lagi (Zulkifli, 2014:68).

#### 2.1.2 Limbah Cair

Limbah cair adalah suatu cairan yang dihasilkan dari proses produksi. Limbah tersebut umumnya akan dikumpulkan terlebih dahulu kemudian akan mengalami proses pengolahan, namun kadangkala langsung dibuang ke perairan atau lingkungan. Kegiatan membuang limbah cair langsung ke perairan atau lingkungan akan sangat membahayakan karena kemungkinan adanya bahan-bahan berbahaya dan beracun ataupun kandungan limbah yang ada tidak mampu dicerna oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan (Hidayat, 2016: 1).

#### 2.1.3 Karakteristik Limbah Cair Industri

Pada umumnya karakteristik limbah industri terbagi menjadi tiga jenis sifat, yaitu fisik, kimia, dan biologi (Tabel 2.1).

Tabel 2. 1 Hubungan Antara Sumber dan Karakteristik

Karakteristik	Sumber limbah
Fisika :	
Warna	Bahan organik buangan industri dan domestik
Bau	Penguraia limbah dan buangan industri
Padatan	Sumber air, bungan industri, dan domestik
Temperatur	Buangan domestik dan industri
Kimia :	
Organik	
Karbohidrat	Buangan industri, perdagangan dan domestik
Minyak dan lemak	Buangan industri, perdagangan dan domestik
Pestisida	Buangan hasil pertanian
Fenol	Buangan industri
Anorganik	
Alkali	Sumber air, buangan domestik, intirasi air tanah, buangan ketel
Chlorida	Sumber air, buangan domestik, pelemakan air
Logam berat	Buangan industri
Nitrogen	Limbah pertanian dan domestik
pH	Limbah industri
Phospor	Limbah industri, domestik dan alamiah
Sulfur	Limbah industri, domestik
Bahan beracun	Perdagangan, limbah industri
Biologi	
Virus	Limbah domestik

Sumber : Arief, 2016

a. Sifat fisik

Jumlah padatan terlarut, kekeruhan, bau, temperatur, daya hantar listrik, dan warna merupakan perubahan parameter fisik suatu limbah industri. Berikut merupakan penjelasan dari beberapa parameter tersebut :

1) Padatan

Padatan terdiri dari bahan padat organik maupun anorganik yang larut, mengendap, maupun suspensi. Jika bahan tersebut mengendap pada dasar air dalam jangka waktu yang lama, maka akan menimbulkan pendangkalan pada dasar badan penerima. Padatan ini juga akan mengakibatkan

tumbuhnya tanaman air tertentu dan dapat menjadi racun bagi makhluk lain. Adanya banyak padatan menunjukkan air tersebut mengandung lumpur yang banyak.

#### 2) Kekeruhan

Kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang menyebabkan pembiasan cahaya ke dalam air. Sedangkan kekeruhan membatasi pencahayaan ke dalam air. Meskipun ada pengaruh padatan terlarut atau partikel yang melayang dalam air, namun penyerapan cahaya ini dipengaruhi juga bentuk dan ukurannya. Kekeruhan ini disebabkan karena adanya bahan yang terapung dan terurainya zat tertentu seperti bahan organik, jasad renik, lumpur tanah liat, dan benda lain yang melayang ataupun terapung dan sangat halus sekali. Nilai kekeruhan air dikonversikan ke dalam ukuran  $\text{SiO}_2$  dalam satuan mg/l. Semakin keruh air, semakin tinggi daya hantar listrik dan semakin banyak pula padatannya

#### 3) Bau

Bau muncul karena adanya kegiatan mikroorganik yang menguraikan zat organik dan menghasilkan gas tertentu. Terjadinya reaksi kimia hingga menimbulkan gas juga merupakan salah satu penyebab adanya bau. Kuat tidaknya bau yang dihasilkan limbah tergantung pada jenis dan banyak gas yang ditimbulkan.

#### 4) Temperatur

Temperatur air limbah akan mempengaruhi badan penerima jika terdapat perbedaan suhu yang cukup besar. Temperatur tersebut akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia serta tata kehidupan dalam air. Perubahan suhu memperlihatkan aktivitas kimiawi biologis pada benda padat dan gas dalam air. Pada suhu yang tinggi pembusukan tersebut terjadi dan tingkat oksidasi zat organik jauh lebih besar.

#### 5) Daya hantar listrik

Merupakan kemampuan air untuk mengalirkan arus listrik. Hal tersebut dapat dilihat dari kadar padatan total dalam air dan suhu saat pengukuran. Konduktivitas arus listrik dalam mengalirkan arusnya bergantung dari

mobilitas ion kadar yang terlarut. Senyawa anorganik merupakan konduktor yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa organik. Tujuan dari pengukuran daya hantar listrik ini adalah untuk melihat keseimbangan kimiawi dalam air dan pengaruhnya terhadap kehidupan biota

6) Warna

Warna pada limbah disebabkan karena suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, selain adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat.

b. Sifat kimia

Bahan kimia yang terdapat dalam air akan menentukan sifat air baik dalam tingkat keracunan maupun bahaya yang ditimbulkannya. Secara umum sifat air dipengaruhi bahan kimia organik dan anorganik (Chandra, 2006:147):

1) Organik

- a) Bahan kimia Karbohidrat dan protein
- b) Minyak dan lemak
- c) Pestisida
- d) Fenol
- e) Zat warna dan surfaktan

2) Bahan kimia anorganik

- a) Klorida
- b) Fosfor
- c) Logam berat dan beracun
- d) Nitrogen
- e) Sulfur

3) Karakteristik biologi

- a) Virus

## 2.2 Batik

### 2.2.1 Pengertian Batik

Menurut Benny Gratha (2012:4) batik adalah kain bergambar yang dibuat dengan teknik rintang warna. Saat ini mayoritas masyarakat Indonesia mengenal dan menggunakan batik. Namun tidak semua masyarakat mengetahui tentang definisi dan makna dari batik. Batik, merupakan rangkaian kata “*mbat*” dan “*tik*”. *Mbat* dalam bahasa jawa diartikan sebagai ngembat atau melempar berkali-kali, sedangkan *tik* berasal dari kata titik. Sehingga dapat diartikan bahwa membatik adalah melempar titik berkali-kali pada kain. Bentuk titik-titik tersebut berhimpitan dan menjadi garis (Angraeni, 2017:6).

Terdapat dua jenis batik berdasarkan teknik pembuatannya yakni batik tulis dan batik cap. Batik tulis merupakan batik yang dikerjakan dengan menggunakan canting, yaitu terbuat dari tembaga dibentuk bisa menampung malam (lilin batik) dengan memiliki ujung berupa saluran/ pipa kecil untuk keluarnya malam dalam bentuk gambar awal pada permukaan kain. Sedangkan batik cap adalah batik yang dibuat dengan cara menghias kain dengan tekstur dan corak batik yang dibentuk dengan cap (alat yang terbuat dari tembaga yang dibentuk sesuai dengan gambar atau motif yang dikehendaki) (Lestari, 2012:7). Batik printing tidak dapat dikategorikan sebagai batik, karena proses pembuatannya tidak melalui teknik perintang warna. Batik print sebenarnya adalah tekstil yang menggunakan ragam hias batik (Gratha, 2017:4).

### 2.2.2 Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Membatik

Proses pembuatan batik memerlukan beberapa bahan. Berikut merupakan bahan-bahan yang digunakan dalam membatik, yakni (Gratha, 2012: 5-6):

#### a. Kain

Kain yang dapat digunakan dalam membatik adalah kain yang berasal dari serat alam seperti katun dan sutera, tanpa ada tambahan bahan sintetis. Adanya bahan sintetis pada kain mengakibatkan warna batik tidak dapat meresap ke dalam serat kain dan malam susah dihilangkan. Kain jenis

primitiva, prima, berkolin, dan belacu merupakan beberapa jenis katun yang sering digunakan untuk batik.

b. Malam

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

c. Bahan pewarna

Tidak semua jenis bahan pewarna dapat digunakan untuk pembuatan batik. Bahan pewarna yang digunakan untuk batik adalah pewarnaan dingin. Pewarna sintetis yang umum digunakan adalah jenis naftol, indigosol, remazol, dan procion. Bahan pewarna alam biasanya berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti akar mengkudu, mangga, daun indigo/nila, kayu tinggi, dan lain-lain.

### 2.2.3 Tahap-Tahap Membatik

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

a. Menggambar motif pada kain

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



Gambar 2. 1 Menggambar motif kain

(Sumber: Data primer, 2018)

b. Mencanting

Tahapan ini dilakukan dengan cara menorehkan malam cair pada kain yang sudah digambar menggunakan canting. Isi canting dengan malam cair hingga 1/3 bagian, kemudian oleskan canting (dari bagian kayu hingga cucuknya) pada pinggiran wajan untuk mencegah kelebihan malam yang menetes pada kain. Setelah pembuatan outline selesai, bagian yang kosong harus diberi *isen-isen*, berupa titik-titik (cecek) atau garis-garis (sawut). Jika proses mencanting telah selesai maka kain siap untuk diwarnai.



Gambar 2. 2 Mencanting

(Sumber: <https://masbidin.net/>)

c. Mewarnai kain

Terdapat dua cara untuk mewarnai kain yakni teknik celup dan colet (bahan pewarna langsung dikuas pada permukaan kain, seperti melukis). Teknik celup dilakukan dengan menggunakan pewarna naftol, sedangkan untuk teknik colet digunakan pewarna instant dari *lefanc & Bourgeois*.



Gambar 2. 3 Mewarnai kain  
dengan teknik celup

(Sumber: Data primer, 2018)



Gambar 2. 4 Mewarnai kain  
dengan teknik colet

(Sumber: Data primer, 2018)

d. *Melorod* (menghilangkan malam)

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



Gambar 2. 5 Menghilangkan malam/lilin  
(Sumber: Data primer, 2018)

#### 2.2.4 Karakteristik Limbah Cair Batik

Seiring dengan perkembangan, industri tekstil ini juga menimbulkan masalah yang serius bagi lingkungan, terutama masalah yang diakibatkan oleh limbah cair yang dihasilkan, seperti: BOD, COD dan padatan tersuspensi serta warna yang relatif tinggi (Suprihatin, 2014:132). Berdasarkan proses industri batik cetak, limbah cair batik cetak mempunyai karakteristik sebagai berikut yaitu (Muljadi, 2009:7-16):

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

Menurut Suprihatin (2014:135), analisa karakteristik limbah cair industri batik tersaji dalam tabel berikut:

Tabel 2. 2 Karakteristik Limbah Cair Industri Batik

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6-9	6,95	pH meter
2	TSS	mg/L	50	160,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O <sub>2</sub>	150	400,00	Refluks
4	BOD	mg/L O <sub>2</sub>	50	164,00	Winkler
5	Sulfida (Sebagai H <sub>2</sub> S)	mg/L H <sub>2</sub> S	0,3	0,01	Iodometri
6	Ammonia Total	mg/L NH <sub>3</sub> -N	8	4,51	Kjeldahl
7	Total Chromium	mg/L Cr	1	0,06	AAS
8	Minyak dan Lemak	mg/L	3,6	600,00	Gravimetri
9	Phenol	mg/L	1	0,00	Spektrofometri

Sumber : Suprihatin (2014)

## 2.3 Kromium

### 2.3.1 Pengertian Kromium (Cr)

Kata kromium berasal dari bahasa Yunani “Chroma” yang berarti warna. Dalam bahan kimia, kromium dilambangkan dengan “Cr”. Sebagai salah satu unsur logam berat, kromium memiliki nomor atom (NA) 24 dan berat atom (BA) 51,996. Vagueline merupakan penemu logam Cr pertama yakni pada tahun 1797 (Palar, 2004:133)

Kromium trivalen (Cr<sup>3+</sup>) dan kromium heksavalen (Cr<sup>6+</sup>) adalah kromium yang ditemukan di perairan, namun pada perairan yang memiliki pH lebih dari 5, kromium trivalen tidak ditemukan. Jika masuk ke perairan, kromium trivalen akan dioksidasi menjadi kromium heksavalen yang lebih toksik. Kromium trivalen biasanya terserap kedalam partikulat, sedangkan kromium heksavalen tetap berada dalam bentuk larutan (Effendi, 2003:177).

### 2.3.2 Sifat Kromium

Berdasarkan pada sifat-sifat kimianya, logam Cr dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi +2, +3, dan +6. Kromium tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, dan bahkan pada proses pemanasan cairan logam Cr teroksidasi dalam jumlah yang sangat sedikit. Namun, dalam udara yang mengandung karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dalam konsentrasi yang tinggi, logam Cr dapat mengalami peristiwa oksidasi dan membentuk  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Sedangkan dalam larutan asam klorida ( $\text{HCl}$ ) akan membentuk logam kromium klorida ( $\text{CrCl}_2$ ). Kromium merupakan logam yang sangat mudah bereaksi. Logam ini secara langsung dapat bereaksi dengan nitrogen, karbon, silika, dan boron. Sesuai dengan tingkat valensinya, logam atau ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa, mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionitasnya. Senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{2+}$  akan bersifat basa, senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{3+}$  bersifat amfoter dan senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  akan bersifat asam (Palar, 2004:135).

### 2.3.3 Penggunaan Kromium

Kromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Bahan pelapis (*plating*) pada bermacam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke mobil banyak menggunakan logam kromium. Kromium (Cr) juga banyak dibentuk untuk menjadi alloy. Bentuk alloy dari kromium (Cr) sangat banyak dan juga mempunyai fungsi pemakaian yang sangat luas dalam kehidupan (Palar, 2004: 135). Persenyawaan lain yang dapat dibentuk dengan menggunakan logam Cr seperti senyawa-senyawa khromat dan dikhromat sangat banyak digunakan oleh perindustrian. Terdapat beberapa kegiatan yang menggunakan khromat dan dikhromat seperti bidang litografi, tekstil, penyamakan, pencelupan, fotografi, zat warna, sebagai bahan peledak dan sebagai geretan (korek api) (Palar, 2004: 136).

Kromium (Cr) yang digali berasal dari inti kromit ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) inti bumi. Logam kromium (Cr) diperoleh melalui pemanasan inti bumi yang menghasilkan Cr bercampur Al dan Si. Berikut ini berbagai kegunaan kromium:

- a. Bidang metalurgi untuk mencegah korosi, mengkilatkan logam, antara lain sebagai bahan komponen alloy, *anodized aluminium*, *chrome plating*, dan *wood treatment*. Dalam jumlah kecil kromium (Cr) dapat digunakan sebagai *water treatment*, katalisator, *safety matches*, *copy machine toner*, *photographic chemical*, *magnetic tapes*, pelapis pada *spare-part* kendaraan bermotor, dan *stainless steel*, yaitu campuran 18% Cr, 8% Ni, sedikit Mn, C, P, S, Si, Fe. Bidang kesehatan menggunakan kromium (Cr) sebagai bahan pembuatan alat ortopedi, sebagai radio isotop kromium Cr yang bisa menghasilkan sinar gamma untuk penandaan sel darah merah, serta sebagai penjinak sel tumor.
- b. Sebagai pewarna, pencelup, dan cat. Dalam bidang industri kimia, kromium (Cr) digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pigmen cat/warna karena Cr mengandung komponen warna merah, kuning, orange, dan hijau. Senyawa Cr (III) oksida sebagai *metal polish*, *enamel painting*, dan *glass staining*, garam Cr memberikan warna hijau zamrud pada gelas.
- c. Sebagai katalisator.
- d. Garam kromium untuk penyamakan kulit
- e. Potasium dikromat sebagai *chemical reagent* untuk mencuci/membersihkan alat gelas laboratorium dan titrating agent. Potasium dikromat sebagai oksidan kuat digunakan untuk mencuci/membersihkan alat gelas laboratorium.
- f. Kromium (IV) oksida ( $\text{CrO}_2$ ) digunakan dalam industri sebagai *magnetic tape* yang lebih dibandingkan Fe oksida.
- g. Sebagai antikorosi pada alat pengeboran sumur berlumpur. Senyawa  $\text{ZnCrO}_4$  atau *zinc yellow* digunakan untuk mencegah korosi pada spare-part pesawat yang menggunakan Al dan Mg.
- h. Cr (0) digunakan untuk pembuatan berbagai macam steel. Cr (VI) dan Cr (III) digunakan untuk *chrome plating*, *dyes*, pigmen dan pengawetan kayu,

pegeboran lumpur, tekstil, dan *toner for copying machines*. Pada dasarnya, Cr akan meningkatkan temperatur austenisasi. Pada jenis baja tahan karat dan tahan panas, Cr meningkatkan ketahanan korosi karena Cr bisa membentuk lapisan krom oksida di permukaan baja, meningkatkan kemampuan keras baja, kekuatan tarik, keangguhan, dan ketahanan abrasi (Widowati *et al.*, 2008:91-93).

#### 2.3.4 Kromium di Lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Kromium yang masuk ke dalam strata lingkungan dapat datang dari bermacam-macam sumber. Kegiatan perindustrian, rumah tangga, pembakaran dan mobilisasi bahan-bahan diduga menjadi sumber masukan logam kromium (Cr) ke dalam strata lingkungan yang umum dan paling banyak. Kromium (Cr) dapat masuk ke dalam badan perairan melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan faktor fisika, seperti erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu-debu dan partikel-partikel Cr yang di udara akan dibawa turun oleh air hujan. Secara non alamiah kromium (Cr) masuk ke dalam strata lingkungan melalui dampak atau efek dari aktivitas manusia. Sumber-sumber kromium (Cr) yang berkaitan dengan aktivitas manusia dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga (Palar, 1994:137-138).

Terjadi bermacam-macam proses kimia dalam badan perairan mulai dari proses pengompleksan sampai pada reaksi redoks. Proses kimia tersebut juga terjadi pada logam kromium (Cr) yang ada di perairan. Proses kimia seperti pengompleksan dan sistem reaksi redoks, dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan dan atau sedimentasi logam kromium (Cr) di dasar perairan. Proses-proses kimiawi yang berlangsung dalam badan perairan juga dapat mengakibatkan terjadinya peristiwa reduksi dari senyawa-senyawa Cr (VI) yang sangat beracun menjadi Cr (III) yang kurang beracun. Peristiwa reduksi Cr (VI) menjadi Cr (III)

dapat berlangsung bila badan perairan berada dan atau mempunyai lingkungan yang bersifat asam. Untuk perairan yang berlingkungan basa, ion-ion Cr (III) akan diendapkan di dasar perairan (Palar, 1994:137-138).

### 2.3.5 Efek Toksik Kromium

Logam Cr merupakan bahan kimia yang bersifat persisten, bioakumulatif, dan toksik yang tinggi serta tidak mampu terurai di dalam lingkungan, sulit diuraikan dan akhirnya diakumulasi di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Cr (VI) pada umumnya 1.000 kali lipat lebih toksik dibandingkan dengan Cr (III). Namun senyawa Cr (III) lebih toksik pada ikan dan binatang air lainnya dibandingkan Cr (VI). LC50 Cr (III) pada ikan sebesar 2 - 7,5 mg/L, sedangkan LC50 Cr (VI) sebesar 35 – 75 mg/L. Toksisitas Cr pada ikan dipengaruhi oleh sifat fisika-kimia perairan, yaitu pH, kadar Ca, dan Mg (Widowati *et al.*, 2004:101-106).

Toksisitas kromium (Cr) ditentukan oleh bilangan oksida Cr, paparan Cr (VI) bersifat karsinogenik, dan bisa menyebabkan kanker paru. EPA menggolongkan Cr (VI) yang bersifat karsinogen kelas A pada manusia melalui paparan inhalasi, sedangkan Cr (III) digolongkan sebagai karsinogen kelas D, tetapi tidak spesifik untuk manusia.

#### a. Efek Toksik terhadap Alat Pencernaan

Toksistas akut Cr melalui alat pencernaan bisa menyebabkan nekrosis tubulus renalis. Para pekerja di lingkungan kerja industri krom menunjukkan tingginya kadar Cr dalam darah, terutama sel darah merah. Cr (VI) bersifat toksik karena memiliki kemampuan mengurangi ketersediaan Cr (III) dan Cr (VI) sehingga membentuk kompleks makromolekul intraseluler. Mencerna makanan yang mengandung kadar Cr (VI) tinggi bisa menyebabkan gangguan pencernaan, berupa sakit lambung, muntah, dan pendarahan, luka pada lambung, konvulsi, kerusakan ginjal, dan hepar, bahkan dapat menyebabkan kematian.

b. Efek Toksik terhadap Alat Pernafasan

Menghirup udara yang mengandung Cr tinggi dapat menyebabkan iritasi hidung, hidung berlendir, pendarahan hidung, dan timbul lubang pada nasal septum. Alat pernapasan merupakan organ target utama dari Cr (VI), baik akut maupun kronis, melalui paparan inhalasi. Gejala toksistas akut Cr (VI) meliputi nafas pendek, batuk-batuk, serta kesulitan bernafas. Sementara, toksistas kronis Cr (VI) menunjukkan beberapa gejala, antara lain gangguan alat pernapasan berupa perforasi dan gangguan pada septum nasal, bronkitis, penurunan fungsi paru-paru, asma, dan *nasal itching*.

c. Efek Toksik terhadap Kulit dan Mata

Paparan Cr melalui kulit dapat berasal dari berbagai produk yang mengandung Cr, seperti kayu yang diawetkan menggunakan kromium dikromat, produk kulit yang diawetkan menggunakan kromium sulfat, serta bahan bangunan, seperti semen dan tekstil. Paparan Cr melalui kulit dapat menyebabkan kemerahan dan pembengkakan pada kulit. Senyawa Cr (VI) bisa menyebabkan iritasi mata, luka pada mata, iritasi kulit, dan membran mukosa (Widowati *et al.*, 2004:101-106).

Shekhawat, K. *et al.*, (2015:167-172) juga menyebutkan bahwa kromium bertanggung jawab atas efek racun pada manusia, menyebabkan alergenitas dan karsinogenitas pada manusia serta hewan. Kromium heksavalen terutama bertanggung jawab untuk semua aktivitas karsinogenik dibandingkan dengan kromium trivalen. Efek toksik tersebut menyebabkan adanya respon asma kadang-kadang dengan eksposur pernapasan. Hal ini juga menyebabkan alergi dermatitis; perforasi di septum hidung dan kanker paru-paru. Paparan kromium juga menimbulkan terjadinya perubahan genetik yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

## 2.4 Fitoremediasi

Pada masa industrialisasi perlu dilakukan kajian mengenai analisis dampak lingkungan (AMDAL) untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup yakni salah satunya menggunakan bioteknologi lingkungan. Aspek bioteknologi lingkungan meliputi bioremediasi dan fitoremediasi. Bioremediasi merupakan pemanfaatan proses biologi dengan menggunakan mikroorganisme dalam mengendalikan pencemaran atau polutan (Wardani, A.K, *et al.*, 2017:117). Sedangkan fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Akhir-akhir ini teknik reklamasi dengan fitoremediasi mengalami perkembangan pesat karena terbukti lebih murah dibandingkan metode lainnya, misalnya penambahan lapisan permukaan tanah. Fitoremediator tersebut dapat berupa semak, herba, bahkan pohon. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi (Juhaeti *et al.*, 2005:31).

Fitoremediasi memiliki beberapa teknik/strategi meliputi fitoekstraksi, fitodegradasi (fitotransformasi), fitovolatilisasi, fitostabilisasi, dan fitofiltrasi (rhizofiltrasi). Fitoekstraksi merupakan teknik fitoremediasi yang paling sering digunakan. Oleh karena itu istilah fitoremediasi dan fitoekstraksi seringkali dianggap sama, padahal sebenarnya fitoremediasi adalah sebuah konsep, sedangkan fitoekstraksi adalah teknologi pembersihan yang spesifik. (Handayanto, E., *et al.*, 2017:27).

### 2.4.1 Teknik Fitoremediasi

Fitoremediasi memiliki beberapa teknik untuk menghilangkan polutan dari tanah maupun perairan yang terkontaminasi. Berikut merupakan penjelasan dari beberapa teknik tersebut (Handayanto, E., *et al.*, 2017:27-32) :

#### a. Fitoekstraksi

Fitoekstraksi (juga dikenal sebagai fitoakumulasi, fitoabsorpsi, atau fitosekuestrasi) merupakan penyerapan suatu senyawa pencemar dari tanah atau

air oleh akar tanaman dan ditranslokasi serta diakumulasikan di dalam bagian atas tanah, yakni 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. Terdapat dua kategori fitoekstraksi yakni fitoekstraksi induksi (*induced phytoextraction*) dan fitoekstraksi terus menerus (*continuous phytoextraction*). Fitoekstraksi induksi adalah upaya meningkatkan akumulasi bahan beracun pada waktu tertentu melalui penambahan bahan pemacu atau pengikat (khelat) untuk meningkatkan ketersediaan logam tersebut. Sedangkan fitoekstraksi terus menerus memerlukan penggunaan tumbuhan yang mampu mengakumulasi bahan pencemar dalam jumlah besar sepanjang masa tumbuhnya (hiperakumulator). Keberhasilan fitoekstraksi secara alami tergantung pada karakteristik tumbuhan terutama kemampuan menghasilkan biomasa dalam jumlah besar, dalam waktu cepat dan kemampuan untuk mengakumulasi unsur logam dalam jumlah besar. Fitoekstraksi yang efektif membutuhkan kemampuan genetik tanaman dan pengembangan praktek agronomi yang optimal, termasuk pengelolaan tanah untuk meningkatkan efisiensi fitoekstraksi dan pengelolaan tanaman untuk mengembangkan sistem tanaman yang komersial. Tanaman yang digunakan untuk fitoekstraksi harus dapat tumbuh di luar daerah tumbuhnya, memiliki sistem akar berlimpah dan mampu mengangkut logam, memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam, dapat mengakumulasi beberapa logam dalam jumlah besar, menghasilkan biomasa yang banyak dan pertumbuhan yang cepat, tahan hama dan penyakit serta tidak menarik bagi hewan untuk meminimalkan risiko mentransfer logam ke tingkat trofik yang lebih tinggi dari rantai makanan. Tanaman yang dipilih juga harus mudah dirawat, tumbuh cepat, memiliki kanopi dan sistem akar yang padat, dan toleran terhadap logam pencemar serta kondisi lokasi lainnya yang dapat membatasi pertumbuhan tanaman. Fitoekstraksi hanya berlaku untuk lokasi dengan kandungan logam yang rendah dengan tingkat pencemaran sedang karena pertumbuhan tanaman tidak akan berlangsung normal pada tanah dengan pencemaran berat.

b. 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 xenobiotik organik dari lingkungan tercemar dan mendetoksifikasi melalui metabolisme tanaman. Dari sudut pandang ini, tumbuhan hijau dapat dianggap sebagai “Hati Hijau” untuk biosfer. Fitodegradasi hanya terbatas pada penyingkiran pencemar organik, termasuk herbisida dan insektisida sintetik dengan menggunakan tanaman hasil rekayasa genetika.

c. 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.

d. Fitostabilisasi

Fitostabilisasi atau fitoimobilisasi adalah penggunaan tumbuhan tertentu untuk stabilisasi bahan pencemar dalam tanah. Teknik ini digunakan untuk mengurangi mobilitas dan ketersediaan hayati (*bioavailability*) bahan pencemar di lingkungan, sehingga mencegah pergerakan bahan pencemar masuk ke dalam air tanah atau rantai makanan. Kegiatan ini dilakukan melalui penyerapan oleh akar, pengendapan, kompleksasi atau penurunan logam di rizosfir. Fitostabilisasi membatasi akumulasi logam berat dalam biota dan meminimalkan pencucian logam berat ke perairan bawah tanah. Pada teknik ini logam berat masih tetap berada di tanah hanya saja pergerakan logam tersebut dibatasi. Fokus teknik ini adalah penarikan logam ke dalam rizosfer tetapi tidak ke dalam jaringan tanaman. Tumbuhan yang digunakan idealnya harus tumbuhan asli (*indigenous*) pada lokasi yang tercemar logam berat, karena tumbuhan tersebut telah mengalami mekanisme evolusi untuk bertahan hidup pada lingkungan yang ekstrim. Selain

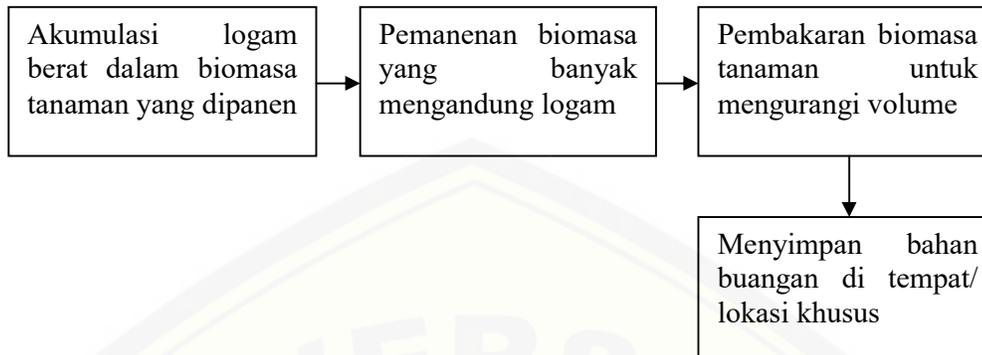
itu, penggunaan tumbuhan yang tidak asli (*non indigenous*) dan spesies yang invasif dapat menurunkan diversitas tumbuhan lokal.

e. Rhizofiltrasi

Rhizofiltrasi adalah penggunaan akar tumbuhan atau bibit untuk menyerap maupun menjerap bahan pencemar, terutama logam dari air, tanah, dan air limbah. Teknik ini mirip dengan fitoekstraksi. Rhizosfer merupakan daerah tanah disekitar permukaan akar atau diserap ke dalam akar tanaman. Tanaman yang digunakan pada teknik ini tidak langsung ditanam namun melewati tahap aklimatisasi terlebih dahulu untuk menyesuaikan dengan kondisi lingkungan yang tercemar. Tanaman ditumbuhkan secara hidroponik di dalam air sampai sistem perakaran berkembang. Setelah sistem perakaran berkembang, maka air tempat tumbuh diganti dengan air yang tercemar agar tanaman dapat menyesuaikan diri, kemudian di tanam di daerah yang tercemar dimana akar menyerap air tercemar dan bahan pencemar secara bersamaan. Setelah akar menjadi jenuh kemudian dipanen dan dibuang di tempat yang aman. Salah satu contoh fitofiltrasi adalah penggunaan bunga matahari untuk remediasi air yang tercemar radioaktif di *Chernobyl*.

#### 2.4.2 Perlakuan terhadap Tanaman untuk Fitoremediasi

Tanaman yang telah digunakan untuk membersihkan polutan baik di tanah maupun di air dapat dibakar. Setelah dibakar, tanaman tersebut dapat juga dibuang sebagai limbah berbahaya yang di tempatkan dalam tempat khusus. Konsentrasi yang tinggi dari logam tersebut dalam biomasa dipanen dapat “diencerkan” untuk mencapai konsentrasu yang dapat diterima lingkungan dengan cara menggabungkan biomasa dengan biomasa bersih dalam formulasi pupuk dan pakan ternak. Jika memungkinkan secara ekonomi, sisa tanaman dapat diproses untuk “*biorecovery*” (dikenal *phytomining*), khususnya untuk logam berharga seperti emas (Handayanto, E., *et al.*, 2017:32) . Berikut merupakan gambar alur pascapanen tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi (gambar 2.6).



Gambar 2. 6 Perlakuan pascapanen tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi

(Sumber : Ali dalam Handayanto, E., *et al.*, 2017)

#### 2.4.3 Keterbatasan Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan pendekatan yang menjanjikan untuk perbaikan tanah yang tercemar. Namun demikian, teknik ini juga memiliki beberapa keterbatasan, yakni beberapa diantaranya adalah (Handayanto, E., *et al.*, 2017:32):

- Membutuhkan waktu yang lama untuk membersihkan tanah
- Efisiensi fitoremediasi oleh beberapa tanaman hiperakumulator umumnya dibatasi oleh lambatnya pertumbuhan tanaman hiperakumulator dan rendahnya biomasa yang dihasilkan.
- Kesulitan dalam mobilisasi fraksi yang mengikat logam dalam tanah karena terbatasnya ketersediaan hayati (*bioavailibility*) ion logam dalam tanah.
- Hanya berlaku untuk lokasi dengan tingkat cemaran ringan sampai sedang, karena pertumbuhan tanaman untuk fitoremediasi tidak akan berkelanjutan pada lokasi dengan cemaran berat.
- Ada risiko kontaminasi cemaran makanan jika pelaksanaan dan pengelolaannya tidak cermat.

#### 2.5 Tanaman Air

Berbagai spesies dari berbagai familia tumbuh-tumbuhan hidup di perairan. Ada yang mengapung di permukaan dengan akar bebas atau mengapung

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai “Pemanfaatan Tumbuhan Semanggi (*Marsilea crenata*) Sebagai Fitoremediator Logam Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Batik” tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Rerata kadar kromium total (Cr) dalam limbah cair batik tanpa dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) selama 7 hari adalah 0,55 mg/l.
- b. Rerata kadar kromium total (Cr) dalam limbah cair batik yang dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dengan berat 300 gram/ 6L selama 7 hari adalah 0,192 mg/l.
- c. Rerata kadar kromium total (Cr) dalam limbah cair batik yang dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dengan berat 350 gram/ 6L selama 7 hari adalah 0,168 mg/l.
- d. Rerata kadar kromium total (Cr) dalam limbah cair batik yang dikontakkan pada tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) dengan berat 400 gram/ 6L selama 7 hari adalah 0,2 mg/l.
- e. Terdapat perbedaan kadar kromium total (Cr) yang signifikan antara kelompok kontrol (K) dengan kelompok perlakuan  $X_1$ ,  $X_2$ , dan  $X_3$  dengan nilai signifikansi sebesar 0,009, 0,008, dan 0,009. Perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan kadar kromium total (Cr) limbah cair batik adalah kelompok  $X_2$  dengan persentase penurunan kadar kromium total (Cr) sebesar 69,45%.

## 5.2 Saran

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

- a. Bagi Dinas Lingkungan Hidup perlu pemantauan pembuangan limbah cair batik untuk mengontrol pencemaran yang terjadi di lingkungan
- b. Bagi pemilik industri batik disarankan membuat IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) untuk mengolah limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan dan dapat menggunakan tanaman semanggi (*Marselia crenata*) dalam menurunkan kadar kromium total (Cr) pada limbah tersebut
- c. Perlu penelitian eksperimen lebih lanjut terkait penggunaan tanaman semanggi (*Marsilea crenata*) sebagai fitoremediator logam berat selain kromium dan pada limbah selain limbah cair batik
- d. Perlu penelitian lebih lanjut terkait pH dan suhu pada kontrol dan perlakuan
- e. Perlu penelitian lebih lanjut dengan bentuk *Pre-Post Control Group Design*

DAFTAR PUSTAKA

- Afriastini JJ. 2003. *Marsilea crenata C. Persl.* Di dalam: de Winter WP, Amoroso VB, editor. *Cryptograms: Ferns and fern allies*. Bogor : LIPI.
- Anggraeni, M. 2017. *Satu Bingkai Kearifan Lokal Purworejo*. Yogyakarta: Diandra Kreatif
- Arief, L. M. 2016. *Pengolahan Limbah Industri*. Yogyakarta: CV Andi Offset
- Ariyanto, D. P. dan Widijanto, H. 2008. Dampak Air Limbah Industri Josroyo, Karanganyar Terhadap Kadar Tembaga (Cu) dalam Air dan Permukaan Tanah Saluran Air Pungkuk. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*. Vol. 5, No. 1
- Baryatik, P. 2016. Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi Sebagai Adsorben Logam Kromium (Cr) Pada Limba Cair Batik. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
- Basri, S. dan Hamzah, E. 2015. Efektivitas Kemampuan Tanaman Jeringau (*Acorus calamus*) untuk Menurunkan Kadar Logam Berat di Air. *Higiene*. Vol. 1, No. 1 ISSN: 2443-1141
- Bungin, B. 2005. *Metodologi Penelitian Kuantitatif Komunikasi, Ekonomi, dan Kebijakan Publik serta Ilmu-Ilmu Sosial Lainnya*. Jakarta: Kencana
- Chandra, B. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kedokteran EGC
- Dewi, R. K., Melani, W. R., Zulfikar, A. 2013. *Efektivitas dan Efisiensi Fitoremediasi Orthofosfat pada Deterjen Menggunakan Kiambang (Pistia stratiotes)*. Programme Study Management of Aquatic Resources Faculty of Marine Science and Fisheries, Maritime
- Djo, Y. H. W. *et al.*, 2017. Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*. Vol. 5 No. 2

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Kanisius
- Ferreiro, J. P., et al. 2014. Use of Phytoremediation and Biochar to Remediate Heavy Metal Polluted Soils. *Solid Earth*. Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union
- Gerbono, A. dan Siregar, A. 2005. *Kerajinan Eceng Gondok*. Yogyakarta : Kanisius
- Ghozali, I. 2009. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang: BP Universitas Diponegoro.
- Gratha, B. 2012. *Panduan Mudah Belajar Membatik*. Jakarta: Demedia Pustaka
- Handayanto, E., et al. 2017. *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. Malang:UB Press
- Hardiani, H. 2009. *Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas*. Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung. Vol.44 No. 1
- Haryati, M., Purnomo, T., dan Kuntjoro, S., 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.)Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *LenteraBio*. Vol. 1 No. 3
- Hernayanti, dan Proklamasiningsih, E. 2004. *Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) sebagai Upaya untuk Memperbaiki Kualitas Air*. Fakultas Biologi Unsoed Purwokerto.
- Hidayat, N. 2016. *Bioproses Limbah Cair*. Yogyakarta: CV. Andi Offset
- Hidayati, R.K., Rachmadiarti, F., dan Rahayu, Y.S., 2017. *Profil Protein Semanggi Air (Marsilea crenata) yang Ditanam pada Kombinasi Media Tanaman Lumpur Lapindo dan Tanah Alfisol*. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio> (Desember 28, 2017)

- Hidayati, N. 2005. *Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator*. ISSN 0854-8587. Vol. 12, No. 1. hlm. 35-40
- Ikawati, S., Zulfikar, A., dan Azizah, D. 2013. *Efektivitas dan Efisiensi Fitoremediasi pada Deterjen dengan Menggunakan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*)*. Programe Study Management of Aquatic Resources. Faculty of Marine Science and Fisheries. Maritime Raja Ali Haji of University
- Irhamni, *et al.* 2017. Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Conference paper*. Fakultas Teknik, Teknik Kimia, Pertanian, dan Kesehatan Masyarakat. Universitas Sumatera Utara
- Jamil, A.Q. 2015. Perbedaan Penyerapan Logam Pb Pada Limbah Cair Antara Tanaman Kangkung Air (*Ipomea aquatica* forsk), Genjer (*Limnocharis flava*), dan Semanggi (*Marsilea drummondii* L). *Skripsi*. Jember: Universitas Jember
- Juhaeti, T., Syarif, F., dan Hidayati, N., 2005. Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. *Biodiversitas*. ISSN 1412-033X Vol.6, No.1 hlm 31-33
- Kimbal, R.W. 2015. *Modal Sosial dan Ekonomi Industri Kecil Sebuah Studi Kualitatif*. Yogyakarta:Deepublish
- Lestari, S. D. 2012. *Mengenal Aneka Batik*. Jakarta: PT. Balai Pustaka
- Muljadi. 2009. Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak dengan Metode Fisika Kimia dan Biologi Terhadap Penurunan Parameter Pencemar (BOD, COD dan Logam Berat Krom). *Ekuilibrum*, vol 8 (1):7-16. <https://core.ac.uk/download/pdf/12345611.pdf>. [November 20, 2017]
- Murdhiani, M., Sabrina, T., dan Sumono, S., 2011. Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) pada Kolam Biofiltrasi Air Irigasi Dengan Menggunakan Tanaman Air (*Aquatic Plant*). *Jurnal Ilmu Pertanian KULTIVAR*. Vol. 5, No. 2

- Murniati, T., Inayati, dan Budiastuti, S., 2015. Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Elektrolisis sebagai Upaya Penurunan Tingkat Konsentrasi Logam Berat di Sungai Jenes, Laweyan, Surakarta. *Jurnal EKOSAINS*. Vol. VIII No. 1
- Novi, C., dan Abdillah, N. A., 2017. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) dari Limbah Cair Industri Kertas dengan Pemanfaatan *Marsilea crenata* dan *Hydrilla verticillata*. *Jurnal Fakultas Sains dan Farmasi Universitas Mathla'ul Anwar (UNMA) Banten*. Vol. 3 No. 2
- Nurhayati, A. Y., Hariadi, Y. C., dan Lestari, P., 2015. Early Detection of Lead Stress on *Marseliea crenata* Usine Bioelectricity Measurement. *Procedia Environmental Sciences*. [serial online]. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) [Oktober 01, 2018]
- Oktavia, Z., Budiono, Dewanti, N.A.Y., 2016. Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) terhadap Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair *Home Industry* Batik "X" Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. ISSN: 2356-3346. Vol. 4 No. 5
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Paramitasari, A., 2014. Kemampuan Tumbuhan Air Kiapu Pistia Stratiotes Dan Kiambang *Salvinia Molesta* Dalam Fitoremediasi Timbal. *Laporan Akhir*. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Permana, A.F., Patanduk, J., dan Zubair, A. 2013. *Analisis Pengaruh Ukuran Butiran Zeolit Terhadap Penurunan Warna Dan Krom (Cr) Pada Air Buangan Industri Tekstil*. Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar. <http://repository.unhas.ac.id:4001/digilib/files/disk1/72/--andifarizp-3597-1-13-andi-4.pdf>. [Januari 21, 2018]
- Priyanto, B., dan Prayitno, J. 2003. *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khususnya Logam Berat*. [serial online] <http://lfl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm> [November 20, 2017]

- Santoso, S. 2005. *Menguasai Statistik di Era Informasi dengan SPSS 12*. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Sarwoko dan Darmanto S. 2016. Pelorotan Lilin dan Pengotor Lain Kain Batik dengan Perebusan di Ketel. *Prosiding*. Yogyakarta : Sekolah Tinggi Nasional Yogyakarta
- Setyanti, S.W.L.H. dan Farida, L. 2015. Strategi Inovasi Melalui Model Berbagi Pengetahuan (*Knowledge Sharing*) Sebagai Upaya *Cultural Heritage* dan Keunggulan Kompetitif Berkelanjutan Industri Batik di Jawa Timur. *Penelitian Hibah Bersaing*. Universitas Jember
- Setyanti, S.W.L.H. dan Farida, L. 2016. The Effect of Knowledge Sharing on Bussines Performance Moderate by Innovation Product in The Small and Medium Interprices in Indonesia. *International Journal of Scientific & Technology Research*. ISSN 2277-8616 Vol. 5
- Shekhawat, K., Chatterjee, S., dan Joshi, B., 2015. Chromium Toxicity and its Health Hazard. *International Journal of Advanced Research*. ISSN 2320-5407. Volume 3, Issue 7. hlm 167-172
- Suasono, H. 1996. *Peran Tumbuhan Air Sebagai Pengurang Pencemaran dan Tumbuhan Inang Vektor Filariasis Mansonia SP*. Salatiga : Stasiun Penelitian Vektor Penyakit. [serial online] <http://ejournal.litbang.depkes.go.id/index.php/MPK/article/view/962/807> [November 20, 2017]
- Sudarmaji, Mukono, J. dan I.P. Corie. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 2, No. 2, hlm 129 -142
- Sugiyono. 2015. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Supraptini. 2002. *Pengaruh Industri Terhadap Lingkungan di Indonesia*. Vol. XII, No. 2. Media Litbang Kesehatan
- Suprihatin, H. 2014. *Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoardjo dan Alternatif Pengolahannya*. Jurusan Teknik Lingkungan,

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Pembangunan Surabaya. <http://ejournal.unri.ac.id/index.php/JKL/article/download/2430/2390>. [Oktober 07, 2017]

Suratman, Priyanto, D., dan Setyawan, A.D. *Analisis Keragaman Genus Ipomea Berdasarkan Karakter Morfologi*. Surakarta : UNS. ISSN 1412-033X Vol.1, No.2 hlm 72-79

Thayaparan, M. *et al.*, 2013. Rhizofiltration of Pb by *Azolla pinnata*. *International Journal of Environmental Sciences*. ISSN 0976 – 4402. Volume 3, No 6 hlm 1811-1821

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2000. *Introduction to Phytoremediation, National Risk Management Research Laboratory*. Ohio :US EPA Cincinnati

Viobeth, B.R., Sumiyati, S. dan Sutrisno, E. 2013. Fitoremediasi Limbah Mengandung Timbal (Pb) dan Nikel (Ni) Menggunakan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 2, No. 1

Wardani, A.K., Wijayanti, S.D., dan Widyastuti, E. 2017. *Pengantar Bioteknologi*. Malang: UB Press

Widowati, *et al.* 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: C.V Andi Offset. Jurusan Biologi

Wulandari, R., Purnomo, T., dan Winarsih. 2014. Kemampuan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dalam Menyerap Logam Berat Kadmium (Cd) Berdasarkan Konsentrasi dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. *Lentera Bio*. Vol. 3, No. 1. ISSN: 2252-3979

Zulkarnain. 2009. *Kultur Jaringan Tanaman*. Jakarta : Sinar Grafika Offset

Zulkifli, A. 2014. *Dasar-Dasar Ilmu Lingkungan*. Jakarta: Salemba Teknika

Lampiran A. Hasil Uji Laboratorium

REKAPITULASI HASIL PEMERIKSAAN TOTAL KROMIUM (Cr)  
PADA AIR LIMBAH DARI INDUSTRI BATIK  
TAHUN 2018

No	Tanggal Sampel Masuk	No. Lab	Jenis Sampel	Data Sampel	Pemilik	Alamat	Progres sampling	Hasil Total Kromium (Cr) (mg/L)	Pertimbangan
1	30 Mei 2018	484-A	Air Limbah	Air Limbah (K1)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,56	MS
2	30 Mei 2018	485-A	Air Limbah	Air Limbah (K2)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,6	MS
3	30 Mei 2018	486-A	Air Limbah	Air Limbah (K3)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,47	MS
4	30 Mei 2018	487-A	Air Limbah	Air Limbah (K4)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,48	MS
5	30 Mei 2018	488-A	Air Limbah	Air Limbah (K5)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,64	MS
6	30 Mei 2018	489-A	Air Limbah	Air Limbah (K1)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,21	MS
7	30 Mei 2018	490-A	Air Limbah	Air Limbah (K1)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,15	MS
8	30 Mei 2018	491-A	Air Limbah	Air Limbah (K1)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,15	MS
9	30 Mei 2018	492-A	Air Limbah	Air Limbah (K1)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,26	MS
10	30 Mei 2018	493-A	Air Limbah	Air Limbah (K1)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,19	MS
11	30 Mei 2018	494-A	Air Limbah	Air Limbah (K2)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,18	MS
12	30 Mei 2018	495-A	Air Limbah	Air Limbah (K2)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,18	MS
13	30 Mei 2018	496-A	Air Limbah	Air Limbah (K2)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,15	MS
14	30 Mei 2018	497-A	Air Limbah	Air Limbah (K2)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,15	MS
15	30 Mei 2018	498-A	Air Limbah	Air Limbah (K2)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,18	MS
16	30 Mei 2018	499-A	Air Limbah	Air Limbah (K3)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,21	MS
17	30 Mei 2018	500-A	Air Limbah	Air Limbah (K3)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,21	MS
18	30 Mei 2018	501-A	Air Limbah	Air Limbah (K3)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,16	MS
19	30 Mei 2018	502-A	Air Limbah	Air Limbah (K3)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,19	MS
20	30 Mei 2018	503-A	Air Limbah	Air Limbah (K3)	Sdri. Rizqi Muthoharoh	Ds. Mundarejo, Kec. Mumbulsari, Kab. Jember	Sdri. Rizqi Muthoharoh (Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Jember)	0,23	MS

Keterangan:  
MS : Memenuhi Persyaratan Kualitas Air Limbah  
TMS : Tidak Memenuhi Persyaratan Kualitas Air Limbah

Jember, 31 Mei 2018  
KEPALA UNIT PELAKSANA TEKNIS  
LABORATORIUM KESEHATAN, PENGUJIAN  
DAN CALIBRASI ALAT KESEHATAN  
ERWAN WIDYATMOKO, ST  
Penata Tingkat I  
NIP. 19780205 200012 1 003

## Lampiran B. Hasil Uji Statistik

## 1. Uji Normalitas

Tests of Normality

Perlakuan	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kadar_Cr K	.227	5	.200 <sup>*</sup>	.916	5	.504
X1	.219	5	.200 <sup>*</sup>	.905	5	.437
X2	.367	5	.026	.684	5	.006
X3	.247	5	.200 <sup>*</sup>	.942	5	.679

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

a. Lilliefors Significance Correction

## 2. Uji Kruskal Wallis

Test Statistics<sup>a,b</sup>

	Kadar_Cr
Chi-Square	12.925
df	3
Asymp. Sig.	.005

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:  
Perlakuan

## 3. Uji Mann Whitney Kelompok 1 dengan kelompok 2

Test Statistics<sup>a</sup>

	Kadar_Cr
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	15.000
Z	-2.619
Asymp. Sig. (2-tailed)	.009
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.008 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Perlakuan

b. Not corrected for ties.

## 4. Uji Mann Whitney Kelompok 1 dengan Kelompok 3

**Test Statistics<sup>a</sup>**

	Kadar_Cr
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	15.000
Z	-2.652
Asymp. Sig. (2-tailed)	.008
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.008 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Perlakuan

b. Not corrected for ties.

## 5. Uji Mann Whitney Kelompok 1 dengan Kelompok 4

**Test Statistics<sup>a</sup>**

	Kadar_Cr
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	15.000
Z	-2.619
Asymp. Sig. (2-tailed)	.009
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.008 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Perlakuan

b. Not corrected for ties.

## 6. Uji Mann Whitney Kelompok 2 dengan Kelompok 3

**Test Statistics<sup>a</sup>**

	Kadar_Cr
Mann-Whitney U	8.000
Wilcoxon W	23.000
Z	-.983
Asymp. Sig. (2-tailed)	.326
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.421 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Perlakuan

b. Not corrected for ties.

## 7. Uji Mann Whitney Kelompok 2 dengan Kelompok 4

**Test Statistics<sup>a</sup>**

	Kadar_Cr
Mann-Whitney U	9.500
Wilcoxon W	24.500
Z	-.638
Asymp. Sig. (2-tailed)	.523
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.548 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Perlakuan

b. Not corrected for ties.

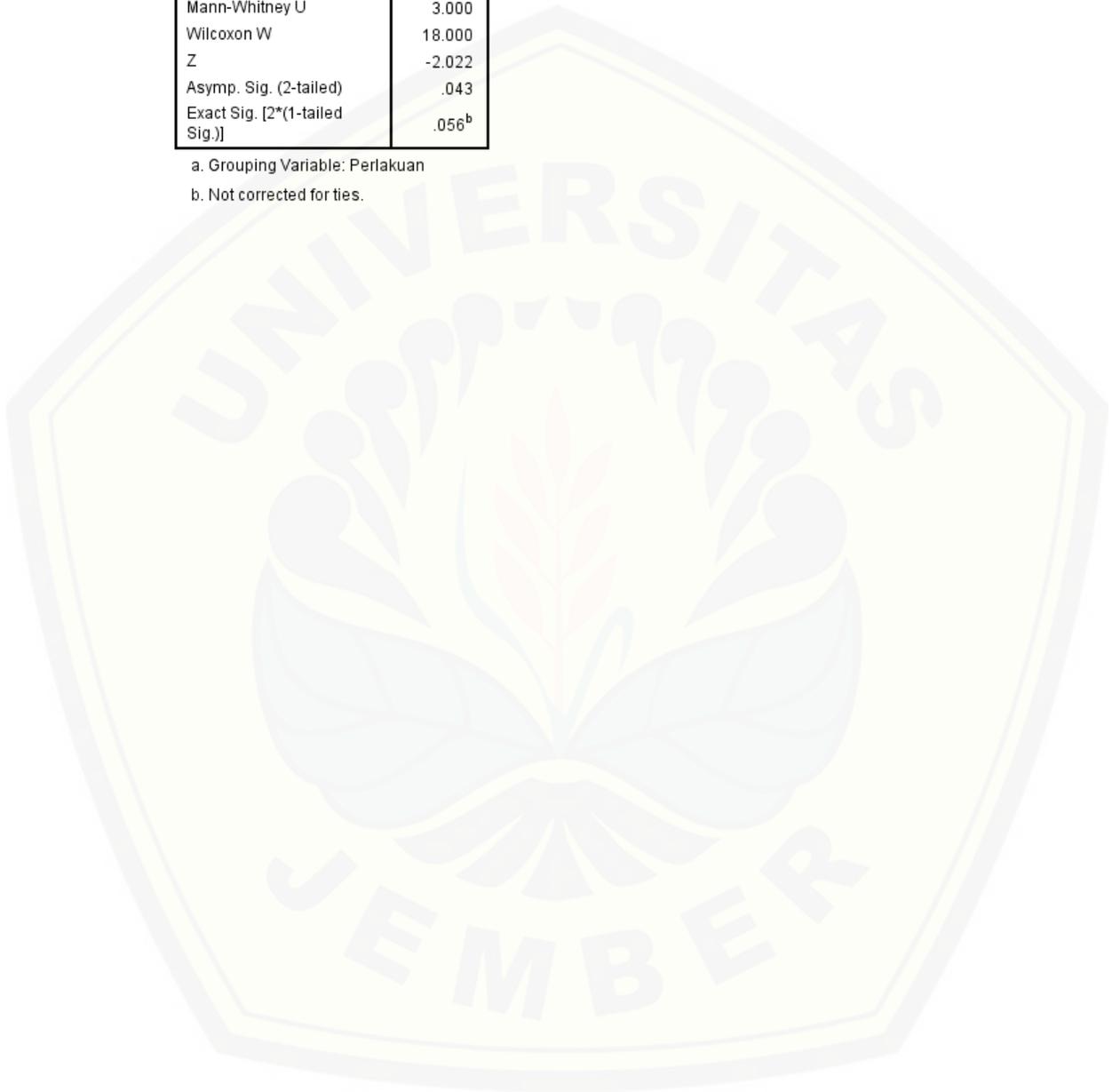
## 8. Uji Mann Whitney Kelompok 3 dengan Kelompok 4

Test Statistics<sup>a</sup>

	Kadar_Cr
Mann-Whitney U	3.000
Wilcoxon W	18.000
Z	-2.022
Asymp. Sig. (2-tailed)	.043
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.056 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Perlakuan

b. Not corrected for ties.



Lampiran C. Lampiran Dokumentasi



Lokasi pengambilan semanggi



Pembiakan semanggi



Aklimatisasi semanggi



Pembersihan semanggi



Pengambilan limbah cair batik



Homogenisasi limbah

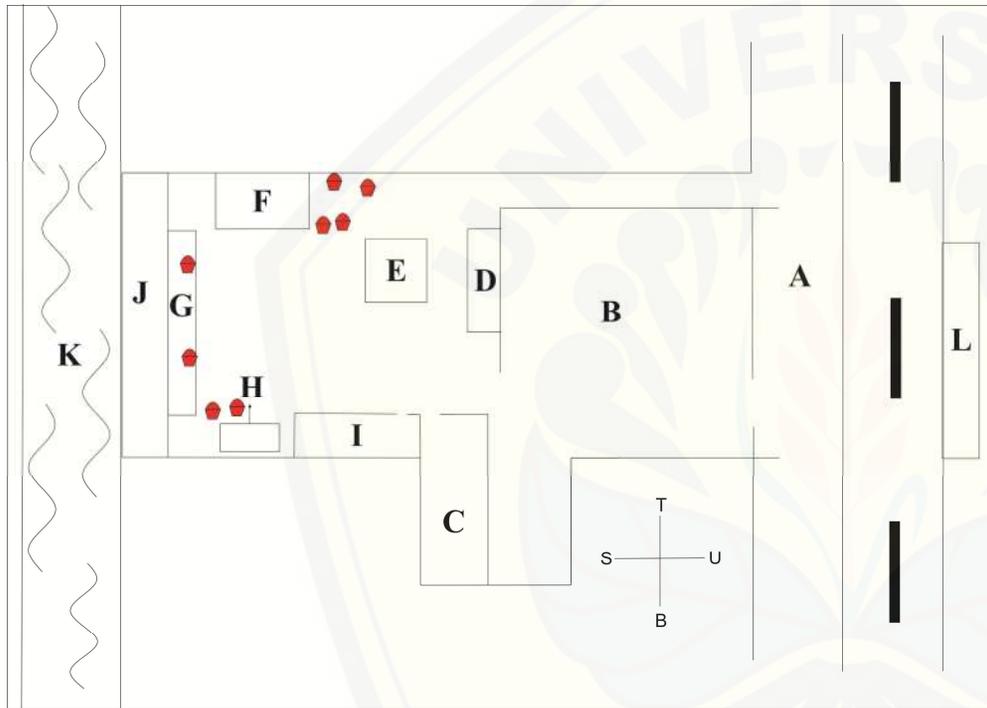


Pengontakan semanggi dengan limbah cair



Pengambilan sampel air

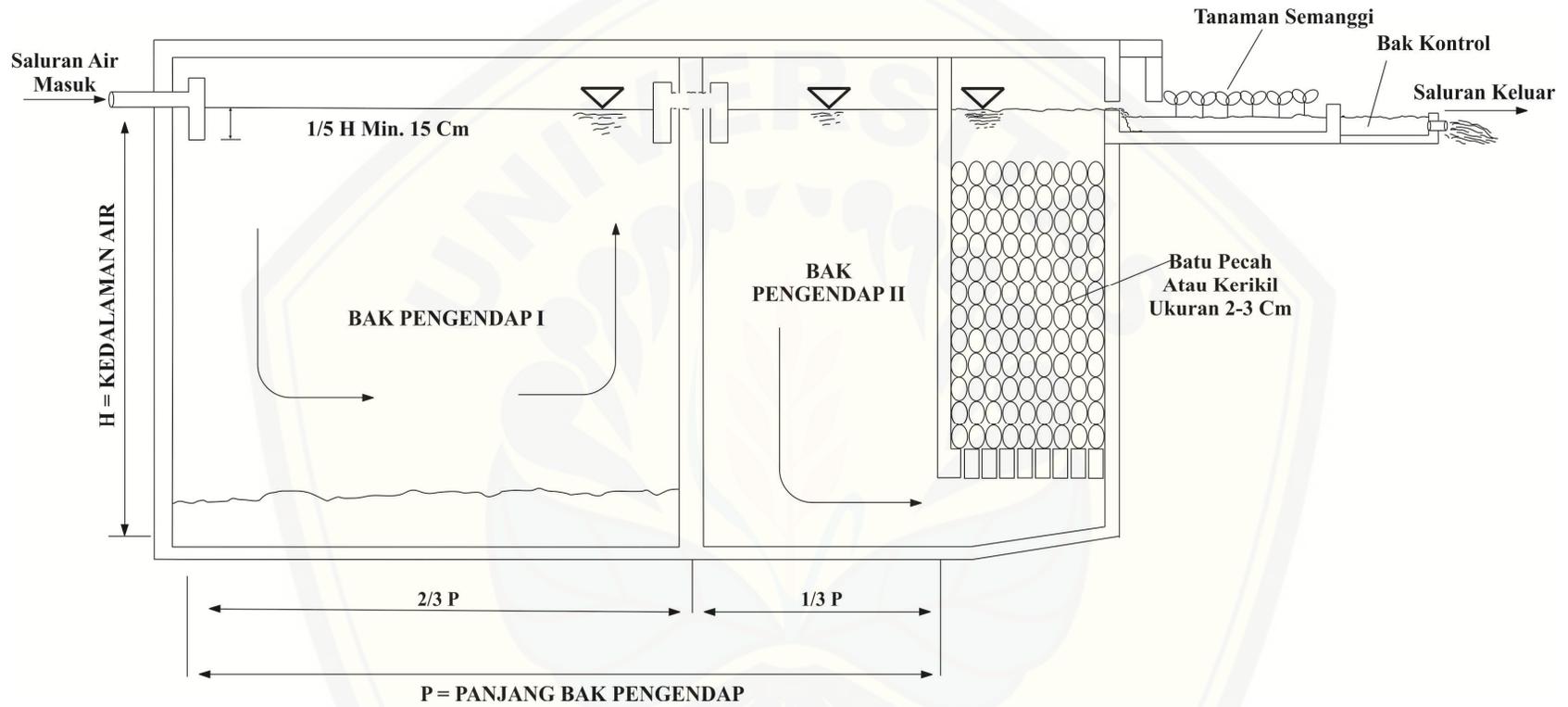
Lampiran D. Denah Lokasi Pembuatan Batik dan Rancangan Pembuatan IPAL



Keterangan

- A : Tempat pewarnaan teknik colet
- B : Rumah pemilik industri batik
- C : Tempat pemberian malam teknik cap
- D : Tempat memasak
- E : Tempat makan
- F : Tempat pencucian kain batik
- G : Tempat pewarnaan teknik celup
- H : Tempat pelodoran malam
- I : Gudang
- J : Tempat rencana pembuatan IPAL
- K : Sungai
- L : Tempat penjemuran kain batik

Denah Lokasi Pembuatan Batik



Rancangan Pembuatan IPAL