



**KANDUNGAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR DAN AIR  
SUNGAI SERTA KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT DI SEKITAR  
INDUSTRI ELEKTROPLATING  
(STUDI DI INDUSTRI ELEKTROPLATING X KELURAHAN TEGAL  
BESAR KECAMATAN KALIWATES KABUPATEN JEMBER)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Rosyeni Berti Mauna  
NIM 102110101117**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**KANDUNGAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR DAN AIR  
SUNGAI SERTA KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT DI SEKITAR  
INDUSTRI ELEKTROPLATING  
(STUDI DI INDUSTRI ELEKTROPLATING X KELURAHAN TEGAL  
BESAR KECAMATAN KALIWATES KABUPATEN JEMBER)**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Rosyeni Berti Mauna  
NIM 102110101117**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala pujian dan syukur atas karunia dan nikmat yang telah diberikan Allah SWT. Terima kasih atas jalan yang telah Engkau tunjukkan untukku hingga skripsi ini terselesaikan. Bismillahirrahmanirrahim, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Orang tua saya, Ibu Umanah dan Ayah Abd. Rohman. Terima kasih telah mencurahkan kasih sayang, dukungan baik secara moril maupun materi, serta tak pernah lelah untuk selalu berada di sisi saya untuk menasehati, menyemangati dan memberikan doa. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, limpahan rezeki, dan perlindungan;
2. Adik saya, Maysia Berta Rahmananda dan Muhammad Istamaruddin Rahum, yang selalu menjadi motivasi saya untuk tidak pernah menyerah dalam menghadapi rintangan yang saya hadapi;
3. Guru-guruku yang terhormat sejak TK hingga Perguruan Tinggi, yang telah bersedia berbagi ilmu, waktu dan membimbing dengan penuh kesabaran serta semangat yang tinggi; dan
4. Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

**MOTTO**

“Dan bila dikatakan kepada mereka: “Janganlah kau membuat kerusakan di muka bumi” mereka menjawab: “Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan” ingatlah sesungguhnya mereka itulah orang-orang yang membuat kerusakan, tetapi tidak sadar”  
(Terjemahan Al-Baqarah: 11-12)<sup>\*)</sup>

“Telah nampak kerusakan di darat dan di lautan disebabkan karena perbuatan tangan (maksiat) manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar) .  
(Terjemahan Surat Ar-Ruum:41)<sup>\*)</sup>

“Waspadalah dengan dua orang yang terkena laknat” Mereka berkata, “Siapakah yang kena laknat tersebut?” Beliau menjawab “Orang yang membuang hajat ditempat orang lalu lalang atau ditempat mereka bernaung”  
(Haditz Riwayat Muslim: 269)<sup>\*\*)</sup>

---

\*) Taslim, Abdullah. 2010. *Jangan Berbuat Kerusakan di Muka Bumi*. [serial online] <http://muslim.or.id/2757-jangan-berbuat-kerusakan-di-muka-bumi.html> (26 Agustus 2015)

\*\*\*) Anonim. 2015. *10 Hadist Terkait Kesehatan Dan Kebersihan*. [serial online] <http://www.muslimdaily.net/artikel/10-hadist-terkait-kesehatan-dan-kebersihan.html> (26 Agustus 2015)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rosyeni Berti Mauna

NIM : 102110101117

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “*Kandungan Kromium (Cr) pada Limbah Cair dan Air Sungai serta Keluhan Kesehatan Masyarakat di Sekitar Industri Elektroplating (Studi di Industri Elektroplating X Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates 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 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, 16 September 2015  
Yang menyatakan,

Rosyeni Berti Mauna  
NIM 102110101117

**SKRIPSI**

**KANDUNGAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR DAN AIR  
SUNGAI SERTA KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT DI SEKITAR  
INDUSTRI ELEKTROPLATING  
(STUDI DI INDUSTRI ELEKTROPLATING X KELURAHAN TEGAL  
BESAR KECAMATAN KALIWATES KABUPATEN JEMBER)**

Oleh

Rosyeni Berti Mauna  
NIM 102110101117

Pembimbing

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

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “*Kandungan Kromium (Cr) pada Limbah Cair dan Air Sungai serta Keluhan Kesehatan Masyarakat di Sekitar Industri Elektroplating (Studi di Industri Elektroplating X Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember)*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 16 September 2015

Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M. Kes  
NIP. 198111202005012001

Eri Witcahyo, S.KM., M.Kes  
NIP. 198207232010121003

Anggota,

Erwan Widiyatmoko, S.T  
NIP. 197802052000121003

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat

Drs. Husni Abdul Gani, M.S.  
NIP. 195608101983031003

## RINGKASAN

**Kandungan Kromium (Cr) pada Limbah Cair dan Air Sungai serta Keluhan Kesehatan Masyarakat di Sekitar Industri Elektroplating (Studi di Industri Elektroplating X Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember);** Rosyeni Berti Mauna; 102110101117; 2015; 89 Halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Industri elektroplating merupakan industri pelapisan logam dengan lapisan logam lainnya menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit. Salah satu contoh industri elektroplating ini adalah Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar, Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember. Industri Elektroplating X ini dalam kegiatan operasionalnya menghasilkan limbah cair yang banyak mengandung logam berat kromium karena salah satu bahan utama yang sering digunakan dalam pelapisan adalah kromium. Limbah cair yang dihasilkan dalam industri ini tidak dilakukan pengelolaan terlebih dahulu dan langsung dibuang ke sungai. Pembuangan limbah cair industri elektroplating tanpa pengelolaan terlebih dahulu dapat berpotensi mencemari air sungai di sekitar industri. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan diketahui kandungan kromium pada sungai di sekitar industri elektroplating tersebut sebesar 0,15 mg/L, kadar tersebut telah melebihi baku mutu lingkungan yang ditetapkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Air dan Pengendalian Pencemar yakni sebesar 0,05 mg/L untuk sungai kelas III. Sungai di sekitar Industri Elektroplating X ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan kromium (Cr) dalam limbah cair dan air sungai serta keluhan kesehatan masyarakat di sekitar industri elektroplating. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian deskriptif dan rancang bangunnya adalah studi pada

Industri Elektroplating X. Sampel dalam penelitian ini adalah limbah cair yang diambil pada hari yang sama tetapi dalam proses pelapisan logam yang berbeda, yakni logam A, B, dan C. Sampel selanjutnya adalah sampel air sungai yang diambil pada 4 lokasi yakni pada lokasi sebelum *point source* (A), *point source* (B), setelah *point source* (C), dan lokasi dimanfaatkan oleh masyarakat (D). Untuk mengetahui keluhan kesehatan masyarakat dilakukan pengambilan sampel sejumlah 51 responden yang menggunakan air sungai.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada Industri Elektroplating X, didapatkan bahwa volume rerata limbah cair yang dihasilkan sebesar 34 liter per 0,049 m<sup>2</sup> luas permukaan yang dilapisi, dengan kandungan kromium rerata sebesar 3,5 mg/L. Volume limbah cair dan kandungan kromium tersebut telah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya yang menyebutkan bahwa volume limbah cair maksimum sebesar 20 liter/m<sup>2</sup> dengan kandungan kromium sebesar 0,5 mg/L. Sedangkan kandungan rerata kromium pada air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X pada keempat lokasi pengambilan yakni lokasi sebelum *point source* (A) sebesar 0,157 mg/L, lokasi *point source* (B) sebesar 0,162 mg/L, lokasi setelah *point source* (C) sebesar 0,188 mg/L, dan lokasi dimanfaatkan masyarakat (D) sebesar 0,219 mg/L. Kandungan kromium pada keempat lokasi tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Air dan Pengendalian Pencemar yakni sebesar 0,05 mg/L untuk sungai kelas III. Responden Sebanyak 56,9% menyatakan adanya keluhan kesehatan berupa gatal-gatal, iritasi mata, borok, dan gelembung air pada kulit.

## SUMMARY

*The Chromium (Cr) in Liquid Waste and River Water and Public Health Complaints Around The Electroplating Industry (The Study in The X Electroplating Industry in Tegal Besar, Kaliwates, Jember); Rosyeni Berti Mauna; 102110101117; 2015; 89 page; the environmental health occupational safety and public health faculty of university jember.*

*Electroplating industry is an industry coating metal with other metal using electric current by way of an electrolyte. One of electroplating industry is X Electroplating Industry which located in Tegal Besar, Kaliwates, Jember. X Electroplating Industry in Tegal Besar in their operations produce liquid waste which contain many chromium heavy metal because the main ingredient is frequently used in a coating is chromium. The liquid waste produced in the industry has not managed before and directly loosind upon into rivers. Liquid waste disposal industry electroplating which without management first, it could potentially pollute the river waters of the surrounded area. Based on the study that has been made known chromium content on the river around the industry electroplating of by 0.15 mg/l, the content exceeds environmental quality standards set government regulation republic of indonesia no 82 year 2001 about water management and control of pollution as 0,05 mg/L of river class III. The river around this industry commonly used by the people to fulfilling their daily needs.*

*The purpose of this research is to know the chromium (Cr) on waste liquid and river water and the complaint of public health around industry. This research using the quantitative approach with the kind of research used is descriptive of study in X Electroplating Industry in Tegal Besar, Kaliwates, Jember. Sample which use in this research is liquid waste which the retrieval of the sample the same day but in the process of coating different metals, its A, B, C metals. The next sample was the river water sample taken at 4 locations they are on the location before point source (A), point source (B), after point source (C), and the*

location was used by the community (D). To know complaints community health, the sample collection is 51 respondents that uses water river.

Based on the results of research conducted on X Electroplating Industriy, got that average volume liquid waste produced per unit that was 34 liters per 0,049 m<sup>2</sup> of surface area material, with chromium average content worth 3.5 mg/l. The volume of liquid waste and chromium content has exceeded the liquid waste quality standard set by government regulation east java no.72 2013 about raw waste quality for industries and/or other business activities which said that the volume of liquid waste a maximum of 20 liter/m with chromium content as much as 0.5 mg/l. The chromium in the Bedagung River around X Electroplating Industry on four locations at the before point source (A) was 0,157 mg/l , at the point source (B) was 0,162 mg/l, at the after source point (C) was 0,188 mg/l, and at the location used by people (D) was 0,219 mg/l. The chromium on the four the location surpassing the standard set by government regulation republic of indonesia no 82 year 2001 about water management and control of pollution as 0,05 mg/l for river class III. 56,9 % respondents stated there were health complaints, it was eye irritation, ulcers, and oedema.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, hidayat dan karunia-Nya, sehingga terselesaikannya penyusunan skripsi dengan judul *Kandungan Kromium (Cr) pada Limbah Cair dan Air Sungai serta Keluhan Kesehatan Masyarakat di Sekitar Industri Elektroplating (Studi di Industri Elektroplating X Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember)*, sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember .

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan dan sumbangan pemikiran dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes dan Ibu Prehatin Trirahayu Ningrum S.KM., M.Kes selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya dan dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan hingga skripsi ini dapat terselesaikan dan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Husni Abdul Gani, M.S., selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes., selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
3. Ibu Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M. Kes., selaku ketua Penguji dari Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
4. Bapak Eri Witcahyo, S.KM., M.Kes., selaku sekretaris Penguji dari Bagian Administrasi dan Kebijakan Kesehatan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
5. Bapak Erwan Widiyatmoko S.T. selaku penguji anggota dari UPT Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Jember;

6. Bapak Yanto selaku pemilik Industri Elektroplating yang telah memberi izin tempat penelitian sehingga melancarkan dalam penyelesaian skripsi ini;
7. Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Jember yang telah membantu dan bekerjasama demi terselesainya penelitian ini;
8. Kedua orang tuaku, Ibu Umanah dan Ayah Abd. Rohman yang telah membesarkanku, medoakanku, serta memberi dukungan moril maupun materil hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini;
9. Adikku tersayang Maysia Berta Rahmananda dan Muhammmad Istamaruddin Rahum yang selalu memotivasiku menjadi kakak yang terbaik;
10. Saudara dan Sahabat saya Panca Wahyu M, Ratnaningtyas Wahyu K.W, Nila Khurin'in, Galih Putri W, Putri Erlinda K.P, Winda Safitri, Dias Eka, Nayla fikriani, Ike Novianti, dan Fitri Nadia Sofi. Terimakasih untuk kebersamaan selama ini, kalian adalah saudara dan sahabat yang selalu menyempatkan waktu untuk berbagi cerita, diskusi, dukungan, dan nasehat;
11. Teman-teman Dila, Mbak Iir, Oksi, Devi, Mbak ifa, Dini, Amel, Eka, Lia, Jee. Terima kasih atas nasehat dan dukungannya;
12. Sahabat seperjuangan di peminatan Kesling 2010 (Vara, Eka, Noradila, Venaya, Imayati, Udin, Hendra, Mahfud, Danur, Mas Bobby, Mas Angga, Mas Yudi), terima kasih telah berbagi kebahagiaan dan motivasi dalam setiap kesempatan.
13. Teman-teman angkatan 2010 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember, terimakasih telah menjadi bagian dari proses hidup selama kuliah dan dalam penyusunan skripsi ini;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi khasanah ilmu pengetahuan, terutama di bidang Kesehatan Masyarakat. Atas perhatian dan dukungannya, penulis menyampaikan terima kasih.

Jember, 16 September 2015

Penyusun

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>x</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR LAMBANG</b> .....	<b>xx</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xxi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>6</b>
1.3.1 Tujuan Umum .....	<b>6</b>
1.3.2 Tujuan Khusus .....	<b>6</b>
<b>1.4 Manfaat</b> .....	<b>7</b>
1.4.1 Manfaat Teoritis .....	<b>7</b>
1.4.2 Manfaat Praktis .....	<b>7</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1 Elektroplating</b> .....	<b>8</b>
2.1.1 Pengertian Elektroplating.....	<b>8</b>

2.1.2 Alat dan Bahan Industri Elektroplating.....	10
2.1.3 Prinsip Kerja Elektroplating.....	11
2.1.4 Proses Kerja Elektroplating .....	14
<b>2.2 Limbah Cair .....</b>	<b>21</b>
2.2.1 Pengertian Limbah Cair .....	21
2.2.2 Parameter Limbah Cair .....	21
<b>2.3 Air Sungai .....</b>	<b>23</b>
2.3.1 Pengertian Sungai.....	23
2.3.2 Baku Mutu Air Sungai .....	24
2.3.3 Pencemaran Air Sungai.....	26
<b>2.4 Logam Berat Kromium (Cr).....</b>	<b>29</b>
2.4.1 Pengertian Kromium (Cr) .....	29
2.4.2 Toksikologi Logam Kromium(Cr).....	30
2.4.3 Kadar Batas Aman Logam Kromium(Cr).....	32
<b>2.5 Kerangka Teori .....</b>	<b>33</b>
<b>2.5 Kerangka Konseptual .....</b>	<b>34</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1 Jenis Penelitian .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>37</b>
3.2.1 Tempat Penelitian .....	37
3.2.2 Waktu Penelitian.....	37
<b>3.3 Populasi dan Sampel Penelitian.....</b>	<b>38</b>
3.3.1 Populasi Penelitian .....	38
3.3.2 Sampel Penelitian .....	38
<b>3.4 Teknik Pengambilan Sampel .....</b>	<b>40</b>
3.4.1 Teknik Pengambilan Sampel Air Limbah .....	40
3.4.2 Teknik Pengambilan Sampel Air Sungai.....	42
3.4.3 Metode Pengujian Kromium di Laboratorium .....	46
<b>3.5 Variabel dan Definisi Operasional .....</b>	<b>47</b>
<b>3.6 Data dan Sumber Data .....</b>	<b>48</b>
3.6.1 Data Primer .....	48

3.6.2 Data Skunder .....	49
<b>3.7 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data .....</b>	<b>49</b>
3.7.1 Teknik Pengumpulan Data .....	49
3.7.2 Instrumen Pengumpulan Data .....	50
<b>3.8 Teknik Penyajian dan Analisis Data .....</b>	<b>51</b>
<b>3.9 Alur Penelitian.....</b>	<b>52</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....</b>	<b>53</b>
<b>4.2 Hasil.....</b>	<b>55</b>
4.2.1 Industri Elektroplating.....	55
4.2.2 Volume dan Kandungan Kromium (Cr) pada Limbah Cair Elektroplating .....	56
4.2.3 Kandungan Kromium pada Air Sungai .....	56
4.2.4 Pemanfaatan Air Sungai bagi Masyarakat.....	58
<b>4.3 Pembahasan .....</b>	<b>61</b>
4.3.1 Industri Elektroplating.....	61
4.3.2 Volume dan Kandungan Kromium (Cr) pada Limbah Cair Elektroplating .....	71
4.3.3 Kandungan Kromium pada Air Sungai .....	76
4.3.4 Keluhan Kesehatan Pemanfaatan Air Sungai bagi Masyarakat .....	81
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>84</b>
<b>4.1 Kesimpulan .....</b>	<b>84</b>
<b>4.2 Saran .....</b>	<b>85</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>86</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>90</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Presentase Komposisi Kimia Proses Elektroplating Logam.....	10
Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Cair Industri Elektroplating.....	22
Tabel 2.3 Kriteria Baku Mutu Air Berdasarkan Kelas.....	25
Tabel 3.1 Variabel dan Definisi Operasional.....	47
Tabel 4.1 Jumlah Logam yang Dilapisi .....	56
Tabel 4.2 Volume dan Kandungan Kromium pada Limbah Cair Elektroplating.....	56
Tabel 4.3 Kandungan Kromium pada Air Sungai.....	57
Tabel 4.4 Distribusi Pemanfaatan Air Sungai Bedadung bagi Masyarakat .....	59
Tabel 4.5 Waktu Pemanfaatan Air Sungai.....	59
Tabel 4.6 Lama Pemanfaatan Air Sungai .....	59
Tabel 4.7 Ada Tidaknya Keluhan Kesehatan yang Dirasakan.....	60
Tabel 4.8 Keluhan Kesehatan yang Ditimbulkan .....	60

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Kerangka Teori .....	33
Gambar 2.2 Kerangka Konseptual .....	34
Gambar 3.1 Denah Pengambilan Sampel Limbah Cair .....	41
Gambar 3.2 Denah Penampang Atas Titik Sampel pada Air Sungai.....	44
Gambar 3.3 Denah Penampang Samping Titik Sampel pada Air Sungai.....	44
Gambar 3.4 Alur Penelitian .....	52
Gambar 4.1 Denah Lokasi Kerja pada Industri Electroplating Kelurahan Tegal Besar .....	54
Gambar 4.2 Grafik Rerata Kandungan Kromium pada Sungai Bedadung .....	58
Gambar 4.3 Proses Penghilangan Cat pada Lapisan Bahan .....	63
Gambar 4.4 Proses Penghilangan Lapisan Karat .....	64
Gambar 4.5 Proses Pemerataan dan Penghalusan Permukaan Bahan .....	65
Gambar 4.6 Proses Pembersihan dan Penghilangan Lapisan Minyak dan Lemak .....	66
Gambar 4.7 Proses Pelapisan Tembaga .....	68
Gambar 4.8 Proses Pelapisan Nikel .....	69
Gambar 4.9 Proses Pelapisan Kromium .....	70
Gambar 4.10 Proses Penggosakan dengan Batu Hijau .....	70
Gambar 4.11 Tahapan Proses Produksi Industri Electroplating dan Limbah Cair yang Dihasilkan .....	72
Gambar 4.12 Logam A, B, dan C .....	73

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran A. Lembar Persetujuan .....	90
Lampiran B. Lembar Wawancara dan Observasi Industri Elektroplating .....	91
Lampiran C. Lembar Wawancara Masyarakat.....	93
Lampiran D. Dokumentasi .....	95
Lampiran E. Hasil Laboratorium Pemeriksaan Kromium pada Limbah Cair .....	99
Lampiran F. Hasil Laboratorium Pemeriksaan Kromium pada Air Sungai.....	102

**DAFTAR LAMBANG**

$\pm$	: Kurang lebih
-	: Sampai dengan
>	: Lebih dari
%	: Persen
/	: Per, atau
x	: Kali
&	: Dan
°	: Derajat
$\bar{x}$	: Rerata
I	: Angka romawi satu
II	: Angka romawi dua
III	: Angka romawi tiga
IV	: Angka romawi empat
$C_2H_2$	: <i>Ethine</i>
$HNO_3$	: <i>Nitrat Acid</i>
$H_2SO_4$	: <i>Sulphat Acid</i>
$Na_2CO_3$	: <i>Caustic Soda</i>
$C_4H_4O_6$	: <i>Rochelle Salt</i>
$H_3BO_3$	: <i>Bork Acid</i>
$CrO_3$	: <i>Chromic Acid</i>
$NH_3$	: Amoniak
$CH_4$	: Metana
$NO_3$	: Nitrat

**DAFTAR SINGKATAN**

BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
TDS	: <i>Total Dissolved Solid</i>
TSS	: <i>Total Suspended Solid</i>
DO	: <i>Dissolved Oxygen</i>
cm	: Centimeter
m	: Meter
L	: Liter
µg	: Mikro gram
g	: Gram
mg	: Miligram
m <sup>2</sup>	: Meter kubik
cm <sup>2</sup>	: Centimeter kubik
µm	: Mikro meter
pH	: <i>Power of Hydrogen</i>
DAS	: Daerah Aliran sungai
SSA	: Spektrofotometri Serapan Atom
SNI	: Standar Nasional Indonesia
RT	: Rukun Tetangga
RW	: Rukun Warga
B3	: Bahan Berbahaya dan Beracun
Cr	: <i>Cromium</i>
CN	: <i>Cianida</i>
Cu	: <i>Copper</i>
Zn	: <i>Zink</i>
Ni	: <i>Nikel</i>
Pb	: <i>Plumbum</i>
Cd	: <i>Cadmium</i>
Hg	: <i>Hydrargyricum</i>
HCl	: Hidrogen Klorida

HF	:	Hidrogen Flourida
CuCN	:	Copper Cianida
NaCN	:	Natrium Cianida
NaK	:	Natrium Kalium
NiSO <sub>4</sub>	:	Nikel Sulphat
NiCl <sub>2</sub>	:	Nikel Chloride
N <sub>2</sub>	:	Nitrogen
O <sub>2</sub>	:	Oksigen
CO <sub>2</sub>	:	Carbon Dioksida
H <sub>2</sub> S	:	<i>Dihydrogen Sulfide</i>
C	:	Celcius
M	:	Mol

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian, industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengelola bahan baku dan atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi, termasuk jasa industri. Pada era globalisasi ini sektor industri telah mengalami perkembangan yang begitu pesat. Perkembangan sektor industri yang pesat ini memberikan dampak perekonomian yang positif bagi masyarakat dan negara. Sektor industri yang mengalami perkembangan begitu pesat di Indonesia salah satunya adalah industri pelapisan logam. Hal ini dikarenakan seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi, kehidupan masyarakat modern tidak terlepas dari benda-benda logam. Proses pelapisan logam bertujuan sebagai pelapis protektif-dekoratif yakni untuk melindungi benda-benda tersebut dari korosi dan untuk mendapatkan benda-benda dengan tingkat kecerahan yang bagus sehingga memperindah penampilan. Pelapisan logam memiliki beberapa metode yang diantaranya adalah metode elektroplating, metode pencelupan panas (*hot dipping*), dan metode penyemprotan. Pada pelapisan logam, metode yang paling sering digunakan adalah metode elektroplating.

Elektroplating atau pelapisan dengan metode listrik adalah suatu proses pengendapan zat atau ion-ion logam pada elektroda katoda (negatif) dengan cara elektrolisis. Terjadinya suatu endapan pada proses ini disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit (Saleh, 2014:4). Benda yang dilakukan pelapisan harus merupakan konduktor atau dapat menghantarkan arus listrik dan logam-logam yang biasanya digunakan untuk pelapis yaitu kadmium, tembaga, emas, nikel, perak, kromium dan logam-logam sejenis. Beberapa contoh produk yang dihasilkan dengan menggunakan metode

elektroplating diantaranya aksesoris logam pada kendaraan bermotor, perhiasan, gagang pintu, dan peralatan rumah tangga yang terbuat dari logam.

Metode pelapisan logam elektroplating memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya. Kelebihan dari metode pelapisan logam ini adalah lapisan relatif lebih tipis, ketebalan dapat dikontrol, permukaan lapisan lebih halus (Rahayu, 2009). Kelebihan yang dimiliki oleh metode elektroplating dalam melapisi logam inilah yang mendorong berkembangnya industri elektroplating di Indonesia. Semakin berkembangnya industri elektroplating memberikan dampak semakin banyak pula limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut.

Industri elektroplating dalam kegiatannya menghasilkan berbagai limbah yang diantaranya berupa limbah padat, cair, dan gas. Limbah elektroplating yang sering menjadi perhatian adalah limbah cair, hal ini dikarenakan dalam limbah cair industri elektroplating mengandung ion-ion logam berat yang bersifat toksik meskipun dalam konsentrasi yang rendah dan dapat bersifat bioakumulasi dalam siklus rantai makanan (Sharma dan Weng, 2007). Beberapa jenis ion logam berat yang terkandung dalam air limbah industri elektroplating diantaranya kromium valensi VI ( $\text{Cr}^{6+}$ ), kromium total, sianida ( $\text{CN}^-$ ), tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ), seng ( $\text{Zn}^{2+}$ ), nikel ( $\text{Ni}^{2+}$ ), timbal ( $\text{Pb}^{2+}$ ) dan kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) (Sumada, 2006).

Limbah cair suatu industri yang dilakukan pengolahan terlebih dahulu maupun yang tidak, pada akhirnya akan dibuang ke lingkungan yang salah satunya adalah sungai. Limbah cair industri elektroplating yang mengandung logam berat yang tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu jika dibuang ke sungai dapat mencemari sungai. Menurut Forstner dan Prosi (1978:133), faktor yang menyebabkan logam berat dikelompokkan ke dalam zat pencemar adalah logam berat tidak dapat terurai atau berdegradasi seperti pencemar organik, dan logam berat dapat terakumulasi dalam lingkungan terutama dalam sedimen sungai dan laut karena dapat terikat dengan senyawa organik dan anorganik melalui proses adsorpsi dan pembentukan senyawa kompleks. Pencemaran air sungai dapat terjadi karena pengaruh kualitas air limbah yang melebihi baku mutu dan debit air limbah yang dihasilkan.

Pencemaran sungai tidak hanya berdampak terhadap lingkungan tetapi juga terhadap makhluk hidup. Sungai merupakan habitat beberapa organisme dalam air dan merupakan salah satu sumber air bersih yang dimanfaatkan dalam kegiatan manusia seperti sumber air minum, mandi, irigasi dan mencuci. Jika suatu perairan tercemar oleh limbah yang dihasilkan oleh suatu industri terutama limbah yang mengandung logam berat akan dapat berdampak pada organisme perairan tersebut dan juga manusia yang memanfaatkannya. Logam berat dalam perairan sungai yang tercemar dapat mengakibatkan keracunan apabila terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup dengan kadar melebihi ambang batas (Indrawati, 2009). Logam berat dapat mengakibatkan toksik pada manusia dan menyebabkan beberapa akibat negatif, tetapi yang utama adalah menimbulkan kerusakan jaringan, terutama jaringan detoksifikasi dan ekskresi (hati dan ginjal). Beberapa logam memiliki sifat karsinogenik (pembentuk kanker) dan teratogenik (salah bentuk organ) (Darmono, 1994:95).

Kabupaten Jember merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang terdiri dari 31 kecamatan dan memiliki beberapa sungai yang diantaranya sungai Bedadung, Sungai Mayang, dan Sungai Bondoyudo (Kemendagri, 2013). Kabupaten Jember memiliki beberapa industri yang salah satunya adalah Industri Elektroplating X yang terdapat di Kelurahan Tegal Besar. Industri Elektroplating X ini merupakan industri yang bergerak dalam bidang pelapisan logam besi dan aluminium dengan menggunakan bahan baku pelapis berupa logam tembaga, nikel, dan kromium. Pada bahan besi logam yang digunakan untuk melapisi adalah tembaga, nikel, dan kromium. Sedangkan bahan yang digunakan untuk melapisi aluminium adalah nikel dan kromium.

Industri Elektroplating X dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri elektroplating ini berpotensi mengandung logam berat berupa tembaga, nikel, dan kromium yang merupakan bahan baku pelapis yang digunakan. Akan tetapi kandungan logam terbanyak pada limbah cair elektroplating ini adalah logam nikel dan kromium. Hal ini dikarenakan bahan pelapis yang paling sering digunakan pada Industri Elektroplating X adalah kedua jenis logam tersebut. Berdasarkan penelitian

menurut sebelumnya menyebutkan bahwa kadar logam dalam limbah elektroplating adalah sebagai berikut untuk kromium sebesar  $2,0777 \pm 0,2785$  mg/L dan untuk tembaga sebesar  $0,5325 \pm 0,0250$  mg/L (Iksan, 2011). Sedangkan menurut Suprihatin dan Erriek (2009), menyebutkan bahwa konsentrasi logam tembaga dan kromium pada 200 ml limbah elektroplating masing-masing adalah 5,7 mg/L dan 137 mg/L. Menurut Mulyaningsih (2013), dalam penelitiannya menyebutkan bahwa kandungan logam berat nikel dan kromium pada limbah elektroplating sebesar 52,60 mg/L dan 79,10 mg/L. Berdasarkan beberapa penelitian diatas diketahui bahwa kandungan logam berat tertinggi pada limbah industri elektroplating adalah logam kromium dibandingkan dengan logam lainnya. Limbah elektroplating yang mengandung logam kromium dalam beberapa penelitian diatas diketahui tidak memenuhi baku mutu limbah cair berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 yaitu sebesar 0,5 mg/L. Berdasarkan hal tersebut maka dimungkinkan limbah cair pada Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar ini berpotensi tinggi mengandung banyak logam kromium dibandingkan dengan logam lainnya. Limbah cair pada Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar yang banyak mengandung logam berat kromium ini tidak dilakukan pengolahan dan langsung dibuang ke badan sungai di sekitar industri tersebut.

Sungai di sekitar Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar ini merupakan Sungai Bedadung yang oleh masyarakat sekitar dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Sungai Bedadung ini biasanya digunakan untuk mencuci, mandi, dan buang air besar. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan pada bulan Oktober 2014, diketahui bahwa kandungan kromium dalam air Sungai Bedadung di sekitar industri elektroplating tersebut sebesar 0,15 mg/L. Kadar tersebut telah melebihi baku mutu lingkungan yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran yang menetapkan bahwa baku mutu air sungai untuk logam kromium sebesar 0,05 mg/L pada sungai kelas III. Limbah cair industri elektroplating dengan kandungan logam berat kromium yang melebihi baku mutu lingkungan jika dibuang ke sungai tanpa pengelolaan

dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan biota didalamnya, serta makhluk hidup lainnya yang memanfaatkan sungai tersebut salah satunya adalah masyarakat sekitar industri.

Pembuangan logam berat dalam sungai memiliki hubungan dengan kondisi morfologi dan hidrologi, materi terlarut seperti logam dapat terakumulasi sepanjang perairan, bahkan dapat terjadi beberapa kilometer setelah sumber populasi (Obolewski dan Glinska-Lewczuk, 2006). Apabila terpapar organisme, konsentrasi logam berat yang tinggi dapat bersifat toksik dan cenderung terakumulasi di organ vital (Akoto dan Bruce, 2008). Akumulasi tersebut dapat berdampak pada rantai makanan sehingga mempengaruhi kesehatan manusia (El-Kammar, 2009). Menurut Joko (2003), dalam penelitiannya menyebutkan bahwa, dampak kelebihan kromium dalam tubuh manusia akan terjadi pada kulit, saluran pernapasan, ginjal, dan hati. Kelebihan kromium ini jika terjadi pada kulit dapat mengakibatkan iritasi kulit, pada saluran pernapasan dapat mengakibatkan iritasi membran, bronkitis, hingga kanker paru-paru, sedangkan pada hati dan ginjal dapat menyebabkan nekrosis pada kedua organ tersebut (Adiwisastro, 1978:66).

Berdasarkan uraian di atas maka diperlukan adanya penelitian terkait kandungan logam berat kromium dalam limbah cair dan air sungai di sekitar Industri Elektroplating X yang dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran. Hal tersebut sebagai upaya pemantauan terhadap kualitas air limbah dan kualitas sungai. Serta diperlukan penelitian terkait keluhan kesehatan yang dirasakan masyarakat pengguna air sungai di sekitar Industri Elektroplating X.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan adalah sebagai berikut : “bagaimana kandungan kromium (Cr) dalam limbah cair dan air sungai serta keluhan kesehatan masyarakat di sekitar industri elektroplating?”

## 1.3 Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan kromium (Cr) dalam limbah cair dan air sungai serta keluhan kesehatan masyarakat di sekitar industri elektroplating.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mengidentifikasi proses produksi industri elektroplating dan jumlah produksi pelapisan logam di Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember.
- b. Mengidentifikasi volume dan kandungan kromium (Cr) pada limbah cair yang dihasilkan dalam satu kali tahapan proses pelapisan logam Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember
- c. Mengidentifikasi kandungan kromium (Cr) pada air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X sebelum titik pembuangan (*point source*), di titik pembuangan (*point source*), sesudah titik pembuangan (*point source*), dan tempat dimanfaatkan masyarakat dalam aktivitas keseharian.
- d. Mengidentifikasi keluhan kesehatan masyarakat yang timbul akibat pengguna air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X dalam aktivitas keseharian.

## 1.4 Manfaat

### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah dan mengembangkan ilmu pengetahuan tentang kesehatan lingkungan dalam bidang kesehatan masyarakat, khususnya mengenai kandungan kromium (Cr) dalam air limbah elektroplating dengan air sungai serta keluhan kesehatan masyarakat sekitar Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember.

### 1.4.2 Manfaat Praktis

#### a. Masyarakat

Memberikan informasi terkait bahaya dan dampak kesehatan penggunaan air sungai yang mengandung logam berat Kromium (Cr) dalam jumlah yang melebihi baku mutu lingkungan.

#### b. Peneliti

Hasil penelitian ini sebagai pengalaman dan penambah wawasan serta pengetahuan bagi peneliti.

#### c. Pemilik industri

Memberikan informasi dari penelitian ini terkait pentingnya pengelolaan limbah industri elektroplating yang mereka dimiliki.

#### e. Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat

Hasil penelitian ini sebagai bahan tambahan ilmu untuk pengembangan mahasiswa tentang kandungan logam berat kromium (Cr) pada limbah cair industri elektroplating dan air sungai disekitar industri.

#### f. Bagi Kantor Lingkungan Hidup

Sebagai bahan informasi tentang kualitas air dan lingkungan terutama kandungan kromium pada air limbah industri elektroplating dan air Sungai Bedadung sekitar Industri Elektroplatin X di Kelurahan Tegal Besar, Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Elektroplating

#### 2.1.1 Pengertian Elektroplating

Elektroplating merupakan salah satu proses terpenting dalam industri elektronik. Elektroplating adalah proses pengendapan zat atau ion-ion logam pada elektroda katoda (negatif) dengan cara elektrolisis. Hasil dari elektrolisis tersebut akan mengendap pada elektroda negatif/katoda. Terjadinya suatu endapan pada proses ini disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit (Saleh, 2014:4).

Proses elektroplating memiliki tujuan utama untuk mengubah dan meningkatkan nilai logam dengan meningkatkan penampilannya. Namun, kepentingan *finishing* logam untuk tujuan dekoratif telah menurun. Hal ini dikarenakan saat ini tujuan utama elektroplating adalah untuk merawat permukaan benda atau barang logam dari ketahanan korosi atau dampak sifat fisik mekanis dari permukaan barang yang terbuat dari logam (Siah, 2009).

Prinsip dasar dari proses pelapisan elektroplating adalah berdasarkan pada hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. Di samping itu jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut (saleh, 2014:4). Dalam pelaksanaan proses pelapisan listrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu arus yang dibutuhkan untuk melapisi (rapat arus), temperature larutan, waktu pelapisan dan konsentrasi larutan.

Secara spesifik elektroplating digunakan pada pelapisan tembaga, perak, dan kromium. Dalm industri, proses elektroplating dapat memungkinkan produsen menggunakan logam murah seperti baja, tembaga, atau seng sebagai bahan dasar awal. Selanjutnya melalui proses elektroplating, logam tersebut dilapisi emas dan

perak. Tujuannya adalah untuk mendapatkan hasil terbaik sebagai perlindungan anti korosif dan nilai estetika (Mittal, 2013). Beberapa logam memiliki tujuan berbeda-beda dalam proses elektroplating. Logam seperti emas, perak, nikel dan kromium digunakan sebagai pelapisan untuk meningkatkan penampilan obyek. Seng, tembaga, dan timah biasanya digunakan untuk pelapisan pencegah korosi. Kadang-kadang elektroplating digunakan untuk meningkatkan ketebalan item (Helmenstine, 2013). Kategori logam plating tersebut memiliki perbedaan sesuai dengan fungsi dan tujuan produksinya. Kategori logam plating diantaranya (mittal,2013):

a. *Sacrificial Coating*

Digunakan sebagai proteksi, logam yang digunakan bahan dasar lapisan. Contohnya: Zn, Cd, Cu.

b. *Decorative Coating*

Digunakan secara primer untuk tujuan perbandingan dan ketertarikan. Contohnya: baja, Ni, Cr, Zn.

c. *Functional Coating*

Digunakan sebagai pelapis untuk kebutuhan fungsional. Contoh: emas, perak, platinum, ruthenium, rhodium, palladium, dan indium.

d. *Minor Metal*

Biasanya yang digunakan adalah besi, kobalt, dan indium, karena mereka mudah untuk piring, namun jarang sekali digunakan untuk plating.

e. *Unusual Metal Coating*

Merupakan logam yang jarang sekali digunakan untuk plating daripada minor metals. Contohnya: As, Sb, Bi, Mn, Re, Al, Zr, Ti, Hf, V, Nb, Ta, W, dan Mo.

f. *Alloy Coating*

Merupakan perpaduan dari zat yang memiliki sifat logam dan terdiri dari dua atau lebih elemen. Lapisan ini disebut oleh plating dua logam dalam sel yang sama. Kombinasi umum meliputi, emas-tembaga-kadmium, seng-kobalt, seng-besi. Seng-nikel, dan timah-kobalt.

### 2.1.2 Alat dan Bahan Industri Elektroplating

Proses elektroplating secara fisik terdiri dari empat bagian yang berdasarkan perlakuan secara elektro teknis, yaitu (Osborne, 2013):

- Rangkaian eksternal, terdiri dari sumber arus searah (DC), media konektor arus listrik ke wadah plating, dan instrument yang terkait seperti amperemeter, voltmeter, dan alat pengatur tegangan dan arus listrik untuk menentukan nilai-nilai yang tepat.
- Elektroda negatif atau katoda yang merupakan bahan yang menjadi obyek untuk mendapatkan lapisan, dilakukan dengan memposisikan katoda dalam larutan untuk mendapatkan transfer dari anoda.
- Larutan plating atau elektrolit digunakan sebagai media yang akan menyampaikan elektrolit dari anoda ke katoda dengan menggunakan energi arus listrik.
- Elektroda positif atau anoda, biasanya berbentuk logam padat yang berfungsi sebagai inert atau yang akan melapisi logam katoda.

Umumnya proses elektroplating pada beberapa logam dapat digambarkan dalam presentase komposisi kimia pada tabel 2.1 sebagai berikut (helmenstine, 2013):

Tabel 2.1 Presentase Komposisi Kimia Proses Elektroplating Logam

<i>Metal</i>	<i>Anode</i>	<i>Elektrolyte</i>	<i>Application</i>
Cu	Cu	20% CuSO <sub>4</sub> , 3% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<i>Electrotype</i>
Ag	Ag	4% AgCN, 4% KCN, 4% K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	<i>Jewelry, tableware</i>
Au	Au, C, Ni, Cr	3% AuCN, 19% KCN, 4% Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , buffer	<i>Jewelry</i>
Cr	Pb	25% CrO <sub>3</sub> , 0,25% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<i>Automobile parts</i>
Ni	Ni	30% NiSO <sub>4</sub> , 2% NaCl <sub>2+</sub> , 1% H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	<i>Cr base plate</i>
Zn	Zn	6% Zn (CN) <sub>2</sub> , 5% NaCN, 4% NaOH, 1% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , 0,5 % Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	<i>Galvanized steel</i>
Sn	Sn	8% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 3% Sn, 10% cresol-sulfuric acid	<i>Tin-plated cans</i>

Sumber: Helmenstine, 2013

Pada beberapa Industri elektroplating di Indonesia sering kali bahan pelapis logam yang digunakan berupa tembaga (*Copper*), Nikel (*Nicle*) dan Kromium (*Chromium*).

- a. Tembaga (*Cooper*) adalah salah satu logam yang bersifat lunak, menarik, liat, tahan korosi, daya hantar panas baik, konduktivitas listrik tinggi, dan tahan oksidasi pada larutan non asam. Penggunaan lapisan tembaga sangat luas dan sering digunakan, hal ini dikarenakan selain meningkatkan tampak rupa, serta perlindungan korosi juga dapat meningkatkan juga dapat meningkatkan sifat-sifat benda yang dilapisi menurut aspek-aspek teknologi yang diinginkan. Dalam dunia industri, pelapisan tembaga salah satunya dimanfaatkan sebagai lapisan dasar (*strike*) pada proses pelapisan nikel-kromium dekoratif (Saleh, 2014:72).
- b. Nikel adalah logam yang banyak digunakan pada industri kimia, akumulator dan pelapisan logam, karena sifatnya yang tahan korosi dan lunak. Nikel berwarna putih keperak-perak, berkilau halus, sehingga bila dipoles dan sebagai lapisan lindung akan kelihatan tampak rupa yang indah dan mengkilat. Nikel memiliki kekerasan dan kekuatan sedang, keuletannya dan daya hantar listrik yang baik. Pelapisan nikel dengan listrik sangat luas penggunaannya, hal ini dikarenakan pelapisan nikel dengan listrik dapat divariasikan baik warna, kehalusan, struktur lapisan (Saleh, 2014:91).
- c. Kromium (*Chromium*) adalah logam non ferro, mempunyai sifat sangat menonjol dan dapat dimanfaatkan yaitu mudah teroksidasi membentuk lapisan kromium oksida yang bersifat kaku, tahan korosi, tidak berubah warna terhadap cuaca tetapi larut dalam asam klorida, sedikit larut dalam asam sulfat, dan tidak larut dalam asam nitrat. Dari sifat-sifat tersebut, maka kromium banyak digunakan sebagai bahan paduan logam besi dalam usaha untuk meningkatkan ketahanan korosi, kekuatan serta sebagai bahan pelapis dekoratif (Saleh, 2014:104).

### 2.1.3 Prinsip Kerja Elektroplating

Pada prinsipnya pelapisan logam dengan cara lapisan listrik atau elektroplating merupakan rangkaian dari arus listrik, anoda, larutan elektrolit dan katoda (benda kerja).

Keempat gugusan ini disusun sedemikian rupa, sehingga membentuk suatu sistem lapisan listrik dengan rangkaian sebagai berikut:

- 1) Anoda dihubungkan pada kutub positif dan sumber listrik
- 2) Katoda dihubungkan pada kutub negatif dari sumber listrik
- 3) Larutan elektrolit ditampung dalam bak
- 4) Anoda dan katoda direndam dalam larutan elektrolit

Bila arus listrik (potensial) searah dialirkan antara kedua elektroda anoda dan katoda dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif ditarik oleh katoda. Sementara ion bermuatan negatif berpindah kearah anoda ion-ion tersebut dinetralsir oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada elektroda katoda. Hasil yang terbentuk merupakan lapisan logam dan gas hidrogen (Saleh, 2014:6).

#### 1) Larutan Elektrolit

Suatu proses lapisan listrik memerlukan larutan elektrolit yang merupakan media proses berlangsung. Larutan elektrolit dapat dibuat dari larutan asam dan garam logam yang dapat membentuk ion-ion positif. Tiap jenis pelapisan larutan elektrolitnya berbeda-beda tergantung pada sifat-sifat elektrolit yang diinginkan (Saleh, 2014:8).

Larutan elektrolit selalu mengandung garam dari logam yang akan dilapisi. Garam-garam tersebut sebaiknya dipilih yang mudah larut tetapi anionnya tidak mudah tereduksi. Kemampuan atau aktivitas dari ion-ion logam ditentukan oleh konsentrasi dari garam logamnya, derajat desosiasi, dan konsentrasi unsur-unsur lainnya yang terdapat dalam larutan. Bila konsentrasi logamnya tidak mencukupi untuk diendapkan, akan terjadi endapan/lapisan yang terbakar pada rapat arus yang relatif rendah.

Berbagai bahan/zat kimia sengaja ditambahkan kedalam larutan elektrolit bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat lapisan tertentu. Sifat-sifat tersebut antara lain penampilan, ketegasan lapisan, keuletan dan kekerasan (Saleh, 2014:9).

#### 2) Anoda (elektroda positif)

Pada proses pelapisan secara listrik, peranan anoda sangat penting dalam menghasilkan kualitas lapisan. Pengaruh kemurnian/kebersihan anoda terhadap

elektrolit dan penentuan optimalisasi ukuran serta bentuk anoda perlu diperhatikan. Dengan perhitungan /pertimbangan yang cermat dalam menentukan anoda pada proses pelapisan dapat memberikan keuntungan, yaitu meningkatkan distribusi endapan, mengurangi kontaminasi larutan, menurunkan biaya kimiabahan kimia yang dipakai, meningkatkan efisiensi produksi, dan mengurangi timbulnya masalah-masalah dalam proses pelapisan.

Adanya arus listrik yang mengalir melalui larutan elektrolit di antara kedua elektroda, maka pada anoda akan terjadi pelepasan ion logam dan oksigen (reduksi), selanjutnya ion logam tersebut dan gas hidrogen diendapkan pada elektroda katoda (*soluble anode*). Peristiwa ini dikenal sebagai proses pelapisan dengan anoda terlarut. Tetapi bila anoda tersebut hanya dipakai sebagai penghantar arus (*conductor of current*), anoda ini disebut anoda tak larut (*unsoluble anode*) (Saleh, 2014:10).

Anoda tidak larut adalah panduan dari bahan-bahan seperti baja nikel, panduan timbal-tin, karbon, platina-titanium dan lain sebagainya. Anoda ini diutamakan selain sebagai penghantar yang baik juga tidak mudah terkikis oleh larutan dengan atau tanpa aliran listrik. Tujuan dipakainya anoda tidak larut adalah untuk (Saleh, 2014:11):

- a) Mencegah terbentuknya logam yang berlebihan dalam larutan
- b) Mengurangi nilai investasi peralatan
- c) Memelihara keseragaman jarak anoda dan katoda

Kerugian penggunaan anoda tidak larut adalah cenderung teroksidasi unsur-unsur tertentu dari anoda tersebut ke dalam larutan. Beberapa kriteria yang perlu diperhatikan dalam memilih anoda terlalu antara lain adalah (Saleh, 2014:11):

- a) Efisien anoda yang akan dipakai
- b) Jenis larutan elektrolit
- c) Kemurnian bahan anoda
- d) Bentuk anoda
- e) Rapat dan kapasitas arus yang disuplai
- f) Cara pembuatan anoda

### 3) Air

Pada industri pelapisan secara listrik, air merupakan salah satu unsur pokok yang harus selalu tersedia. Pada umumnya penggunaan air pada proses lapis listrik dikelompokkan menjadi empat macam yaitu:

- a) Air untuk pembuatan larutan elektrolit
- b) Air untuk menambah larutan elektrolit yang menguap
- c) Air untuk pembilasan, dan
- d) Air untuk proses pendinginan

Berdasarkan fungsi air tersebut dapat ditentukan kualitas air yang dibutuhkan untuk suatu proses. Air ledeng digunakan untuk proses pembilasan, pencucian, proses etsa (*etching*) dan proses pendinginan. Sedangkan air bebas mineral digunakan khusus untuk pembuatan larutan, analisis larutan, dan pembuatan larutan penambah (Saleh, 2014:13).

Pada proses pelapisan, air yang digunakan harus berkualitas baik. Air ledeng masih mengandung kation dan anion, jika bercampur dengan ion-ion dalam larutan akan menyebabkan penurunan efisiensi lapisan. Unsur-unsur yang tidak diinginkan dalam larutan adalah unsur kalsium dan magnesium, karena mudah bereaksi dengan cadmium sianida, tembaga sianida, perak sianida dan senyawa-senyawa lainnya. Sehingga akan mempercepat kejenuhan larutan.

Umumnya unsur-unsur yang terdapat dalam air adalah kandungan dari garam-garam seperti, bikarbonat, sulfat, klorida, dan nitrat. Unsur-unsur garam logam alkali (sodium/potassium) tidak begitu mempengaruhi konsentrasi larutan pada operasi pelapisan berlangsung, adanya logam-logam berat seperti besi dan mangan sebagai pengotot menimbulkan cacat-cacat lain kekasaran, goresan, noda-noda hitam, warna yang suram, atau mengkristal (Saleh, 2014:14).

#### 2.1.4 Proses Kerja Elektroplating

##### a. Proses Pengerjaan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Sebelum dilakukan pelapisan pada logam, permukaan logam harus disiapkan untuk menerima adanya lapisan. Persiapan ini bertujuan untuk

meningkatkan daya ikat antara lapisan dengan bahan yang dilapisi. Permukaan yang ideal dari bahan dasar adalah permukaan yang selanjutnya mengandung atom bahan tersebut tanpa adanya bahan asing lainnya. Untuk mendapatkan kondisi seperti tersebut perlu dilakukan pengerjaan pendahuluan dengan tujuan (Saleh, 2014: 14):

- 1) Menghilangkan semua pengotor yang ada di permukaan benda kerja seperti pengotor organik, anorganik/oksida dan lain-lainnya.
- 2) Mendapatkan kondisi fisik permukaan yang lebih baik dan lebih efektif.

Teknik pengerjaan pendahuluan ini tergantung dari pengotornya, tetapi secara umum dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- 1) Pembersihan Secara Mekanik

Pekerjaan ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan serta geram-geram yang masih melekat pada benda kerja. Biasanya untuk menghilangkan goresan-goresan atau geram-geram tersebut dilakukan dengan cara poles, *buffing*, penyikatan *barreling*, dan penyemprotan *abrasive*.

- a) Pengerjaan Poles (*Polishing*)

Proses kerjanya sama dengan proses gerinda, tetapi roda *wheel* polesnya yang berbeda, yaitu terbuat dari bahan katun, kulit, laket, dan sebagainya. Pengerjaan poles dilakukan sebelum pengerjaan *buffing*, dengan tujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan yang terjadi akibat pengerjaan sebelumnya dan cacat-cacat yang akan mempengaruhi kualitas lapisan. Perbedaan dengan pengerjaan *buffing* terletak pada derajat kehalusan yang diperoleh dan jumlah yang terkelupas pada *buffing* lebih kecil (Saleh, 2014: 44).

- b) Pengerjaan *Buffing*

Pengerjaan *buffing* merupakan pengerjaan penghalusan permukaan benda kerja setelah pengerjaan poles, dengan adanya pengerjaan *buffing* permukaan benda akan menjadi mengkilap tanpa terlihat goresan-goresan atau cacat lainnya. Pengerjaan *buffing* dilakukan dengan kain buff yang berputar sambil diberikan bahan kimia tertentu (Saleh, 2014: 47).

c) Pengerjaan Penyikatan (*Brushing*)

Pengerjaan penyikatan dapat dilakukan untuk pengerjaan pembersihan. Pada proses pengerjaan penyikatan ini pasta abrasive yang digunakan tidak menempel pada sikat tetapi pada permukaan benda kerja. Sikat yang digunakan terbuat dari kawat atau serat-serat bukan logam (Saleh, 2014: 48).

d) Pengerjaan Barrel (*Barreling*)

Pengerjaan dengan barrel merupakan pengerjaan pembersihan dan pengolahan permukaan untuk benda kerja berukuran kecil dalam jumlah yang besar secara bersamaan (Saleh, 2014: 49).

e) Pengerjaan Semprot Abrasive

Pengerjaan dengan metode ini yaitu menembakkan atau menyemprotkan partikel-partikel halus terhadap permukaan benda kerja. Penembakan partikel ini dapat dilakukan dengan cara basah atau kering. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan benda kerja (Saleh, 2014: 52).

2) Pembersihan Secara Kimia

Pengerjaan pembersihan dengan cara kimia dilakukan dengan menggunakan larutan kimia, sehingga terjadi reaksi yang dapat memisahkan pengotor dari permukaan benda kerja (Saleh, 2014:52).

a) Pembersihan dengan Pelarut (*Solvent*)

Proses pembersihan dengan pelarut bertujuan untuk membersihkan lemak, minyak, garam, dan kotoran-kotoran lainnya dengan pelarut organik. Proses pembersihan pada temperatur kamar yakni dengan menggunakan pelarut organik, tetapi dilakukan pada temperatur kamar dengan cara diusap/dioles.

b) Pembersihan pencucian lemak (*Degreasing*)

Pekerjaan ini bertujuan untuk membersihkan benda kerja dari lemak atau minyak-minyak yang menempel, karena lemak maupun minyak tersebut akan mengganggu pada proses pelapisan. Pengerjaan pencucian lemak ini menggunakan larutan jenis basa (alkali). Metode-metode yang dilakukan dalam proses pencucian lemak adalah sebagai berikut: metode pembersihan biasa, metode celup, metode ultrasonik, metode semprot, metode listrik, metode barrel

dan metode getaran. Dari beberapa metode yang ada metode yang paling sering digunakan adalah metode celup (*dipping*). Pembersihan lemak dengan metode ini dilakukan dengan cara merendamkan benda kerja kedalam larutan alkalin dalam keadaan panas dengan suhu 60-70°C selama 5-15 menit. Lamanya perendaman harus disesuaikan dengan kondisi permukaan benda kerja.

c) Pengerjaan Cuci Lemak Secara Listrik

Pembersihan secara elektro yaitu pembersihan yang menggunakan arus listrik searah dan memiliki tujuan selain mendapatkan hasil pembersihan yang lebih bersih juga meningkatkan kecepatan pencucian (Saleh, 2014:54).

d) Pencucian dengan Asam (*Pickling*)

Pencucian dengan asam adalah bertujuan membersihkan permukaan benda kerja dari oksida atau karat dan sejenisnya secara kimia melalui perendaman. Larutan asam ini terbuat dari pencampuran air bersih dengan asam antara lain: Asam klorida (HCl), Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), Asam sulfat, dan asam fluoride (HF). Untuk benda kerja dari besi/baja cor yang masih mengandung sisa-sisa pasir dapat digunakan larutan campuran dari asam sulfat dan asam fluorid, sebab larutan tersebut dapat berfungsi untuk menghilangkan serpih dan sisa-sisa pasir yang menempel pada benda kerja (Saleh, 2014:56).

b. Proses Pelapisan dengan Cara Listrik

Setelah benda kerja betul-betul bebas dari pengotor, maka benda kerja tersebut sudah siap dilapisi. Benda kerja yang belum bisa dilapisi langsung, sebaiknya direndam dalam air bilas, jangan dikeringkan di udara. Pada operasi pelapisan, kondisi operasi perlu/penting sekali untuk diperhatikan, karena kondisi tersebut akan menentukan berhasil atau tidaknya proses pelapisan serta mutu lapisan yang dihasilkan. Kondisi operasi yang perlu diperhatikan tersebut antara lain: rapat arus, tegangan, temperatur, pH larutan (Saleh, 2014:15).

1) Pelapisan Tembaga

Lapisan tembaga yang digunakan sebagai lapisan lapisan dasar pada pelapisan berganda bertujuan untuk mengurangi biaya pemrosesan, menghambat kerusakan karena adanya pori-pori, serta sebagai *throwing power* benda yang akan dilapisi. Hal yang perlu diperhatikan dalam proses pelapisan tembaga adalah jenis

anodanya, karena selain ion-ion tembaga dari elektrolit, ion-ion anoda yang terlarut akan menentukan hasil lapisan, sehingga diperlukan karakteristik anoda yang jelas. Anoda yang digunakan pada pelapisan tembaga adalah anoda terlarut (*soluble anoda*) yaitu tembaga murni.

Pada proses pelapisan tembaga larutan elektrolit yang digunakan terbagi dua jenis yaitu:

a) Jenis Basah atau Alkali

Larutan jenis ini dikelompokkan menjadi dua yakni jenis tembaga sianida dan *pyrophosphat*. Pada larutan elektrolit tembaga sianida memiliki komposisi CuCN, NaCN, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaK (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>), NaOH, Bright GI-3, dan Bright GI-4. (Saleh, 2014:78) Sedangkan pada larutan elektrolit *pyrophosphat* memiliki komposisi Cu<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, KP<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, KNO<sub>3</sub>, Amoniak, Logam tembaga, brightener (Saleh, 2014:82).

b) Jenis Asam atau Acid

Larutan jenis ini dikelompokkan menjadi dua yakni tembaga sulfat dan tembaga *fluoborat*. Pada larutan elektrolit tembaga sulfat memiliki komposisi CuSO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH, NaK (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>), HCl, Brightener (Saleh, 2014:84). Sedangkan larutan tembaga *fluoborat* memiliki komposisi Cu(BF<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, HBF<sub>4</sub> (Saleh, 2014:86).

Perbedaan lapisan yang dihasilkan oleh kedua cairan elektrolit tersebut adalah pada larutan tembaga alkali menghasilkan warna yang lebih terang dan mengkilap, sedangkan pada cairan elektrolit tembaga asam menghasilkan lapisan warna kebiru-biruan (Saleh, 2014:73).

2) Pelapisan Nikel

Secara umum proses pelapisan nikel dilakukan dengan dua cara. Pertama melalui proses pelapisan dasar tembaga dan kedua tanpa melalui lapisan dasar tembaga. Tanpa lapisan dasar tembaga, lapisan nikel itu sendiri berfungsi sebagai lapisan dasarnya (Saleh, 2014:97). Pelapisan nikel dengan listrik ini terbagi menjadi dua yaitu *black nikel* dan nikel biasa yang berbentuk halus dan mengkilap, bila dikombinasikan dengan lapisan kromium akan mendapatkan daya

tahan korosi yang lebih baik. Kedua jenis pelapisan ini disebut juga dengan pelapisan nikel dekoratif (Saleh, 2014:91).

Pada pelapisan nikel menggunakan anoda terlarut yaitu anoda nikel murni. Untuk jenis-jenis larutan elektrolit yang digunakan dibagi menjadi tiga jenis yakni sebagai berikut (Saleh, 2014:95):

a) Larutan Nikel Strike dan Watt's

Larutan ini memiliki komposisi  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NiCl}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

b) Larutan Nikel Mengkilap

Larutan elektrolit ini memiliki komposisi  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , dan Brightener.

c) Larutan Nikel Hitam (Black Nickel)

Larutan elektrolit ini memiliki komposisi  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{Ni}(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ , dan  $\text{NaCNS}$ .

3) Pelapisan Kromium

Pada proses pelapisan kromium, ion-ion kromium yang disuplai sebagai pelapis hanya berasal dari ion-ion yang berada dalam larutan, tidak berasal dari anoda, karena anoda dari pelapisan kromium bersifat tidak larut (*unsoluble anoda*). Hal ini dikarenakan tidak adanya kromium yang berbentuk padatan murni dan anoda harus tahan korosi terhadap larutan kromium yang sangat korosif. Untuk memberikan efisiensi yang tinggi maka anoda pelapis kromium yang banyak digunakan adalah paduan *lead-antimony* atau paduan *lead-tin*.

Berdasarkan metode pelapisan kromium, maka proses pelapisan kromium dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu proses pelapisan kromium dekoratif dan proses pelapisan kromium keras.

a) Pelapisan Kromium Dekoratif

Proses pelapisan kromium dekoratif pada dasarnya menitikberatkan pada segi tampak rupa yang menarik dan indah. Lapisan ini umumnya diawali oleh lapisan dasar tembaga dan nikel, kemudian lapisan kromium. Pelapisan kromium dekoratif dikelompokkan menjadi dua, yaitu pelapisan kromium biasa yang berwarna putih keabu-abuan dan pelapisan kromium hitam. Kedua jenis pelapisan

ini memiliki prinsip tidak jauh berbeda, tetapi jenis larutan dan kondisi operasinya yang berbeda (Saleh, 2014:105).

Perbedaan larutan elektrolit dari kedua pelapisan ini terletak pada komposisi bahan kimia yang menyusunnya. Pada pelapisan kromium biasa larutan elektrolitnya memiliki komposisi  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{KBF}_4$ , dan Alecra 51D/52H. Sedangkan pada pelapisan kromium hitam komposisi cairan elektrolitnya adalah  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{Co}(\text{NH}_4)_2$ ,  $\text{NiCl}_2$ , dan  $\text{NaNO}_3$  (Saleh, 2014:107).

#### b) Pelapisan Kromium Keras

Proses pelapisan kromium keras adalah proses pelapisan kromium dimana kromium diendapkan secara langsung pada logam dasar tanpa menggunakan lapisan dasar (strike). Pelapisan kromium keras dilakukan, karena memanfaatkan sifat-sifat kromium. Hal ini untuk mendapatkan keuntungan pada sifat tahan panas, korosi, erosi, dan koefisien gesek rendah. Oleh karena itu pelapisan kromium keras banyak digunakan untuk melapisi produk-produk *engineering* seperti komponen-komponen kendaraan bermotor, komponen mesin tekstil, dan sebagainya. Larutan elektrolit yang digunakan pada pelapisan kromium keras sama dengan yang digunakan pada pelapisan kromium dekoratif, tetapi kondisi operasinya yang berbeda, terutama pada rapat arus. Pada kromium keras rapat arus yang digunakan tinggi. Pelapisan kromium ini memiliki komposisi larutan elektrolit antara lain  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  (Saleh, 2014:115).

#### c. Proses Pengerjaan Akhir (*Post treatment*)

Benda kerja yang telah dilakukan proses lapisan listrik, biasanya dibilas dan kemudian dikeringkan. Tetapi pada saat tertentu perlu dilakukan pengerjaan lanjutan, seperti memberi lapisan pelindung kromat atau lapisan transparan (Saleh, 2014:17).

## 2.2 Limbah Cair

### 2.2.1 Pengertian Limbah Cair

Secara umum dapat dikemukakan bahwa limbah cair adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri, dan tempat-tempat umum lainnya yang mengandung bahan atau zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup (Kusnoputranto, 1985:40). Menurut Peraturan Gubernur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur, limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri atau kegiatan usaha lainnya yang dibuang ke lingkungan yang diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Limbah cair merupakan produk sampingan yang dihasilkan oleh beberapa aktivitas manusia. Menurut Kusnoputranto (1985:41), beberapa sumber air limbah diantaranya air limbah rumah tangga (*domestic wastes water*), air limbah kota praja (*municipal wastes water*), dan air limbah industri (*industrial wastes water*). Limbah cair yang bersumber dari industri biasanya dihasilkan oleh industri yang banyak menggunakan air dalam proses produksinya. Di samping itu terdapat bahan baku yang mengandung air, sehingga dalam proses pengolahan air tersebut harus dibuang. Limbah cair industri membawa sejumlah padatan dan partikel, baik yang larut maupun yang mengendap. Jenis industri yang menghasilkan limbah cair diantaranya adalah industri pulp dan rayon, pengolahan *crumb rubber*, besi dan baja, kertas, minyak goreng, tekstil, elektroplating, *plywood*, dan lain – lain.

### 2.2.2 Parameter Limbah Cair

Menurut Kusnoputranto (1985:41), limbah cair yang dihasilkan oleh beberapa sumber, seperti air limbah rumah tangga, air limbah kotapraja, dan air limbah industri, banyak mengandung zat-zat pelarut, mineral, zat-zat organik, lemak, garam-garam, zat warna, nitrogen, sulfida, amoniak, logam berat, dan

lainnya yang bersifat toksik. Salah satu sumber yang menghasilkan limbah yang berbahaya dan bersifat toksik adalah industri elektroplating.

Pada proses produksinya industri elektroplating menghasilkan limbah cair yang mengandung zat anorganik berupa logam tembaga, nikel, dan kromium. Ketiga logam tersebut termasuk kedalam golongan logam berat. Limbah yang mengandung logam berat termasuk dalam limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) hal ini dikarenakan limbah logam berat bersifat toksik terhadap makhluk hidup. Menurut Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah bahan berbahaya dan dan beracun merupakan sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

Limbah hasil industri elektroplating mengandung banyak logam berat yang memiliki sifat beracun dan berbahaya. Untuk menghindari terjadinya pencemaran di lingkungan, maka perlu dilakukan penetapan baku mutu air limbah yang merupakan batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar untuk dibuang dari sumber pencemaran ke lingkungan, sehingga tidak mengakibatkan pencemaran lingkungan yang dapat membahayakan mahluk hidup.

Bagi industri elektroplating terdapat beberapa parameter yang harus memenuhi baku mutu limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya yaitu dapat dilihat pada Tabel 2.2:

Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Cair Industri Elektroplating

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
TSS	20
CN	0,2
Cr <sup>+6</sup>	0,1
Crtotal	0,5
Cu	0,6
Zn	1
Ni	1
Cd	0,05

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
Pb	0,1
pH	6-9
Volume Air limbah maksimum	20 L per m <sup>2</sup> produk pelapisan logam

Sumber : Peraturan gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013

## 2.3 Air Sungai

### 2.3.1 Pengertian Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai, disebutkan bahwa sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sepadan.

Sungai memiliki ciri arus yang mengalir searah dan relatif kencang dengan kecepatan berkisar antara 0,1-1 m/detik, serta dapat dipengaruhi oleh waktu, iklim, bentang alam, jenis batuan dasar dan pola drainase (Effendi, 2003:42). Sungai merupakan daerah perairan air tawar yang mengalir, yang terbagi menjadi 3 bagian, yaitu daerah hulu, hilir, dan muara sungai. Ada bermacam-macam jenis sungai. Berdasarkan sumber airnya sungai dibedakan menjadi tiga macam yaitu:

- Sungai Hujan, adalah sungai yang airnya berasal dari air hujan atau sumber mata air. Contohnya adalah sungai-sungai yang ada di pulau Jawa dan Nusa Tenggara.
- Sungai Gletser, adalah sungai yang airnya berasal dari pencairan es. Contoh sungai yang airnya benar-benar murni berasal dari pencairan es saja (ansich) boleh dikatakan tidak ada, namun pada bagian hulu sungai Gangga di India (yang berhulu di Pegunungan Himalaya) dan hulu sungai Phein di Jerman (yang berhulu di Pegunungan Alpen) dapat dikatakan sebagai contoh jenis sungai ini.
- Sungai Campuran, adalah sungai yang airnya berasal dari pencairan es (gletser), dari hujan, dan dari sumber mata air. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Digul dan sungai Mamberamo di Papua (Irian Jaya).

Berdasarkan debit airnya menurut sungai dibedakan menjadi 4 macam yaitu:

- a. Sungai Permanen, adalah sungai yang debit airnya sepanjang tahun relatif tetap. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Kapuas, Kahayan, Barito dan Mahakam di Kalimantan. Sungai Musi, Batanghari dan Indragiri di Sumatera.
- b. Sungai Periodik, adalah sungai yang pada waktu musim hujan airnya banyak, sedangkan pada musim kemarau airnya sedikit. Contoh sungai jenis ini banyak terdapat di pulau Jawa misalnya sungai Bengawan Solo, dan sungai Opak di Jawa Tengah. Sungai Progo dan sungai Code di Daerah Istimewa Yogyakarta serta sungai Brantas di Jawa Timur.
- c. Sungai Episodik, adalah sungai yang pada musim kemarau airnya kering dan pada musim hujan airnya banyak. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Kalada di pulau Sumba.
- d. Sungai Ephemeral, adalah sungai yang ada airnya hanya pada saat musim hujan. Pada hakekatnya sungai jenis ini hampir sama dengan jenis episodik, hanya saja pada musim hujan sungai jenis ini airnya belum tentu banyak.

### 2.3.2 Baku Mutu Air Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai, disebutkan bahwa Sungai sebagai sumber air merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai fungsi serbaguna bagi kehidupan dan penghidupan manusia. Oleh karena itu, perlindungan terhadap kualitas air sangat penting dan berpengaruh besar terhadap tingkat kesehatan makhluk hidup dan peningkatan lingkungan hidup yang sehat. Untuk itu diperlukan suatu standar air yang dapat dimanfaatkan atau tidak yaitu berupa baku mutu air.

Penetapan baku mutu air didasarkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 disebutkan bahwa Baku Mutu Air adalah batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain yang ada atau harus ada dan atau macam unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air pada sumber air tertentu sesuai dengan peruntukannya. Sesuai peraturan ini, air yang dimaksud

adalah semua air yang terdapat di dalam dan atau berasal dari sumber air, dan terdapat di atas permukaan tanah, tidak termasuk air laut dan air bawah tanah.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, air menurut kegunaannya digolongkan menjadi:

- 1) Kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- 2) Kelas II, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- 3) Kelas III, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- 4) Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

Kriterian Baku Mutu Air berdasarkan Kelas dapat dilihat pada tabel 2.4:

Tabel 2.3 Kriteria Baku Mutu Air Berdasarkan Kelas

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
<b>FISIKA</b>					
Temperatur/suhu	<sup>0</sup> C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5
Residu Terlarut/TDS	mg/l	1000	1000	1000	2000
Residu Tersuspensi/TSS	mg/l	50	50	400	400
<b>KIMIA ANORGANIK</b>					
pH		6-9	6-9	6-9	5-9
BOD	mg/l	2	3	6	12
COD	mg/l	10	25	50	100
DO	mg/l	6	4	3	0
Total Fosfat	mg/l	0,2	0,2	1	5

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
NO <sub>3</sub>	mg/l	10	10	20	20
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	0,5	-	-	-
Arsen	mg/l	0,05	1	1	1
Kobalt	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2
Barium	mg/l	1	-	-	-
Baron	mg/l	1	1	1	1
Selenium	mg/l	0,01	0,05	0,05	0,05
Kadmium	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,05
Krom (VI)	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,01
<b>MIKROBIOLOGI</b>					
Fecal coliform	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000
Total coliform		1000	5000	10000	10000
<b>KIMIA ORGANIK</b>					
Minyak dan Lemak	Ug/l	1000	1000	1000	-
Detergen	Ug/l	200	200	200	-

Sumber: PP No 82 Tahun 2001

### 2.3.3 Pencemaran Air Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, mendefinisikan pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran air dapat terjadi dikarenakan masuknya bahan pencemar (polutan) kedalam perairan.

Bahan pencemar (polutan) adalah bahan-bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam itu sendiri yang memasuki suatu tatanan ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut. Berdasarkan cara masuknya kedalam lingkungan, polutan dikelompokkan menjadi dua yaitu (Effendi, 2003:196):

#### 1) Polutan Alami

Polutan alami adalah polutan yang memasuki suatu lingkungan (misalkan badan air) secara alami, misalkan akibat letusan gunung berapi, tanah longsor,

banjir, dan fenomena alam lainnya. Polutan yang memasuki suatu ekosistem secara alamiah sukar dikendalikan.

## 2) Polutan Antropogenik

Polutan antropogenik adalah polutan yang masuk kedalam badan air akibat aktivitas manusia, misalkan kegiatan domestik (rumah tangga), kegiatan urban (perkotaan), maupun kegiatan industri. Intensitas polutan antropogenik dapat dikendalikan dengan cara mengontrol aktivitas yang menyebabkan timbulnya polutan tersebut.

Berdasarkan sifat toksiknya polutan atau bahan pencemar dibagi menjadi dua yakni (Effendi, 2003:197):

### 1) Polutan Tidak Toksik

Polutan atau pencemar tidak toksik biasanya telah berada pada ekosistem secara alami. Sifat destruktif pencemar ini muncul apabila berada dalam jumlah yang berlebihan sehingga dapat mengganggu kesetimbangan ekosistem melalui perubahan proses fisika-kimia perairan. Polutan tidak toksik ini biasanya terdiri dari bahan-bahan tersuspensi dan nutrisi.

### 2) Polutan Toksik

Polutan toksik dapat mengakibatkan kematian (*lethal*) maupun bukan kematian (*sub-lethal*), misalkan terganggunya pertumbuhan, tingkah laku, dan karakteristik morfologi berbagai organisme akuatik. Polutan akuatik ini biasanya berupa bahan-bahan bukan alami, misalkan pestisida, detergen, logam berat, dan bahan artifisial lainnya. Polutan yang merupakan bahan yang bukan alami ini dikenal dengan istilah xenobiotik (*polutan artificial*), yaitu polutan yang diproduksi oleh manusia (*man-made substance*). Pencemaran toksik dapat dikelompokkan menjadi lima yakni logam, senyawa organik, gas, anion, asam dan alkali.

Sumber polutan atau bahan pencemar yang memasuki sungai atau badan air dapat bersumber dari suatu lokasi tertentu atau tak tentu. Polutan yang bersumber pada suatu lokasi tertentu ini sering disebut *point source*. Pencemaran yang berasal dari *point source* bersifat lokal. Efek yang ditimbulkan dapat ditentukan berdasarkan karakteristik spesial kualitas air. Volume pencemar dari *point source*

biasanya relatif tetap. Contoh dari sumber pencemar *point source* adalah saluran limbah industri, saluran limbah domestik. Sedangkan polutan yang bersumber dari lokasi yang tak tentu sering disebut dengan sumber pencemar *non-point source*. sumber pencemar ini dapat berupa *point source* dalam jumlah yang banyak. Contoh dari sumber pencemar *non-point source* ini adalah limpasan dari daerah pertanian, limpasan dari daerah pemukiman, limpasan dari daerah perkotaan (Effendi, 2003:195).

Ramimohtarto (1991) menyatakan bahwa bahan pencemar yang telah memasuki perairan sifatnya ditentukan oleh beberapa faktor atau beberapa jalur dengan kemungkinan perjalanan bahan pencemar sebagai berikut:

- a. Terencerkan dan tersebar oleh adukan turbulensi dan arus
- b. Dipekatkan melalui:
  - 3) Proses biologi dengan cara diserap ikan, planton nabati atau oleh ganggang laut bentuk biota ini pada gilirannya dimakan oleh mangsanya
  - 4) Proses fisik dan kimiawi dengan cara absorpsi, pengendapan, pertukaran ion dan kemudian bahan pencemar itu mengendap di dasar perairan
- c. Terbawa langsung oleh arus dan biota (ikan)

Salah satu bahan pencemar yang memasuki perairan dan sangat berbahaya adalah logam berat. Diketahui unsur logam berat masuk ke perairan berasal dari berbagai kegiatan industri selain bersumber dari alam sendiri. Logam berat yang dilimpahkan ke perairan, baik di sungai ataupun laut akan dipindahkan dari badan airnya melalui beberapa proses yakni pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme perairan (Defew, et al., 2004). Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Harahap, 2001). Menurut Darmono (1994:24), kandungan logam berat dalam air dapat berubah-ubah dan sangat tergantung pada lingkungan dan iklim. Parameter yang mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan adalah suhu, salinitas, arus, pH dan padatan tersuspensitotal atau seston (Nanty, 1999). Dengan sendirinya interaksi dari faktor-faktor tersebut akan

berpengaruh terhadap fluktuasi konsentrasi logam berat dalam air, karena sebagian logam berat tersebut akan masuk ke dalam sedimen.

Menurut Darmono (1994:24), sifat logam berat sangat unik, tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi. Pencemaran logam berat ini menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya berhubungan dengan estetika (perubahan bau, warna, dan rasa), berbahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang, berbahaya bagi kesehatan manusia, dan menyebabkan kerusakan pada ekosistem.

## **2.4 Logam Berat Kromium (Cr)**

### **2.4.1 Pengertian Kromium (Cr)**

Logam berat kromium (Cr) merupakan logam berat dengan berat atom 51,996 g/mol, berwarna abu-abu, tahan terhadap oksidasi meskipun pada suhu tinggi, mengkilat, keras, memiliki titik cair 1.857 °C dan titik didih 2.672 °C, bersifat paramagnetik, membentuk senyawa-senyawa berwarna, memiliki bilangan oksidasi yaitu +2, +3, +6, dan stabil pada bilangan +3. Bilangan oksidasi +4 dan +5 jarang ditemukan pada logam ini. Senyawa kromium pada bilangan oksidasi +6 merupakan oksidan yang kuat. Kromium secara alami bisa ditemukan di batuan, tumbuhan, hewan, tanah, dan gas, serta debu gunung berapi. Kromium (CrIII) secara alami terjadi di alam, sedangkan Cr(0) dan Cr(IV) pada umumnya berasal dari proses industri (Widowati, et al, 2008:89). Logam kromium murni tidak pernah ditemukan, tetapi biasanya sudah berbentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Sebagian bahan mineral, kromium banyak ditemukan dalam bentuk kromit ( $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ ) (Widowati, et al, 2008:90).

Masuknya logam Cr kedalam strata lingkungan yang umum dan digunakan paling banyak dalam kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga, dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 1994:137). Dalam perindustrian logam kromium banyak dimanfaatkan dalam bidang metalurgi untuk mencegah korosi dan mengkilatkan logam, dalam bidang kesehatan kromium digunakan sebagai bahan pembuat alat ortopedi, sebagai radio isotop untuk

penandaan sel darah merah, serta sebagai penjinak sel tumor. Pada industri kimia, kromium banyak dimanfaatkan untuk bahan pewarnaan, pencelupan, dan cat. Penggunaan kromium lainnya adalah sebagai katalisator, penyamakan kulit, mencuci/membersihkan alat gelas laboratorium, sebagai *magnetic tape*, sebagai antikorosi pada alat pengeboran dan *spare-part* pesawat (Widowati, et al, 2008:91).

Masuknya Cr secara alamiah dapat disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi yang terjadi pada batu mineral. Disamping itu juga dapat diakibatkan debu-debu dan partikel-partikel Cr yang di udara akan terbawa turun oleh air hujan (Palar, 1994:137).

#### 2.4.2 Toksikologi Logam Kromium (Cr)

Kromium(III) merupakan mikronutrien bagi makhluk hidup. Kromium III dibutuhkan tubuh untuk metabolisme hormon insulin dan pengaturan kadar gula darah. Defisiensi kromium(III) menyebabkan hiperglikemia, glikosuria, meningkatnya cadangan lemak tubuh, munculnya penyakit kardiovaskuler, menurunnya jumlah sperma dan menyebabkan infertilitas (Widowati, et al, 2008:99). Kromium(III) dapat bersifat toksik dalam jumlah yang tinggi.

Logam kromium adalah bahan kimia yang bersifat presisten, bioakumulatif, dan toksik (PBT) yang tinggi serta tidak mampu terurai, dan akhirnya diakumulasikan di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Kestabilan kromium akan mempengaruhi toksisitasnya terhadap manusia secara berurutan, mulai dari tingkat toksisitas terendah, yakni Cr(0), Cr(III), dan Cr(VI). Cr(VI) pada umumnya 1.000 kali lipat lebih toksik dibandingkan Cr(III). Kromium(III) bersifat kurang toksik, tidak bersifat iritatif, serta tidak korosif (Widowati, et al, 2008:101).

Efek toksik kromium sebagian besar terjadi karena kecelakaan paparan kromium, penggunaan kromium sebagai *sucidal agent* dan terapi kromium. Akan tetapi manusia dalam kehidupan sehari-hari juga dapat terpapar kromium melalui aktivitasnya. Menurut Darmono (1994:95), logam masuk kedalam jaringan tubuh

mahluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu melalui saluran pernafasan, pencernaan, dan penetrasi melalui kulit. Toksisitas kromium bersifat karsinogenik, hal ini dikarenakan ion-ion Cr(VI) dalam proses metabolisme tubuh akan menghalangi atau mampu menghambat kerja dari enzim bizopire hidroksilase. Penghambat kerja enzim tersebut dapat mengakibatkan perubahan kemampuan pertumbuhan sel-sel, sehingga menjadi tumbuh secara tidak terkontrol yang dikenal sebagai sel-sel kanker (Palar, 1994: 147). EPA menggolongkan Cr(VI) yang bersifat karsinogen kelas A pada manusia melalui inhalasi, sedangkan Cr(III) digolongkan sebagai karsinogen kelas D, tetapi tidak spesifik untuk manusia (Widowati, et al, 2008:103).

Beberapa efek toksik kromium pada manusia (Widowati, et al, 2008:104):

a. Efek toksik Terhadap Alat Pencernaan

Logam kromium yang masuk dalam tubuh manusia melalui jalur pencernaan atau 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. Toksisitas akut kromium melalui alat pencernaan bisa menyebabkan nekrosis tubulus renalis. Sedangkan bukti bahwa kromium bisa menyebabkan kanker alat pencernaan masih sedikit.

b. Efek Toksik Terhadap Alat Pernapasan

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

c. Efek Toksik Terhadap Kulit dan Mata

Paparan kromium pada kulit dapat mengakibatkan reaksi alergi walaupun dalam dosis yang rendah yakni menyebabkan gatal dan luka yang tidak lekas sembuh (*dermatitis*). Paparan kromium pada kulit bisa menyebabkan kemerahan

dan pembengkakan pada kulit, serta menimbulkan borok (*uclera*) dan gelembung air (*oedema*). Paparan akut pada kulit dapat mengakibatkan terbakarnya kulit.

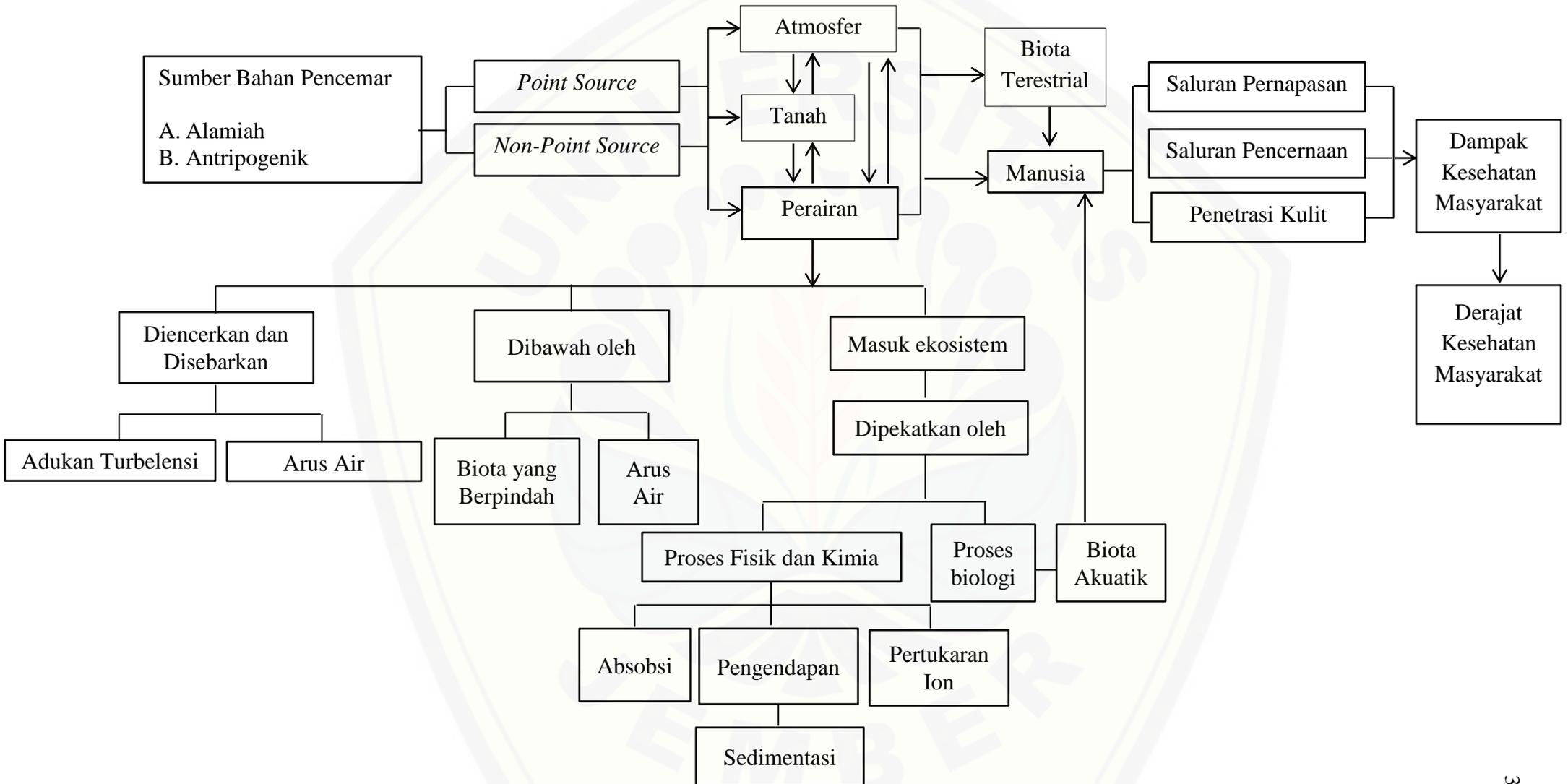
Sedangkan paparan kromium pada mata menyebabkan iritasi mata, luka pada mata (*conjunctivitis*), dan keluarnya air mata (*lacrimation*)

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

#### 2.4.3 Kadar Batas Aman Logam Kromium (Cr)

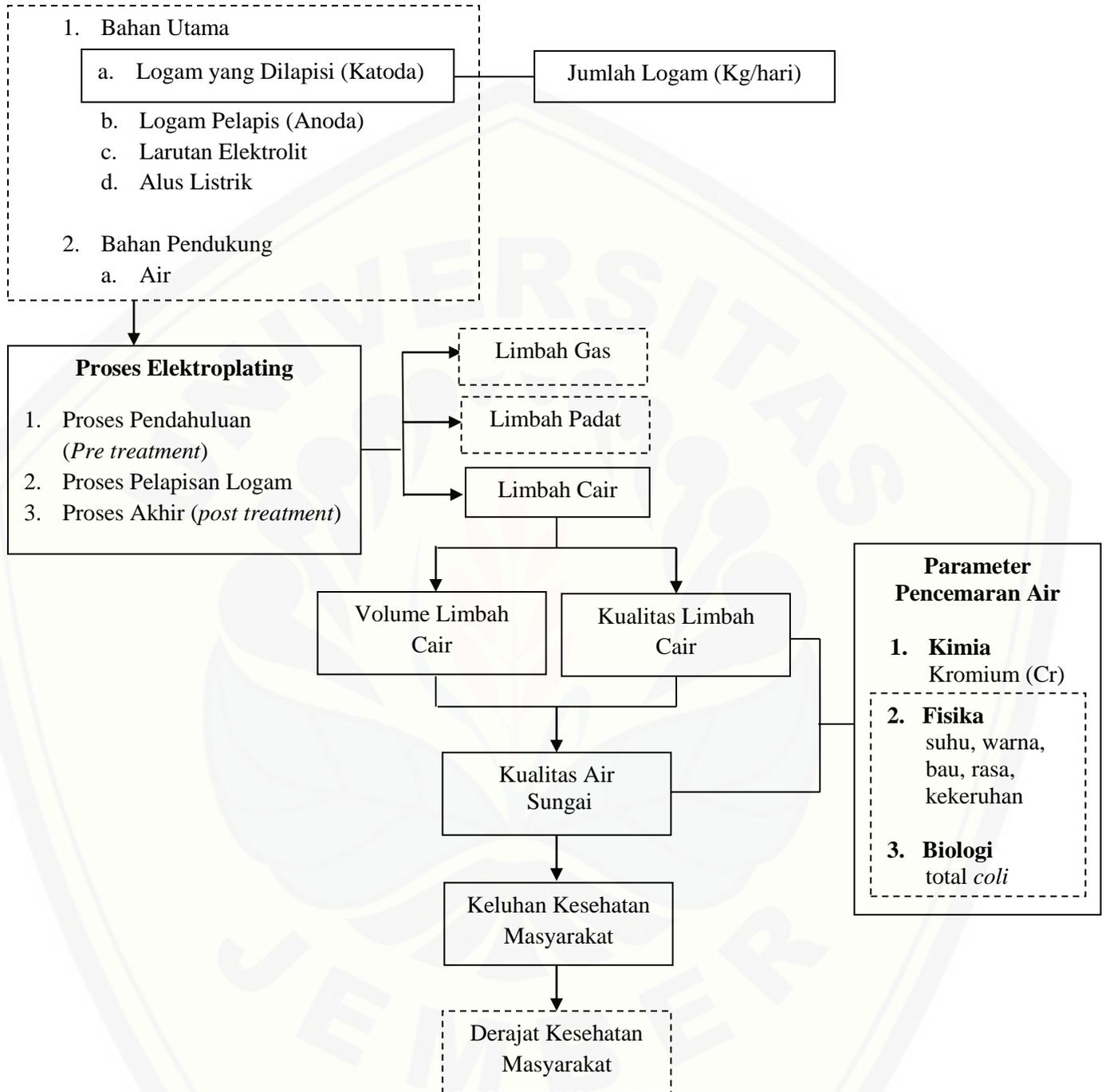
Asupan harian kromium untuk manusia dewasa sekitar 50-200  $\mu\text{g}/\text{hari}$ . Menurut *The Environmental Protection Agency* (EPA) menetapkan batas aman kadar Cr(III) dan Cr(VI) dalam air minum sebesar 100  $\mu\text{g}/\text{L}$ . Konsentrasi aman Cr(VI) di udara bagi manusia sebesar 0,000008  $\text{mg}/\text{m}^3$  dan paparan per oral Cr(VI) yang aman bagi manusia sebesar 0,003  $\text{mg}/\text{kg}/\text{hari}$ . Sedangkan paparan Cr(III) per oral yang aman bagi manusia sebesar 1,5  $\text{mg}/\text{kg}/\text{hari}$  (Widowati, et al, 2008:106). Dosis letal larutan chromate kira-kira 5 gram (Adiwisastra, 1978:66).

2.5 Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori  
Kerangka teori diatas adalah modifikasi dari teori EPA (1973), Effendi (2003), dan Darmono (2001)

**2.6 Kerangka Konseptual**



Keterangan :

- : tidak diteliti
- : diteliti

Gambar 2.2 Kerangka Konseptual

Pada proses pelapisan logam dengan metode elektroplating bahan utama yang dibutuhkan adalah logam yang dilapisi (katoda), logam pelapis (anoda), larutan elektrolit, dan arus listrik, sedangkan bahan pendukungnya adalah air. Melakukan pengukuran banyaknya logam yang dilapisi dengan menimbang berat logam.

Pada proses elektroplating itu sendiri terdiri dari 3 tahapan, yaitu tahapan pertama adalah proses pendahuluan (*pre treatment*), tahapan kedua proses pelapisan logam dan tahapan terakhir adalah proses akhir (*post treatment*). Pada kegiatan operasionalnya industri elektroplating ini menghasilkan sisa hasil kegiatan berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah elektroplating yang sering menjadi focus penelitian adalah limbah cair, hal ini dikarenakan dalam limbah cair industri elektroplating mengandung ion-ion logam berat yang bersifat toksik. Limbah cair yang dihasilkan pada tiap tahapan prosesnya akan dilakukan pengukuran volume limbah cair yang dihasilkan dan dilakukan pengambilan sampel untuk dilakukan pengujian kualitas limbah cair. Parameter yang diteliti dalam kualitas limbah cair adalah parameter kimia yakni dilakukan pengujian kadar logam berat kromium hal ini dikarenakan bahan pelapis yang paling sering digunakan dalam industri adalah logam kromium.

Limbah hasil produksi elektroplating ini tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu dan langsung dibuang ke sungai. Limbah industri elektroplating yang mengandung bahan pencemar jika memasuki sungai dapat mempengaruhi kualitas air sungai, salah satunya adalah limbah cair industri elektroplating yang langsung dibuang ke sungai tanpa proses pengolahan terlebih dahulu ini dapat mempengaruhi kualitas air sungai.

Air sungai yang menjadi tempat pembuangan limbah industri elektroplating ini dilakukan pengambilan sampel untuk dilakukan pengujian kualitas air sungai. Parameter yang diteliti dalam kualitas limbah cair adalah parameter kimia yakni dilakukan pengujian kadar logam berat kromium hal ini dikarenakan limbah cair yang dibuang oleh industri elektroplating ini mengandung logam berat kromium.

Kualitas Limbah cair dan air sungai yang telah dilakukan pengujian logam berat kromium akan dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran, serta Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Air sungai yang menjadi tempat pembuangan limbah industri elektrolating ini biasanya digunakan masyarakat sebagai salah satu sumber air bersih untuk mencuci, mandi, buang air besar. Air sungai yang telah tercemar oleh suatu limbah industri jika digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan sehari-hari oleh masyarakat dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan yang ditunjukkan dengan berbagai keluhan kesehatan dan penurunan derajat kesehatan masyarakat.

## **BAB 3. METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif, yaitu suatu penelitian yang dilakukan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan suatu fenomena yang terjadi di dalam masyarakat dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian dengan pendekatan yang ada di dalam usulan penelitian, proses, hipotesis, turun ke lapangan, analisis data, dan kesimpulan data sampai dengan penulisannya mempergunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus dan kepastian data numerik (Sugiyono, 2012:7). Rancang bangun penelitian ini adalah studi mengenai kandungan kromium (Cr) dalam limbah cair dan air sungai serta keluhan kesehatan masyarakat sekitar Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember.

### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

#### **3.2.1 Tempat Penelitian**

Tempat penelitian dilaksanakan di Industri Elektroplating X Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember, Sungai Bedadung disekitar Industri Elektroplating X, dan RT 03 RW 11 Lingkungan Gedung Piring Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember.

#### **3.2.2 Waktu Penelitian**

Penyusunan proposal dilanjutkan dengan seminar proposal, kemudian pengumpulan data di lapangan, hingga penyusunan hasil dan pembahasan dimulai dari bulan Oktober 2014-September 2015.

### 3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

#### 3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi adalah generalisasi yang terdiri atas: obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk mempelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2012:80). Populasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### a. Pada Limbah Cair

keseluruhan limbah cair yang dihasilkan pada tiap tahapan proses dalam satu kali proses pelapsian logam Pada Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember.

##### b. Pada Air Sungai

Populasi air sungai yang digunakan adalah air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember.

##### c. Pada Masyarakat

- 1) Pemilik dan karyawan industri elektroplating yang berjumlah 12 orang.
- 2) Masyarakat yang bertempat tinggal di sekitar Sungai Bedadung di kawasan Industri Elektroplating X yakni masyarakat RT 03 RW 11 Lingkungan Gedung Piring Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember yang berjumlah 221 orang.

#### 3.3.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah sebagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut (Sugiyono, 2012:81). Sampel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### a. Sampel Limbah Cair

Sampel penelitian pada limbah cair Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember adalah 5 liter limbah cair yang diambil pada satu titik di bak penghomogenan limbah cair, dengan

menggunakan teknik pengambilan contoh sesaat (*grab samples*) (Lihat gambar 3.1).

b. Sampel Air Sungai

Pengambilan sampel pada air sungai ini dilakukan pada 4 lokasi yakni: lokasi sebelum pembuangan limbah cair (*point source*) atau lokasi A, pada lokasi pembuangan limbah cair (*point source*) atau lokasi B, lokasi setelah pembuangan limbah cair (*point source*) atau lokasi C, dan lokasi dimafaatkannya air sungai oleh masyarakat atau lokasi D. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 titik pada tiap lokasi. Pada lokasi A, B, dan C pengambilan sampel dilakukan pada sore hari, sedangkan pada lokasi D pengambilan sampelnya dilakukan pada pagi dan sore hari. Sampel air sungai diambil 5 liter pada tiap titiknya dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, sehingga jumlah total keseluruhan sampel sebanyak 30 sampel air sungai (Lihat gambar 3.2).

c. Sampel Masyarakat

Besar sampel Masyarakat pada penelitian ini adalah

- 1) Informan untuk mengetahui proses produksi industri elektroplating adalah pemilik industri elektroplating yang berjumlah satu orang.
- 2) Jumlah sampel masyarakat:
  - a) Kriteria eksklusi, masyarakat RT 03 RW 11 Lingkungan Gedung Piring Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember yang menggunakan air PDAM dan masyarakat yang tidak pernah menggunakan air sungai dalam memenuhi kebutuhan harian.
  - b) Kriteria Inklusi, RT 03 RW 11 Lingkungan Gedung Piring Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember yang menggunakan air sumur dan menggunakan air sungai setiap hari atau pada musim kemarau dalam memenuhi kebutuhan harian.

Dari kriteria tersebut didapatkan jumlah masyarakat sebanyak 192 orang dari 221 orang dan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus Lemeshow, sebagai berikut:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot p(1-p) \cdot N}{d^2(N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p(1-p)}$$

$$n = \frac{(1,645)^2 \cdot 0,5(1-0,5) \cdot 192}{(0,1)^2(192-1) + (1,645)^2 \cdot 0,5(1-0,5)}$$

$$n = 50,21 \approx 51$$

keterangan :

N : Besar populasi

n : Besar sampel

$Z_{\alpha}$  : Nilai distribusi normal baku pada  $\alpha$  tertentu ( $\alpha = 0,1$ )

p : Harga proporsi di populasi

d : Kesalahan yang dapat ditolerir ( $d = 0,1$ )

Jadi setelah penghitungan, besarnya sampel yang diperoleh sebesar 51 orang. Pengambilan sampel masyarakat menggunakan teknik *simple random sampling*.

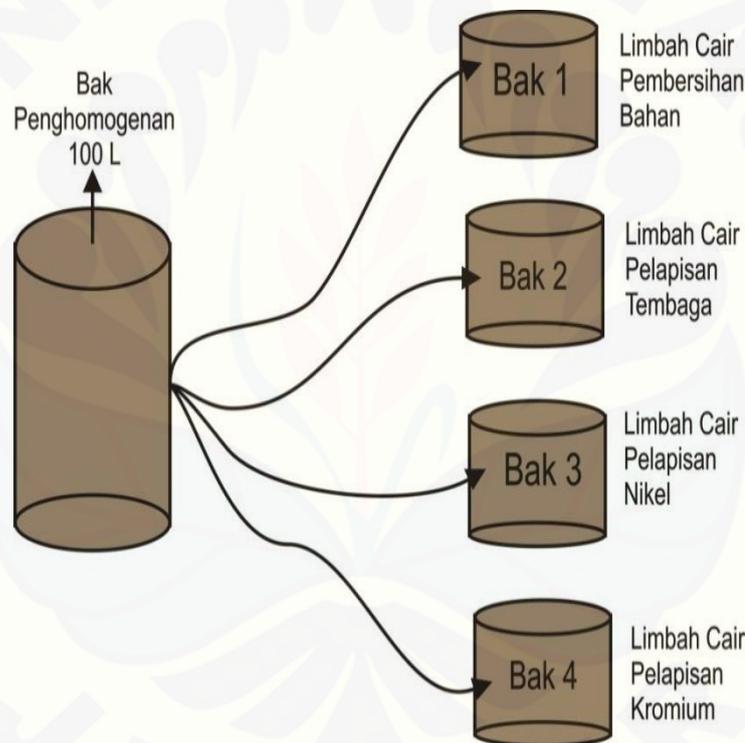
### 3.4 Teknik Pengambilan Sampel

#### 3.4.1 Teknik Pengambilan Sampel Limbah Cair

Sampel yang diambil merupakan limbah cair yang dihasilkan pada 3 proses pelapisan logam yang berbeda yakni logam A, logam B, dan Logam C. Sebelum dilakukan proses pelapisan, ketiga logam yakni logam A, B, dan C terlebih dahulu dilakukan pengukuran luas permukaan yang dilapisi.

Pengambilan sampel limbah cair dilakukan sebanyak tiga kali dengan hari yang sama. Limbah cair yang dihasilkan pada tiap tahapan proses pelapisan pada logam A, B, dan C, yakni proses pembersihan, proses pelapisan tembaga, nikel, dan kromium ditampung dalam bak penampungan yang bervolume 100 liter, dan dilakukan pengukuran volume limbah yang dihasilkan pada masing-masing logam. Setelah itu, dilakukan penghomogenan dan kemudian sampel limbah cair

dapat diambil pada satu titik di bak penghomogenan yang bervolume 100 liter sebanyak 5 liter untuk pengukuran kandungan kromium. Teknik pengambilan sampel air limbah pada penelitian ini menggunakan pengambilan contoh sesaat (*grab samples*), yakni limbah yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu (SNI 6989.59:2008). Dilakukan pengambilan sampel pada ketiga proses pelapisan logam yakni logam A, B, dan C untuk mengetahui rerata volume dan rerata kandungan kromium pada limbah cair industri elektroplating pada satu kali proses pelapisan logam. Sehingga total keseluruhan sampel limbah cair sebanyak 3 sampel air limbah. Adapun denah pengambilan sampel limbah cair dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Denah Pengambilan Sampel Limbah Cair

Prosedur pengambilan sampel limbah cair industri elektroplating ini mengacu pada SNI 6989-59-2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air limbah. Prosedur pengambilan air limbah cair pada bak penampungan:

- a. Alat
  - 1) Jurigen plastik berukuran 5 liter
  - 2) Label

- 3) Pengaduk
  - 4) Bak bervolume 100 liter
  - 5) Bak bervolume 15 liter
  - 6) Gayung Plastik bertangkai panjang
- b. Cara Pengambilan Sampel
- 1) Penyiapan alat yang diperlukan.
  - 2) Penampung limbah cair yang dihasilkan pada tiap tahapan proses pada bak bervolume 15 liter.
  - 3) Penghomogenan limbah cair yang dihasilkan pada tiap tahapan proses kedalam bak bervolume 100 liter dan dilakukan pengadukan.
  - 4) Pengambilan sampel limbah cair sebanyak 5 liter dan ditampung dalam jurigen yang sebelumnya telah dikondisikan yakni dengan dilakukan pembilasan sebanyak 3 kali dengan air sampel.
  - 5) Pemberian label dengan mencantumkan nomor sampel, tanggal dan waktu pengambilan.
  - 6) Pengawetan sampel dan dikirim ke laboratorium.

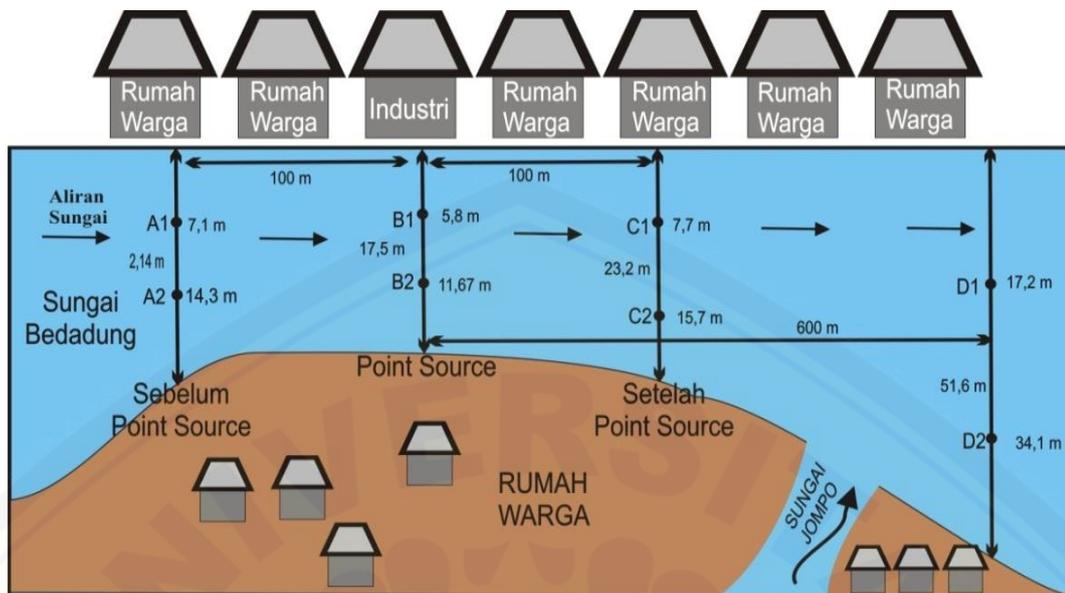
#### 3.4.2 Teknik Pengambilan Sampel Air Sungai

##### a. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai

Sebelum pengambilan sampel air sungai terlebih dahulu dilakukan penentuan lokasi pengambilan sampel air yang dilakukan berdasarkan beberapa pertimbangan peneliti. Berdasarkan SNI 06-2412-1991 tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air, dalam penentuan lokasi pengambilan sampel pada daerah aliran sungai untuk pemantauan kualitas air dapat dilakukan pada lokasi sungai sebelum adanya beban pencemar oleh industri, lokasi sungai yang tidak terdapat beban pencemar lain kecuali industri, dan lokasi sungai yang banyak dimanfaatkan masyarakat sekitar. Sehingga pengambilan sampel air sungai ini dilakukan pada 4 lokasi pengambilan yakni lokasi sebelum pembuangan limbah cair (*point source*) atau lokasi A, lokasi pembuangan limbah cair (*point source*) atau lokasi B, lokasi setelah pembuangan limbah cair (*point*

*source*) atau lokasi C, dan lokasi dimafaatkannya air sungai oleh masyarakat atau lokasi D. Pengambilan sampel pada lokasi A berjarak 100 meter sebelum lokasi, sedangkan lokasi C berjarak 100 meter setelah lokasi B, dan pada lokasi D berjarak 600 meter dari lokasi B. Setelah dilakukan penentuan lokasi pengambilan sampel, maka dilakukan penentuan titik pengambilan sampel air sungai pada tiap lokasi.

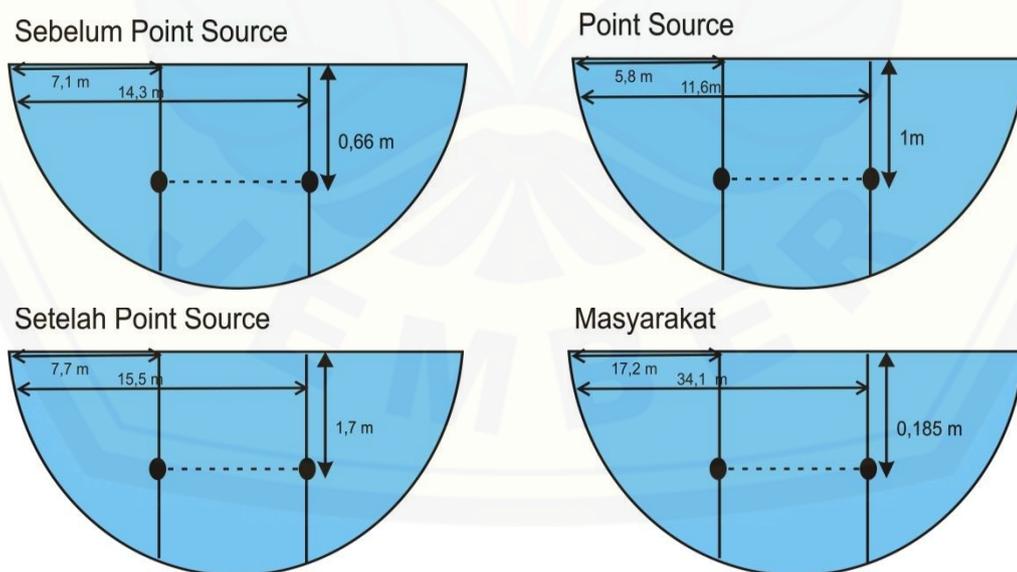
Berdasarkan SNI 06-2412-1991 tentang metode contoh pengambilan kualitas air menyebutkan bahwa titik pengambilan sampel air sungai didasarkan pada debit air sungai tersebut. Berdasarkan perhitungan debit air sungai yang dilakukan pada tanggal 07 April 2015, didapatkan nilai rerata debit air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X yakni sebesar  $19,8 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Maka berdasarkan SNI 06-2412-1991, menyatakan bahwa sungai dengan debit antara  $5-150 \text{ m}^3/\text{detik}$ , contoh diambil pada dua titik masing-masing pada jarak  $1/3$  dan  $2/3$  lebar sungai pada  $0,5$  kali kedalaman dari permukaan air. Untuk itu pada tiap lokasi, dilakukan pengambilan sampel sebanyak dua titik. Pada lokasi A terdapat di titik A1 dan A2, pada lokasi B terdapat di titik B1 dan B2, lokasi C terdapat di titik C1 dan C2 dan, lokasi D terdapat di titik D1 dan D2. Adapun dena penampang atas pengambilan titik sampel air sungai pada tiap lokasi dapat dilihat pada gambar 3.2



Ket :  
Tampak Penampang Atas

- Keterangan:
- A: Sebelum Point Source
  - B: Point Source
  - C: Setelah Point Source
  - D: Tempat Dimanfaatkan Masyarakat

Gambar 3.2 Denah Penampang Atas Titik Pengambilan Sampel Pada Air Sungai  
Sedangkan denah penampang samping pengambilan titik sampel pada air sungai dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Denah Penampang Samping Titik Pengambilan Sampel Pada Air Sungai

#### b. Teknik Pengambilan Sampel Air Sungai

Setelah dilakukan penentuan titik-titik pengambilan sampel air sungai pada tiap lokasi, maka tahapan selanjutnya adalah pengambilan sampel air sungai. Pengambilan sampel air sungai pada seluruh titik di tiap lokasi, yakni pada titik-titik di lokasi A, B, C, dan D dilakukan sore hari dengan rentang waktu pukul 15.00-17.00 WIB. Pemilihan waktu tersebut berdasarkan pertimbangan sudah adanya pembuangan limbah cair oleh industri elektroplating dan merupakan salah satu waktu dimana air sungai banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Akan tetapi khusus lokasi D, pengambilan sampel air sungai di setiap titik-titiknya dilakukan sebanyak 2 kali dalam sehari. Pengambilan sampel di lokasi D ini selain dilakukan pada sore hari juga dilakukan pada pagi hari dengan rentang waktu pukul 06.00-08.00 WIB. Dilakukan pengambilan sampel pada kedua waktu tersebut bertujuan untuk mengetahui kandungan kromium pada air sungai ketika sungai tersebut banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar.

Pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada titik-titik di setiap lokasi dalam hari yang berbeda secara berturut-turut tetapi dalam rentang waktu yang sama. Sehingga total jumlah sampel yang diambil sebanyak 30 sampel air sungai. Teknik pengambilan sampel air sungai pada penelitian ini menggunakan pengambilan contoh sesaat (*grab samples*), yakni sampel air sungai yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu (SNI 6989.59:2008).

Prosedur pengambilan sampel air sungai ini mengacu pada SNI 06-2412-1991 tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air. Prosedur pengambilan sampel air sungai, yakni:

##### 1) Alat:

- a) Jurigen plastik ukuran 5 liter
- b) Botol pemberat
- c) Label

##### 2) Cara Pengambilan Sampel

- a) Penyiapan botol pemberat dan jurigen plastik ukuran 5 liter yang sudah dicuci bersih.

- b) Penentuan lokasi pengambilan sampel di sungai, yakni pada lokasi A, B, C, dan D.
- c) Penentuan titik pengambilan sampel air sungai pada tiap lokasinya berdasarkan debit air sungai. Sehingga didapatkan titik pengambilan sampel sebanyak dua titik pada tiap lokasi.
- d) Pengambilan sampel air sungai dengan botol pemberat di titik pengambilan sampel pada tiap lokasi yang telah ditentukan.
- e) Pembilasan botol pemberat dan jurigen plastik dengan air sampel sebanyak 3 kali
- f) Pengambilan sampel air sebanyak 5 liter dan ditampung kedalam jurigen plastik.
- g) Pemberian label dengan mencantumkan nomor sampel, tanggal dan waktu pengambilan.
- h) Pengawetan sampel dan dikirim ke laboratorium.

#### 3.4.3 Metode Pengujian Kromium di Laboratorium

Pengujian kandungan kromium pada limbah cair dan air sungai mengacu pada SNI 6-6989.17-2004 tentang Cara uji krom total (Cr- T) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Metodenya adalah sebagai berikut :

- a. Peralatan
  - 1) SSA;
  - 2) Pipet ukur 10 mL;
  - 3) Tabung reaksi
- b. Bahan
  - 1) Air suling;
  - 2) Larutan standar logam krom
  - 3) Reagen Cr-1 dan Cr<sub>2</sub>
- c. Cara Kerja
  - 1) Reagen dimasukkan kedalam tabung reaksi yakni Cr-1 sebanyak 1 takar dan Cr<sub>2</sub> sebanyak 6 tetes dan dilakukan pengocokan

- 2) Pengenceran sampel limbah cair atau air sungai dengan air suling
- 3) Sampel limbah cair atau air sungai dengan air suling dimasukkan kedalam tabung reaksi yang telah ditambahkan reagen
- 4) Pengocokan dan mendinginkan selama 60 detik
- 5) Sampel dimasukkan SSA dan melakukan pembacaan hasil

### 3.5 Variabel dan Definisi Oprasional

Definisi operasional adalah suatu definisi yang diberikan kepada suatu variabel atau konstruk dengan cara memberikan arti atau menspesifikan kegiatan ataupun memberikan suatu operasional yang diperlukan untuk mengukur variabel tersebut (Nazir, 2009:126). Definisi operasional variabel dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 3.1 Variabel dan Definisi Oprasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengukuran	Hasil Pengukuran (Satuan)
1.	Industri Elektroplating	Suatu usaha yang bergerak dalam bidang pelapisan padat logam dengan logam lainnya menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit.		
	a. Proses Elektroplating	Suatu tahapan proses pelapisan padatan logam dengan logam lainnya dengan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit, yang didalamnya terdiri dari proses pendahuluan ( <i>Pretreatment</i> ), proses pelapisan logam, dan proses akhir ( <i>post treatment</i> )		
	1) Proses Pendahuluan ( <i>Pre treatment</i> )	Proses menghilangkan semua pengotor yang ada di permukaan padatan logam yang akan dilapisi untuk meningkatkan daya ikat lapisan dengan bahan yang dilapisi.	Wawancara dan Observasi	
	2) Proses Pelapisan Logam	Proses pelapisan logam besi dan aluminium dengan bahan pelapis logam tembaga, nikel, dan kromium.	Wawancara dan Observasi	

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengukuran	Hasil Pengukuran (Satuan)
	3) Proses Akhir ( <i>post treatment</i> )	Proses penggosokan permukaan bahan logam dengan batu hijau agar memiliki hasil lebih mengkilap.	Wawancara dan Observasi	
	b. Jumlah Logam yang Dilapisi	Banyaknya logam yang dapat dilapisi oleh industri elektroplating setiap hari.	Pengukuran Berat dengan Timbangan (Kg)	Berat Logam dalam Kg/hari
2	Limbah Cair	Sisa hasil proses industri elektroplating yang berbentuk cair.		
	a. Volume Limbah Cair	Banyaknya limbah cair yang dihasilkan dalam keseluruhan tahapan dalam satu kali proses pelapisan logam	Pengukuran Volume dengan Bak Ukur (L)	Volume Limbah dalam liter/m <sup>2</sup>
	b. Luas Permukaan	Total luas permukaan logam yang dilapisi dalam satu kali proses pelapisan logam	Pengukuran Luas Permukaan dengan Alat Ukur Panjang (cm)	Luas Permukaan dalam m <sup>2</sup>
	c. Kandungan Kromium (Cr) pada Limbah Cair	Jumlah kandungan kromium total dalam limbah cair yang dihasilkan dalam keseluruhan tahapan dalam satu kali proses pelapisan logam	Uji Laboratorium	Nilai Kromium dalam mg/liter
4	Kandungan Kromium (Cr) pada Air Sungai	jumlah kandungan kromium total dalam air sungai	Uji Laboratorium	Nilai Kromium dalam mg/liter
5	Keluhan Kesehatan Masyarakat	Gejala kesehatan terkait kromium yang dirasakan masyarakat setelah penggunaan air sungai untuk kebutuhan sehari-hari.	Wawancara	

### 3.6 Data dan Sumber Data

#### 3.6.1 Data Primer

Sumber primer merupakan sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data (Sugiyono, 2009:137). Pengumpulan data biasanya melalui angket, wawancara, jejak pendapat, dan lain-lain. Data primer dalam penelitian ini adalah hasil observasi dan wawancara secara langsung di lokasi

penelitian terkait proses Industri Elektroplating X, hasil wawancara masyarakat terkait keluhan kesehatan, dan data hasil uji laboratorium terkait kandungan kromium pada limbah cair Industri Elektroplating X dan air sungai sekitar Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar, Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember.

### 3.6.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber sekunder merupakan sumber data yang diperoleh dengan cara membaca, mempelajari dan memahami melalui media lain yang bersumber dari literatur, buku-buku, serta dokumen perusahaan (Sugiyono, 2009:137). Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari Kelurahan Tegal Besar, Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember, buku-buku, prosidik, bulletin serta jurnal-jurnal penelitian terkait dengan penelitian ini.

## 3.7 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

### 3.7.1 Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara-cara yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi :

#### a. Observasi

Observasi sebagai teknik pengumpulan data mempunyai ciri yang spesifik bila dibandingkan dengan teknik yang lainnya. Observasi tidak terbatas pada orang, tetapi juga obyek-obyek alam lainnya. Observasi merupakan suatu proses yang kompleks, suatu proses yang tersusun dari berbagai proses biologis dan psikologis. Dua diantara yang penting adalah proses pengamatan dan ingatan (Sugiyono, 2012:145). Observasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah observasi terkait proses kegiatan Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember.

#### b. Wawancara

Wawancara menurut Sugiyono (2012:137) adalah proses pertemuan dua orang untuk bertukar informasi dan ide melalui tanya jawab, sehingga dapat dikonstruksikan makna dalam suatu topik tertentu. Informan yang diwawancarai dalam penelitian ini adalah pemilik industri dan masyarakat di sekitar industri yang memanfaatkan air sungai di sekitar Industri Elektroplating X untuk kebutuhan sehari-hari. Dalam melakukan wawancara, peneliti menggunakan bantuan pedoman wawancara untuk memudahkan dan memfokuskan pertanyaan yang akan diutarakan. Peneliti juga menggunakan alat bantu rekam untuk memudahkan proses pengolahan data.

#### c. Dokumentasi

Dokumen merupakan catatan peristiwa yang sudah berlalu. Dokumen bisa berbentuk tulisan, gambar, atau karya-karya monumental dari seseorang. Hasil penelitian juga akan semakin kredibel apabila didukung oleh foto-foto yang ada. Untuk menunjang pengumpulan data dokumentasi, menggunakan alat bantu berupa kamera untuk memudahkan peneliti dalam mengumpulkan beberapa dokumentasi.

#### f. Uji Laboratorium

Pengumpulan data untuk kandungan kromium pada limbah cair dan air sungai sekitar Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar, Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember dilakukan dengan uji laboratorium di Laboratorium Kesehatan Daerah Jember.

### 3.7.2 Instrumen Pengumpulan Data

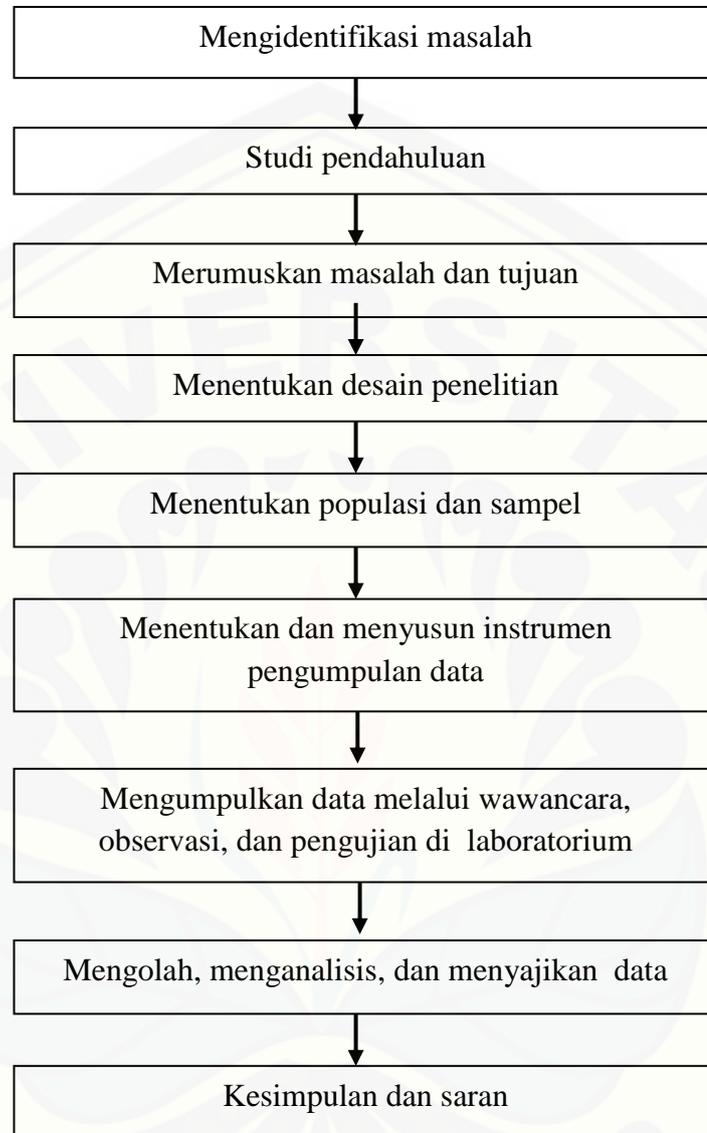
Menurut Arikunto (2006:203) instrumen pengumpulan data adalah alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik, dalam arti lebih cermat, lengkap, dan sistematis sehingga lebih mudah diolah. Instrumen pengumpulan data pada penelitian ini adalah berupa kuesioner. Kuesioner ditanyakan secara

lisan kepada responden melalui wawancara, dan diisi oleh interviewer berdasarkan jawaban lisan dari responden.

### **3.8 Teknik Penyajian dan Analisis Data**

Cara penyajian data penelitian dilakukan melalui berbagai bentuk. Pada umumnya dikelompokkan menjadi tiga, yakni penyajian dalam bentuk teks, tabel, dan penyajian dalam bentuk grafik (Notoatmodjo, 2010:194). Dalam penelitian ini, data yang diperoleh dari uji laboratorium, wawancara, dan observasi akan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik disertai dengan narasi sebagai penjelasan. Analisis data menggunakan analisis deskriptif yaitu menggambarkan hasil uji laboratorium tentang kadar kromium pada limbah cair industri electroplating dan air sungai di sekitar industri electroplating X Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember dan menggambarkan keluhan kesehatan yang dirasakan oleh masyarakat akibat penggunaan air sungai disekitar industri electroplating.

### 3.9 Alur Penelitian



Gambar 3.4 Alur Penelitian

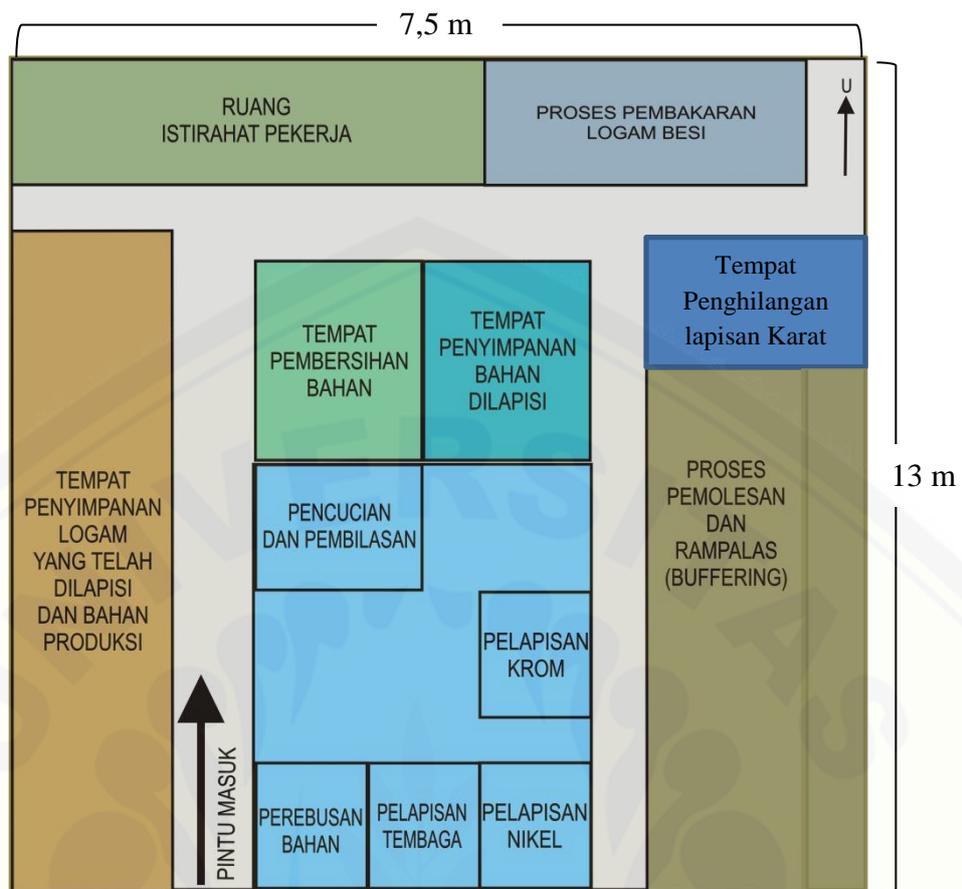
## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kelurahan Tegal Besar merupakan bagian dari wilayah Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember. Luas wilayah Kelurahan Tegal Besar sebesar 7,62 km<sup>2</sup>. Ketinggian wilayah kelurahan tegal besar adalah 98 m. Kelurahan Tegal Besar memiliki jumlah penduduk sebesar 14.742 jiwa, yang terdiri dari 7.215 jiwa perempuan dan 7.527 jiwa laki-laki. Batas wilayah administratif Kelurahan Tegal Besar meliputi:

sebelah utara	: Kelurahan Kebonsari
sebelah selatan	: Kelurahan Keranjingan
sebelah timur	: Kelurahan Keranjingan
sebelah Barat	: Kelurahan kaliwates.

Kelurahan Tegal Besar terdiri dari 5 Dusun, 34 RW, dan 117 RT. Kelurahan Tegal Besar memiliki 61 industri yang diantaranya adalah 14 industri besar, 18 industri menengah, dan 29 industri kecil. Salah satu jenis industri yang berada di Kelurahan Tegal Besar adalah industri elektroplating. Industri Elektroplating X ini merupakan industri pelapisan logam dengan menggunakan metode elektroplating yakni pelapisan bahan logam besi dan aluminium dengan logam tembaga, nikel, dan kromium yang menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit. Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar ini berbasis *home industry*. Industri ini didirikan pada tahun 2007 dan memiliki pekerja sebanyak 12 orang termasuk pemilik industri. Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar ini beroperasi sekitar pukul 08.00 WIB sampai pukul 16.00 WIB dan berlangsung selama 6 hari aktif kerja yakni pada Hari Senin sampai Sabtu.



Gambar 4.1 Denah Lokasi Kerja pada Industri Elektroplating Kelurahan Tegal Besar

Disekitar Industri Elektroplating Kelurahan Tegal Besar terdapat sungai yakni Sungai Bedadung dan Sungai Jompo. Pembuangan limbah cair industri elektroplating ini dilakukan pada Sungai Bedadung. Sungai Bedadung yang berfungsi sebagai pembuangan limbah industri ini biasanya dimanfaatkan masyarakat sekitar industri yakni masyarakat RT 03 RW 11 Lingkungan Gedung Piring Kelurahan Tegal Besar sebagai pemenuhan kebutuhan sehari-hari seperti mandi, cuci, dan kakus.

## 4.2 Hasil

### 4.2.1 Industri Elektroplating

#### a. Proses Elektroplating

Proses pelapisan logam dengan menggunakan metode elektroplating ini terdiri dari 3 tahapan utama yakni:

##### 1) Proses Pendahuluan (*Pretreatment*)

Pada tahapan proses pendahuluan ini terdapat beberapa tahapan proses, diantaranya adalah:

- a) Penghilangan lapisan cat pada bahan
- b) Penghilangan lapisan karat pada bahan
- c) Pemperhalusan dan pemerataan permukaan bahan
- d) Pembersihan dan pengilangan lapisan minyak dan lemak pada permukaan bahan

##### 2) Proses Pelapisan Logam

Pada tahapan selanjutnya setelah proses pendahuluan adalah proses pelapisan logam yang terdiri dari:

- a) Proses pelapisan tembaga
- b) Proses pelapisan nikel
- c) Proses pelapisan kromium

##### 3) Proses akhir (*post treatment*)

Langkah terakhir dari pelapisan logam dengan metode elektroplating ini adalah proses penggosokan lapisan permukaan bahan.

#### b. Jumlah Logam yang Dilapisi

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan selama tiga hari berturut-turut diketahui bahwa jumlah rerata produksi pelapisan logam dengan metode elektroplating pada Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar ini sebanyak 49 kg per hari dimana rerata bahan utama yang dilapisi yakni aluminium dengan berat 28,4 kg per hari dan besi dengan berat 20,6 kg per hari. Jumlah logam yang dilapisi pada Industri Elektroplating X terdapat dalam tabel 4.1

Tabel 4.1 Jumlah Logam yang Dilapisi

Tanggal	Berat Logam (Kg)		Berat Total (kg)
	Besi (Fe)	Alumunium (Al)	
08 April 2015	0,7	45,3	46
09 April 2015	41,6	10,4	52
10 April 2015	19,6	29,4	49
Rerata ( $\bar{x}$ )	20,6	28,4	49

#### 4.2.2 Volume dan kandungan Kromium (Cr) pada Limbah Cair Elektroplating

Pengambilan sampel limbah cair dilakukan pada hari yang sama tetapi pada proses pelapisan logam yang berbeda. Logam yang dilapisi yakni A, B, dan C. Sehingga total sampel limbah cair yang diambil sebanyak 3 sampel. Berdasarkan pengukuran volume limbah cair yang dihasilkan pada proses pelapisan logam A, B, dan C diketahui rerata volume limbah cair adalah 34 liter dan rerata luas permukaan dari ketiga logam tersebut adalah  $0,049 \text{ m}^2$ . Sedangkan berdasarkan pengujian sampel limbah cair yang dihasilkan dari ketiga proses pelapisan logam tersebut menunjukkan bahwa rerata kandungan kromium sampel limbah cair sebesar  $3,5 \text{ mg/L}$ . Volume, luas permukaan, dan kandungan kromium pada limbah cair dari ketiga logam terdapat dalam tabel 4.2

Tabel 4.2 Volume dan Kandungan Kromium pada Limbah Cair Elektroplating

Tanggal	Logam	Luas Permukaan ( $\text{m}^2$ )	Volume Limbah (L)	Kandungan Kromium (mg/L)
12 Agustus 2015	A	0,064	38	5,0
12 Agustus 2015	B	0,057	35	3,5
12 Agustus 2015	C	0,027	30	2,0
	Rerata ( $\bar{x}$ )	0,049	34	3,5

#### 4.2.3 Kandungan Kromium Pada Air Sungai

Pengambilan sampel air sungai pada Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X dilakukan selama 3 hari yakni mulai tanggal 8-10 April 2015.

Kegiatan pengambilan sampel air Sungai Bedadung dilakukan pada 4 lokasi yakni lokasi sebelum *point source* (A), lokasi *point source* (B), lokasi setelah *point source* (C), dan lokasi pemanfaatan air sungai oleh masyarakat (D). Lokasi A berjarak 100 meter sebelum lokasi B, dan lokasi C berjarak 100 meter setelah lokasi B, sedangkan lokasi D berjarak 600 meter setelah lokasi B. Pada masing-masing lokasi dilakukan pengambilan sebanyak 2 titik yang pada jarak 1/3 dan 2/3 lebar sungai dengan kedalaman setengah kali kedalaman sungai dari permukaan. Pada lokasi A, B, dan C pengambilan sampel dilakukan pada sore hari dan untuk lokasi D dilakukan pengambilan pada pagi dan sore hari.

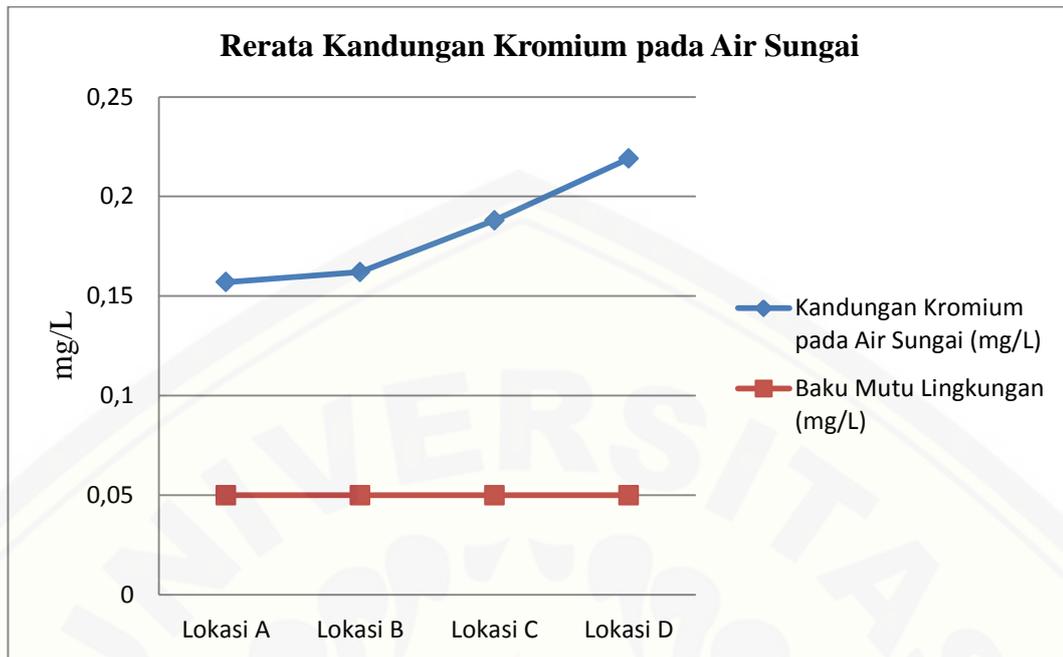
Hasil pengujian sampel air sungai yang dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Jember menunjukkan bahwa kandungan kromium pada tiap lokasi menunjukkan angka yang berbeda-beda setiap kali pengulangan. Pada lokasi A kandungan rerata kromium sebesar 0,157 mg/L, pada lokasi B kandungan rerata kromium sebesar 0,162 mg/L, lokasi C sebesar 0,188 mg/L, dan lokasi D kandungan kromium sebesar 0,219 mg/L. Kandungan kromium pada air sungai Bedadung pada beberapa lokasi terdapat dalam tabel 4.3

Tabel 4.3 Kandungan Kromium pada Air Sungai

Tanggal	Waktu (WIB)	A (mg/L)			B (mg/L)			C (mg/L)			D (mg/L)		
		A1	A2	$\bar{X}$	B1	B2	$\bar{X}$	C1	C2	$\bar{X}$	D1	D2	$\bar{X}$
08 April 2015	06.00-08.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,160	0,120	0,140
	15.00-17.00	0,180	0,140	0,160	0,140	0,110	0,125	0,14	0,14	0,140	0,110	0,130	0,120
09 April 2015	06.00-08.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,270	0,210	0,240
	15.00-17.00	0,170	0,150	0,160	0,160	0,200	0,180	0,21	0,36	0,285	0,320	0,420	0,370
10 April 2015	06.00-08.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,290	0,340	0,315
	15.00-17.00	0,150	0,150	0,150	0,200	0,160	0,180	0,13	0,15	0,140	0,130	0,120	0,130
Rerata ( $\bar{X}$ )		0,157			0,162			0,188			0,219		

Keterangan: A: Sebelum *Point Source*  
 B: *Point Source*  
 C: Setelah *Point Source*  
 D:Tempat Dimanfaatkan Masyarakat

Adapun grafik kandungan kromium pada air sungai di empat lokasi pengamabilan sample yakni lokasi sebelum *point source* (A), lokasi *point source* (B), lokasi setelah *point source* (C), dan lokasi dimanfaatkan masyarakat (D) terdapat pada gambar 4.2



Keterangan: Lokasi A: 100 m Sebelum *Point Source*

Lokasi B: *Point Source*

Lokasi C: 100 m Setelah *Point Source*

Lokasi D: 600 m Setelah *Point Source*

Gambar 4.2 Grafik Rerata Kandungan Kromium Pada Sungai Bedadung

#### 4.2.4 Pemanfaatan Air Sungai Bagi Masyarakat

##### a. Distribusi Pemanfaatan Air Sungai

Air sungai sebagai salah satu sumber air biasanya digunakan masyarakat sekitar daerah sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, salah satunya adalah pemanfaatan air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X oleh masyarakat sekitar. Hasil wawancara kepada 51 responden yang bertempat tinggal di sekitara wilayah Sungai Bedadung pada area Industri Elektroplating X, yakni masyarakat RT 03 RW 11 Lingkungan Gedung Piring Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates dan memanfaatkan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, menunjukkan bahwa dari 51 responden sebanyak 24 responden atau sebesar 47,1% menggunakan air sungai untuk mandi, cuci, dan kakus. Distribusi pemanfaatan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari terdapat dalam tabel 4.4

Tabel 4.4 Distribusi Pemanfaatan Air Sungai Bedadung Bagi Masyarakat

No	Jenis Pemanfaatan	Jumlah (orang)	Persentase (%)
1	Mandi	5	9,8
2	Cuci	2	3,9
3	Kakus	2	3,9
4	Mandi dan Cuci	10	19,6
5	Mandi dan Kakus	5	9,8
6	Cuci dan Kakus	3	5,8
7	Mandi, Cuci, dan Kakus	24	47,1

#### b. Waktu Pemanfaatan Air Sungai

Hasil wawancara kepada 51 responden yang memanfaatkan air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X, sejumlah 29 responden atau sebanyak 56,9%, menggunakan air sungai setiap hari sebagai sumber air dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Waktu pemanfaatan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari terdapat dalam tabel 4.5

Tabel 4.5 Waktu Pemanfaatana Air Sungai

Waktu	Jumlah (Orang)	Persentase (%)
Setiap Hari	29	56,9
Musim Kemarau	22	43,1

#### c. Lama Pemanfaatan Air Sungai

Hasil wawancara dengan menggunakan kuesioner kepada 51 responden yang memanfaatkan air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X, sejumlah 45 responden atau sebanyak 88,2% telah menggunakan air sungai sebagai sumber air dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari lebih dari 5 tahun. Lama pemanfaatan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari terdapat dalam tabel 4.6

Tabel 4.6 Lama Pemanfaatan Air Sungai

Lama	Jumlah (orang)	Persentase (%)
< 5 Tahun	6	11,8
> 5 Tahun	45	88,2

#### d. Keluhan Kesehatan Pemanfaatan Air Sungai

Pemanfaatan air Sungai Bedadung yang mengandung logam berat kromium melebihi baku mutu lingkungan oleh masyarakat sekitar dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti mandi, cuci, dan kakus, dapat berdampak negatif yang salah satunya adalah dampak kesehatan. Berdasarkan hasil wawancara kepada 51 responden yang memanfaatkan air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X, sejumlah 29 responden atau sebanyak 56,9% merasakan adanya keluhan kesehatan setelah menggunakan air sungai tersebut. Ada tidaknya keluhan kesehatan yang dirasakan setelah menggunakan air sungai terdapat dalam tabel 4.7

Tabel 4.7 Ada Tidaknya Keluhan Kesehatan yang Dirasakan

Keluhan Kesehatan	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Ada	29	56,9
Tidak	22	44,1

Dampak kesehatan yang diakibatkan oleh pemakaian air yang tercemar oleh logam kromium ini dapat terlihat dalam jangka waktu yang lama. Dampak kesehatan yang ditimbulkan dapat diidentifikasi terlebih dahulu melalui gejala awal yang ditimbulkan berupa keluhan kesehatan. Berdasarkan hasil wawancara kepada 29 responden yang merasakan adanya keluhan kesehatan setelah memanfaatkan air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X. Jumlah tertinggi keluhan berupa gatal-gatal, yakni sejumlah 15 responden atau sebanyak 51,7%. Keluhan kesehatan yang ditimbulkan setelah penggunaan air sungai terdapat dalam tabel 4.8

Tabel 4.8 Keluhan Kesehatan yang Ditimbulkan

No	Gejala Kesehatan	Jumlah (Orang)	Persentase (%)
1	Gatal-Gatal	15	51,7
2	Iritasi Mata	3	10,3
3	Gatal dan Borok	1	3,4
4	Gatal dan Gelembung Air	3	10,3
5	Gatal dan Iritasi Mata	3	10,3
6	Gatal, Borok, dan Gelembung Air	3	10,3
7	Gatal, Borok, dan Iritasi Mata	1	3,4

### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Industri Elektroplating

Industri Elektroplating merupakan suatu industri pelapisan logam dengan menggunakan metode elektroplating. Elektroplating adalah proses pelapisan bahan padat dengan logam lainnya menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit. Proses pelapisan dengan metode ini dilakukan dengan mengendapkan zat atau ion-ion logam pada elektroda katoda (negatif) dengan cara elektrolisis. Hasil dari elektrolisis tersebut akan mengendap pada elektroda negatif/katoda. Terjadinya suatu endapan pada proses ini disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit. Prinsip dasar dari proses pelapisan elektroplating adalah berdasarkan pada hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. Di samping itu jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut (Saleh, 2014:4). Proses pelapisan logam dengan metode elektroplating memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya yakni lapisan relatif lebih tipis, ketebalan dapat dikontrol, dan permukaan lapisan lebih halus (Rahayu, 2009).

Proses elektroplating memiliki tujuan utama untuk mengubah dan meningkatkan nilai logam dengan peningkatan kualitas pada penampilannya. Namun, kepentingan *finishing* logam untuk tujuan dekoratif telah mengalami pergeseran. Hal ini dikarenakan tujuan utama elektroplating saat ini adalah untuk merawat permukaan benda atau barang logam dari ketahanan korosi atau dampak sifat fisik mekanis dari permukaan barang yang terbuat dari logam (Siah, 2009). Pada Industri Elektroplating X fungsi dan tujuan produksinya adalah sebagai *sacrificial coating* yakni pelapisan logam sebagai proteksi bagi logam yang digunakan bahan dasar pelapisan (mittal, 2013). Logam yang memiliki fungsi sebagai proteksi ini adalah logam tembaga dimana logam tembaga ini berfungsi sebagai pelindung bagi logam besi terhadap reaksi oksidasi atau karat. Fungsi dan tujuan lain pelapisan logam pada Industri Elektroplating X ini adalah *decorative*

*coating* yakni pelapisan logam yang bertujuan untuk menarik dan memperindah bahan logam yang dilapisi (mittal, 2013). Logam yang digunakan sebagai bahan pelapis pada besi dan aluminium ini adalah logam nikel dan kromium, dimana logam nikel yang memiliki kekerasan, kekuatan, keuletan dan daya hantar listrik yang baik berfungsi sebagai memperkeras dan memperhalus permukaan bahan yang dilapisi (Saleh, 2014:91). Sedangkan logam kromium berfungsi untuk meningkatkan ketahanan korosi, kekuatan serta sebagai bahan pelapis dekoratif (Saleh, 2014:104).

#### a. Proses Pelapisan Logam Pada Industri Elektroplating

Proses produksi Industri Elektroplating X ini adalah melapisi logam besi dan aluminium. Sedangkan logam yang digunakan sebagai bahan pelapis adalah logam tembaga, nikel, dan kromium. Secara garis besar proses pelapisan logam dengan metode elektroplating pada Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar terdiri dari 3 tahapan utama yakni:

##### 1) Proses Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Proses pendahuluan atau *pre treatment* adalah proses persiapan permukaan bahan sebelum dilakukan pelapisan dengan logam. Tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan daya ikat antara bahan yang dilapisi dengan logam pelapisnya. Pada tahap proses pendahuluan ini terdapat beberapa tahapan proses yang diantaranya adalah:

##### a) Penghilangan Lapisan Cat pada Bahan

Pada Industri Elektroplating X proses menghilangkan lapisan cat pada bahan dilakukan dengan cara yang berbeda tergantung dari bahan yang akan dilapisi. Untuk bahan aluminium cara menghilangkan lapisan cat pada bahan dilakukan dengan merendam bahan aluminium dengan *paint remover* selama  $\pm 30$  menit, hingga lapisan cat mengelupas dari bahan aluminium setelah itu dilakukan penyikatan pada permukaan bahan dan pembilasan dengan air. Pembersihan lapisan cat dari bahan dengan menggunakan *paint remover* ini juga merupakan teknik pengerjaan pendahuluan secara kimia dengan metode pembersihan pelarut (*Solvent*) (Saleh, 2014:52). Sedangkan untuk menghilangkan lapisan cat dari

bahan besi dilakukan dengan membakar lapisan bahan dengan mesin las hingga lapisan cat bersih dari permukaan bahan besi.



(a)



(b)

Keterangan: (a) Menghilangkan lapisan cat pada bahan aluminium  
(b) Menghilangkan lapisan cat pada bahan besi

Gambar 4.3 Proses Penghilangan Lapisan Cat Pada Bahan

#### b) Penghilangan Lapisan Karat

Pada Industri Electroplating X tahapan ini tidak selalu ada tergantung dari bahan yang akan dilapisi. Bahan yang melalui tahapan ini adalah bahan besi karena bahan besi mudah mengalami pengkaratan, sedangkan bahan aluminium tidak melewati tahapan proses ini. Untuk menghilangkan lapisan karat Industri Electroplating X ini merendam bahan dengan larutan asam klorida (HCl), hingga kerak atau karat terangkat dari permukaan bahan dan dilakukan pembiasan dengan air bersih. Pembersihan lapisan karat dengan menggunakan asam klorida (HCl) merupakan teknik pembersihan pendahuluan secara kimia dengan menggunakan metode pencucian dengan asam (*pickling*), yakni pembersihan permukaan benda kerja dari oksida atau karat secara kimia melalui perendaman dengan bahan asam seperti asam klorida (HCl), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dan asam fluoride (HF) (Saleh, 2014:56).



Gambar 4.4 Proses Penghilangan Lapisan Karat

c) Penghalusan dan Pemerataan Permukaan Bahan

Pada Industri Elektroplating X proses memperhalus dan pemerata permukaan bahan dilakukan dalam dua tahapan. Pada tahapan pertama bahan baku yang akan dilapisi disikat atau dipoles untuk menghilangkan goresan-goresan pada permukaan bahan. Alat yang digunakan dalam proses ini adalah mesin gerinda dengan roda poles terbuat dari kain laket. Setelah dilakukan penyikatan atau pemolesan tahapan selanjutnya adalah proses rampalas yang bertujuan untuk menghaluskan dan mengkilatkan permukaan bahan yang akan dilapisi. Bahan yang digunakan dalam proses ini adalah mesin gerinda dengan roda polesnya terbuat dari kain yang dilapisi dengan lem katak dan bubuk rampalas. Selain itu pada tahapan ini juga dilakukan penyikatan dengan batu hijau. Proses meratakan, memperhalus dan mengkilapkan bahan merupakan teknik pembersihan pendahuluan secara mekanik (Saleh, 2014: 44). Pada Industri Elektroplating X teknik pembersihan pendahuluan secara mekanik ini menggunakan metode pengerjaan poles (*polishing*) dan pengerjaan *buffing* atau dalam Industri Elektroplating X disebut pengerjaan rampalas.



(a)



(b)

Keterangan: (a) Metode pengerjaan poles  
(b) Metode Pengerjaan *Buffing*

Gambar 4.5 Proses Pemerataan dan Penghalusan Permukaan Bahan

#### d) Pembersihan dan Penghilangan Lapisan Minyak dan Lemak pada Permukaan Bahan

Tujuan dari proses ini adalah untuk mengilangkan lapisan minyak dan lemak pada permukaan bahan yang dihasilkan dalam proses poles dan rampalas. Pada Industri Elektroplating X tahapan pengerjaan ini dilakukan dengan memasukkan bahan baku kedalam cairan yang panas untuk dilakukan perebusan. Cairan yang digunakan untuk penggodokan berbeda tergantung pada bahan baku yang akan dilakukan pelapisan. Untuk bahan baku besi dilakukan penggodokan pada cairan *metal cleaner* selama  $\pm 10$  menit dan untuk bahan baku aluminium dilakukan penggodokan pada cairan *uniclean 191* selama  $\pm 1$  menit. Setelah dilakukan perendaman pada cairan *metal cleaner* dan *uniclean 191* dilakukan penyikatan dan pencucian permukaan dengan detergen dan kemudian dilakukan pembilasan dengan air. Pembersihan lapisan minyak dan lemak dari permukaan bahan merupakan teknik pengerjaan pendahuluan secara kimia dengan metode pencucian lemak dengan cara celup (*dipping*). Pembersihan lemak dengan metode ini dilakukan dengan cara merendamkan benda kerja ke dalam larutan alkalin dalam keadaan panas dengan suhu  $60-70^{\circ}\text{C}$  selama 5-15 menit. Lamanya perendaman harus disesuaikan dengan kondisi permukaan benda kerja (Saleh, 2014:52).



(a)



(b)

Keterangan: (a) Proses Menghilangkan Lapisan Minyak dan Lemak pada Aluminium  
(b) Proses Menghilangkan Lapisan Minyak dan Lemak pada Besi

Gambar 4.6 Proses Pembersihan dan Penghilangan Lapisan Minyak dan Lemak

## 2) Proses Pelapisan Logam

Setelah proses pendahuluan (*pretreatment*) tahap selanjutnya adalah proses pelapisan logam. Pada prinsipnya proses pelapisan logam dengan elektroplating secara fisik terdiri dari empat rangkaian yakni rangkaian eksternal, anoda, larutan elektrolit dan katoda (benda kerja) (Osborne, 2013):

- a) Rangkaian eksternal, terdiri dari sumber arus searah (DC), media konektor arus listrik ke wadah plating, dan instrument yang terkait seperti amperemeter, voltmeter, dan alat pengatur tegangan dan arus listrik untuk menentukan nilai-nilai yang tepat.
- b) Elektroda negatif atau katoda yang merupakan bahan yang menjadi obyek untuk mendapatkan lapisan, dilakukan dengan memposisikan katoda dalam larutan untuk mendapatkan transfer dari anoda.
- c) Larutan elektrolit digunakan sebagai media yang akan menyampaikan elektrolit dari anoda ke katoda dengan menggunakan energi arus listrik.
- d) Elektroda positif atau anoda, biasanya berbentuk logam padat yang berfungsi sebagai *inert* atau bahan pelapis logam katoda.

Prinsip kerja dari pelapisan logam dengan metode elektroplating ini adalah Bila arus listrik (potensial) searah dialirkan antara kedua elektroda anoda dan katoda dalam larutan elektrolit maka muatan ion positif ditarik oleh katoda. Sementara ion bermuatan negatif berpindah kearah anoda, ion-ion tersebut dinetralkan oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan

pada elektroda katoda. Hasil yang terbentuk merupakan lapisan logam dan gas hidrogen (Saleh, 2014:6).

Pada Industri Electroplating Kelurahan X proses pelapisan logam pada bahan baku terdiri dari:

a) Proses pelapisan tembaga

Proses pelapisan tembaga adalah proses pelapisan bahan baku yang akan dilapisi dengan lapisan logam tembaga. Bahan baku yang akan dilapisi oleh tembaga hanyalah bahan baku besi. Tujuan dari pelapisan bahan baku dengan tembaga adalah untuk mencegah terjadinya karat pada bahan baku. Pada proses pelapisan tembaga alat dan bahan yang dibutuhkan antara lain:

- (1) Rangkaian eksternal, yang terdiri dari bak PVC dengan volume > 270 liter, Trafo 600 A, Accu 200 A, charger Accu 25 A, dinamo 1 kw wepro, dan pangkon
- (2) Katoda, yakni bahan yang akan dilapisi berupa logam besi
- (3) Anoda, yakni bahan yang melapisi berupa logam tembaga
- (4) Larutan elektrolit yakni copper cyanide sebanyak 270 liter yang terdiri dari *Sodium cyanide* (NaCn), *Copper Cyanide* (CuCn), *caustic soda* (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), *rochelle salt* (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>), *Bright GI-3*, *Bright GI-4* dan aquades.

Tahapan proses pelapisan tembaga antara lain:

- (1) Mempersiapkan logam besi yang sebelumnya telah melalui proses pendahuluan (*pretreatment*)
- (2) Pencelupan permukaan logam besi dengan cairan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- (3) Pembilasan dengan air
- (4) Pencelupan logam besi pada cairan elektrolit yang telah dialiri arus listrik.

Lama pencelupan tergantung luas permukaan logam besi yang dilapisi

- (5) Pengangkatan dan pembilasan logam besi dengan air.



Gambar 4.7 Proses Pelapisan Tembaga

b) Proses pelapisan nikel

Proses pelapisan nikel merupakan tahapan lanjutan proses pelapisan setelah tembaga pada bahan besi, namun merupakan proses pelapisan pertama pada bahan baku aluminium. Tujuan dari pelapisan bahan baku dengan nikel adalah sebagai lapisan lindung dan memperhalus permukaan. Pada proses pelapisan nikel bahan yang dibutuhkan antara lain:

- (1) Rangkaian eksternal, yang terdiri dari bak PVC dengan volume > 270 liter, Trafo 600 A, Accu 200 A, *charger* Accu 25 A, dinamo 1 kw wepro, dan pangkon, filter komplit, blower komplit, dan heater 1 kw.
- (2) Katoda, yakni bahan yang akan dilapisi berupa logam besi dan aluminium
- (3) Anoda, yakni bahan yang melapisi berupa logam nikel
- (4) Larutan elektrolit sebanyak 270 liter yang terdiri dari *Nikel Sulphat* ( $\text{NiSO}_4$ ), *Nikel Chloride* ( $\text{NiCl}_2$ ), *Bork Acid* ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), *Bright I-06*, dan *Bright M-07*.

Tahapan proses pelapisan nikel antara lain:

- (1) Pempersiapan logam aluminium yang sebelumnya telah melalui proses pendahuluan (*pretreatment*) dan logam besi setelah proses pelapisan tembaga
- (2) Pencelupan permukaan logam aluminium dengan cairan nitrit acid
- (3) Pencelupan logam aluminium pada cairan tribon  $\text{C}_2$
- (4) Pencelupan logam besi dan aluminium pada cairan elektrolit yang telah dialiri arus listrik. Lama pencelupan tergantung luas permukaan logam besi yang dilapisi
- (5) Pengangkatan dan pembilasan logam besi dengan air.



Gambar 4.8 Proses Pelapisan Nikel

c) Proses pelapisan kromium

Proses pelapisan terakhir adalah pelapisan dengan bahan pelapis kromium. Tujuan adanya pelapisan kromium adalah untuk memperhalus dan mempercantik tampilan bahan yang akan dilapisi. Pada proses pelapisan ini bahan yang digunakan antara lain:

- (1) Rangkaian eksternal, yang terdiri dari drum plastik dengan volume 270 liter, Trafo 600 A, Accu 200 A, *charger* Accu 25 A, dinamo 1 kw wepro, dan pangkon.
- (2) Katoda, yakni bahan yang akan dilapisi berupa logam besi dan aluminium
- (3) Anoda, yakni bahan yang melapisi berupa logam timbal (Pb)
- (4) Larutan elektrolit sebanyak 180 liter terdiri dari *Chromic Acid* ( $CrO_3$ ), *Sulphat Acid* ( $H_2SO_4$ ), *catalyst Chrome*.

Tahapan proses pelapisan kromium antara lain:

- (1) Persiapan logam besi yang sebelumnya telah melalui proses pelapisan nikel. Jika logam yang dilapisi belum terlihat mengkilap, dilakukan penggosokan dan rampalas permukaan logam terlebih dahulu setelah itu dilakukan perebusan pada cairan metal cleaner untuk logam besi dan pada unicleaner 191 pada logam aluminium. Setelah itu dilakukan pencucian dan pembilasan dengan sabun dan air.
- (2) Pencelupan logam besi dan aluminium pada cairan elektrolit yang telah dialiri arus listrik. Lama pencelupan tergantung luas permukaan logam besi dan aluminium yang dilapisi

(6) Pengangkatan dan pembilasan logam besi dan aluminium dengan air.



Gambar 4.9 Proses Pelapisan Kromium

### 3) Proses Akhir (*Post Treatment*)

Langkah terakhir dari pelapisan logam dengan metode elektroplating ini adalah pembilasan dan pengeringan. Namun, terkadang perlu dilakukan pengerjaan lanjutan, misalnya pada Industri Elektroplating X. Jika hasil akhir produk yang dilapisi terdapat permukaan yang gosong atau terbakar, maka akan dilakukan penggosokkan permukaan benda dengan batu hijau. Tujuan adanya proses akhir ini adalah mengkilapkan permukaan logam aluminium dan besi yang telah dilapisi.



Gambar 4.10 Proses Pengosokan dengan Batu Hijau

#### b. Jumlah Logam yang Dilapisi

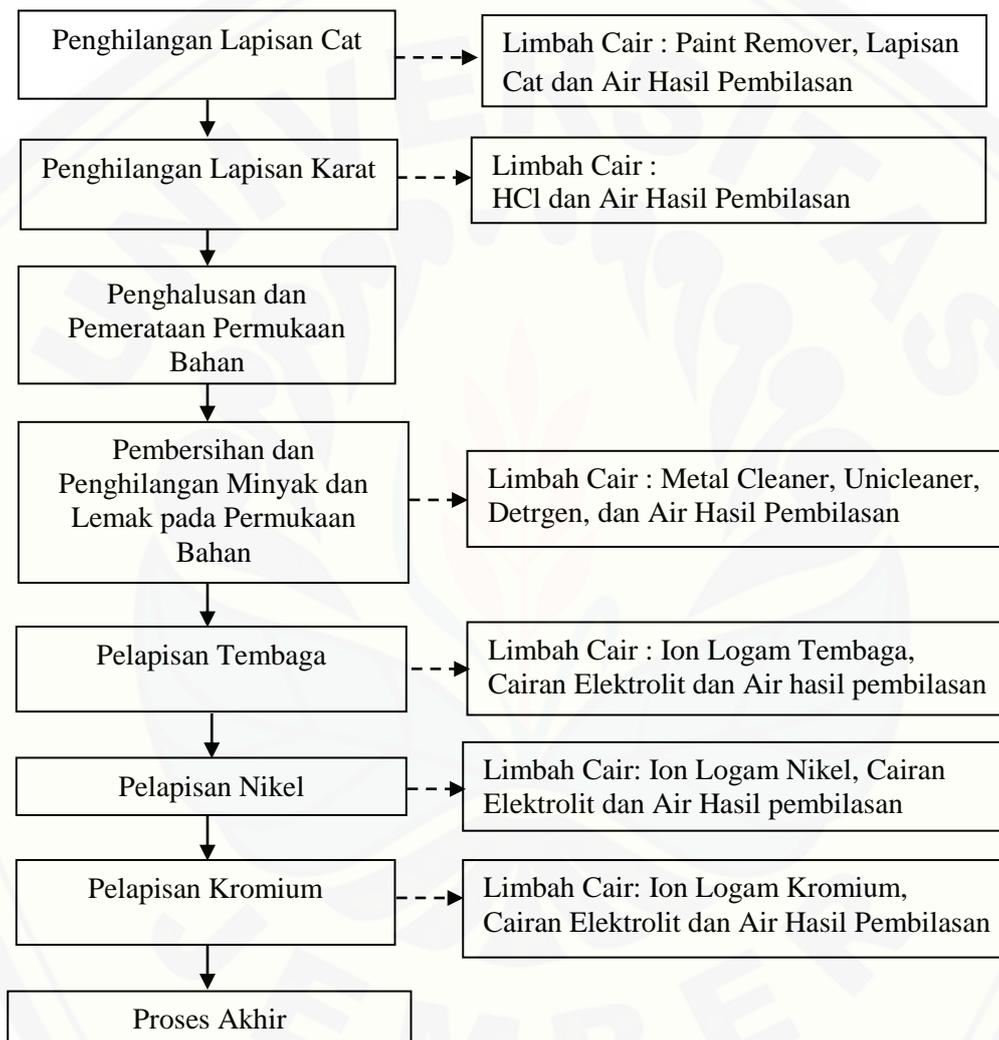
Industri Elektroplating X, beroperasi dari Hari Senin sampai dengan Sabtu pada pukul 08.00-16.00 WIB. Berdasarkan Hasil observasi dan penimbangan yang dilakukan selama tiga hari berturut-turut yakni pada tanggal 8-10 April 2015 pada Industri Elektroplating X ini diketahui bahwa pada hari pertama jumlah

logam yang dilapisi seberat 46 kg dengan jenis logam aluminium yang paling banyak dilapisi yakni seberat 45,3 kg. Pada hari kedua jumlah logam yang dilapisi seberat 52 kg, dengan jenis logam besi yang paling banyak dilapisi yakni seberat 41,6 kg. Pada hari ketiga logam yang dilapisi seberat 49 kg, dengan jenis logam aluminium yang paling banyak dilapisi yakni seberat 29,4 kg. Sehingga diketahui rerata jumlah produksi pelapisan logam pada Industri Elektroplating X di Kelurahan tegal besar adalah seberat 49 kg per hari, dengan jenis logam yang dilapisi adalah logam aluminium dengan berat 28,4 kg dan logam besi seberat 20,6 kg.

#### 4.3.2 Volume dan Kandungan Kromium (Cr) pada Limbah Cair Elektroplating

Salah satu limbah yang dihasilkan industri Elektroplating X dalam kegiatan operasionalnya adalah limbah cair. Menurut Peraturan Gubernur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur, limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri atau kegiatan usaha lainnya yang dibuang ke lingkungan yang diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan. Limbah cair industri elektroplating menjadi suatu perhatian dikarenakan pada limbah cair industri ini mengandung ion-ion logam berat yang bersifat toksik meskipun dalam konsentrasi yang rendah dan dapat bersifat bioakumulasi dalam siklus rantai makanan (Sharma dan Weng, 2007). Limbah cair yang mengandung logam berat termasuk dalam limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Menurut Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah bahan berbahaya dan beracun adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

Limbah cair B3 yang dilakukan pengukuran pada industri elektroplating ini adalah logam berat kromium. Logam berat kromium merupakan salah satu zat anorganik yang dapat digunakan sebagai parameter pengukuran kualitas limbah (Kusnopranto, 1985:41). Berikut adalah bagan tahapan proses pelapisan logam pada Industri Elektroplating X dan limbah cair yang dihasilkan pada tiap tahapan prosesnya terdapat pada gambar 4.11



Gambar 4.11 Tahapan Proses Produksi Industri Elektroplating dan Limbah Cair yang Dihasilkan

Sampel yang diambil merupakan limbah cair yang dihasilkan pada 3 proses pelapisan logam yang berbeda yakni logam A, logam B, dan Logam C. Ketiga logam tersebut merupakan jenis logam yang sama yakni logam aluminium akan tetapi yang membedakannya adalah luas permukaan yang akan dilapisi dari ketiga

logam tersebut. Pengambilan sampel limbah cair industri elektroplating ini dilakukan dalam hari yang sama yakni pada tanggal 10 Agustus 2015 tetapi di jam yang berbeda. Pada limbah cair logam A pengambilan sampel dilakukan pada pukul 09.57 WIB, limbah cair logam B pada pukul 12.05 WIB dan limbah cair logam C pada pukul 13.43 WIB. Limbah cair yang dihasilkan pada tiap tahapan proses pelapisan pada logam A, B, dan C, yakni proses pembersihan, proses pelapisan tembaga, nikel, dan kromium ditampung dalam bak penampungan yang bervolume 100 liter, kemudian diukur volume limbah yang dihasilkan pada masing-masing logam. Setelah itu, dilakukan penghomogenan dan pengambilan sampel limbah cair pada satu titik di bak penampungan yang bervolume 100 liter sebanyak 5 liter untuk pengukuran kandungan kromium. Teknik pengambilan sampel air limbah pada penelitian ini menggunakan pengambilan contoh sesaat (*grab samples*).



(a)



(b)



(c)

Keterangan: (a) Logam A  
(b) Logam B  
(c) Logam C

Gambar 4.12 Logam A, B, dan C

Berdasarkan pengukuran volume limbah cair yang dihasilkan pada proses pelapisan logam A, B, dan C diketahui bahwa volume limbah cair yang dihasilkan berbeda-beda. Pada proses pelapisan logam A volume limbah yang dihasilkan sebanyak 38 liter. Pada pelapisan logam B dan C volume limbah yang dihasilkan masing-masing sebanyak 35 liter dan 30 liter. Perbedaan volume limbah ini dapat dipengaruhi oleh luas permukaan benda yang dilapisi, semakin luas permukaan benda yang dilapisi maka semakin banyak limbah cair yang dihasilkan. Dimana pada logam A yang memiliki luas permukaan terbesar yakni  $0,064 \text{ m}^2$  menghasilkan limbah cair terbanyak yakni sebesar 38 liter, dan begitu pula sebaliknya pada logam C yang memiliki luas permukaan paling kecil yakni  $0,027 \text{ m}^2$  menghasilkan limbah cair paling sedikit yakni sebesar 30 liter. Selain dipengaruhi oleh luas permukaan, volume limbah cair juga dipengaruhi oleh kondisi operasional. Hal ini dapat dilihat dari proses pelapisan logam C, dimana logam tersebut memiliki luas permukaan terkecil dibandingkan logam A dan B akan tetapi volume yang dihasilkan cukup banyak jika dibandingkan dengan luas permukaannya. Kondisi tersebut dikarenakan logam C yang akan dilakukan pelapisan kromium belum mengkilap sehingga dilakukan tahapan pemolesan dan rampalas ulang. Tahapan tersebut mengakibatkan adanya pembilasan dan pencucian ulang sehingga menambah volume limbah cair yang dihasilkan.

Berdasarkan pengujian sampel limbah cair yang dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Jember, ketiga sampel limbah cair yang dihasilkan pada proses pelapisan logam A, B, dan C memiliki perbedaan nilai kandungan kromium yakni pada proses pelapisan logam A sebesar  $5,0 \text{ mg/L}$  logam B sebesar  $3,5 \text{ mg/L}$ , dan logam C sebesar  $2,0 \text{ mg/L}$ . Perbedaan kandungan kromium pada ketiga limbah yang dihasilkan pada proses pelapisan logam A, B, dan C dikarenakan adanya perbedaan luas permukaan benda yang dilapisi, semakin luas permukaan yang dilapisi maka semakin banyak kromium yang digunakan untuk melapisi dan semakin banyak pula tetesan cairan kromium yang terbuang. Hal ini dapat dilihat pada proses pelapisan logam A yang memiliki luas permukaan terbesar memiliki kandungan kromium tertinggi pada limbah cair yang dihasilkan dan sebaliknya pada pelapisan logam C yang memiliki luas permukaan terkecil

memiliki kandungan kromium terendah. Selain itu, tinggi rendahnya kadar kromium dalam limbah cair elektroplating juga dipengaruhi oleh volume total limbah cair yang dihasilkan, semakin banyak volume limbah cair yang dihasilkan maka semakin banyak pengenceran kromium yang dilakukan dan menyebabkan semakin kecilnya kandungan kromium pada limbah cair tersebut. Hal ini dapat dilihat pada limbah cair yang dihasilkan pada proses pelapisan logam C yang memiliki nilai kandungan kromium terkecil dibandingkan dengan limbah cair yang dihasilkan pada proses pelapisan logam lainnya. Kandungan kromium yang kecil pada limbah cair proses pelapisan logam C dikarenakan selain karena luas permukaan terkecil dan menghasilkan tetesan cairan kromium yang terbuang sedikit juga dikarenakan logam C mendapatkan proses poles dan rampal ulang dibandingkan pelapisan logam lainnya, dimana pada proses tambahan tersebut menambah volume limbah cair yang dihasilkan, sehingga tetesan kromium yang dihasilkan mengalami pengenceran lebih banyak.

Berdasarkan hasil di atas diketahui bahwa rerata kandungan kromium pada sampel limbah cair industri elektroplating kelurahan tegal besar sebesar 3,5 mg/L dan rerata volume limbah cair yang dihasilkan sebanyak 34 liter per 0,049 m<sup>2</sup> luas logam yang dilapisi. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, yang menyebutkan bahwa baku mutu limbah cair untuk kromium pada limbah cair industri elektroplating sebesar 0,5 mg/L dan volume maksimal limbah cair yang dihasilkan sebesar 20 liter per 1 m<sup>2</sup> luas logam yang dilapisi. Kandungan kromium dan volume pada limbah cair Industri Elektroplating X telah melebihi baku mutu limbah yang ditetapkan oleh pemerintah.

Kandungan kromium yang melebihi baku mutu limbah pada limbah cair yang dihasilkan oleh Industri Elektroplating X, dikarenakan logam yang telah dilakukan pelapisan kromium langsung diangkat dari larutan elektrolit yang mengandung kromium tinggi yakni sebesar 250 gr/liter dan dibilas dengan air mengalir tanpa dilakukan penampungan terlebih dahulu, sehingga tetesan-tetesan sisa pelapisan yang mengandung kromium tinggi langsung dibuang ke sungai tanpa adanya proses pengolahan terlebih dahulu. Sedangkan volume limbah cair

yang melebihi baku mutu dikarenakan cara pencucian dan pembilasannya tidak dilakukan dengan mencelup bahan dengan air, akan tetapi dengan mengguyur bahan dengan air. Air sisa pencucian dan pembilasan tidak digunakan kembali sehingga volume yang dihasilkan pada satu kali proses pelapisan semakin banyak.

#### 4.3.3 Kandungan Kromium Pada Air Sungai

Penelitian ini dilaksanakan pada Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X, dimana sungai ini merupakan sungai yang digunakan sebagai tempat pembuangan limbah Industri Elektroplating X. Berdasarkan Sumber airnya Sungai Bedadung ini merupakan jenis sungai hujan yakni sungai yang airnya berasal dari air hujan atau sumber mata air. Sedangkan berdasarkan debit airnya merupakan jenis Sungai Periodik yakni sungai yang pada waktu musim hujan bervolume banyak, sedangkan pada musim kemarau bervolume sedikit. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 32 Tahun 2013 tentang penetapan kelas pada Wilayah Sungai Baru-Bajulmati, Wilayah Sungai Sampean, Wilayah Sungai Bondoyudo-Bedadung, Wilayah Sungai Welang-Rejoso, dan Wilayah Sungai Madura-Bawean menyatakan bahwa Sungai Bedadung merupakan sungai kelas III. Sungai kelas III merupakan sungai dimana peruntukaanya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengaliri pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (PP No.82 Tahun 2001).

Sampel dalam penelitian ini diambil pada empat lokasi pada Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X. Keempat lokasi ini adalah lokasi A yang berjarak 100 meter sebelum titik pembuangan atau *point source* limbah Industri Elektroplating X. Lokasi selanjutnya adalah titik B yakni lokasi tepat dilakukan pembuangan limbah cair atau *point source* industri elektroplating. Selanjutnya adalah lokasi C merupakan lokasi yang berjarak 100 meter setelah titik pembuangan limbah cair atau *point source*. Lokasi terakhir adalah lokasi D merupakan lokasi pada Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, lokasi ini berjarak 600 meter setelah titik

pembuangan limbah cair atau *point source* Industri Elektroplating X. Pada tiap lokasinya diambil masing-masing 2 titik pengambilan sampel, hal ini berdasarkan perhitungan debit air sungai yang dilakukan pada tanggal 07 April 2015, didapatkan nilai rerata debit air Sungai Bedadaung di sekitar Industri Elektroplating X yakni sebesar  $19,8 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Berdasarkan SNI 06-2412-1991, menyatakan bahwa sungai dengan debit antara  $5\text{-}150 \text{ m}^3/\text{detik}$ , contoh dapat diambil pada dua titik masing-masing pada jarak  $1/3$  dan  $2/3$  lebar sungai pada setengah kali kedalaman sungai dari permukaan. Pengambilan sampel air sungai pada seluruh titik di tiap lokasi, yakni pada titik-titik di lokasi A, B, C, dan D dilakukan sore hari dengan rentang waktu pukul 15.00-17.00 WIB. Pemilihan waktu tersebut berdasarkan pertimbangan sudah adanya pembuangan limbah cair oleh industri elektroplating dan merupakan salah satu waktu dimana air sungai banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Akan tetapi khusus pada lokasi D pengambilan sampel air sungai di setiap titik-titiknya dilakukan sebanyak 2 kali dalam sehari. Pengambilan sampel di lokasi D ini selain dilakukan pada sore hari juga dilakukan pada pagi hari dengan rentang waktu pukul 06.00-08.00 WIB. Dilakukan pengambilan sampel pada kedua waktu tersebut bertujuan untuk mengetahui kandungan kromium pada air sungai ketika air sungai tersebut banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar.

Berdasarkan pengujian sampel air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating yang dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Jember menunjukkan keempat lokasi memiliki nilai kandungan kromium yang berbeda-beda. Rerata kandungan kromium dari keempat lokasi tersebut diantaranya adalah untuk lokasi A sebesar  $0,157 \text{ mg/L}$ , pada lokasi B sebesar  $0,162 \text{ mg/L}$ , lokasi C sebesar  $0,188 \text{ mg/L}$  dan lokasi D sebesar  $0,219 \text{ mg/L}$ . Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Air dan Pengendalian Pencemar menyebutkan bahwa baku mutu kromium pada air sungai kelas III sebesar  $0,05 \text{ mg/L}$ . Kandungan kromium pada keempat lokasi tersebut telah melebihi baku air sungai yang ditetapkan oleh pemerintah.

Diketahui bahwa lokasi A merupakan tempat pengambilan sampel sebelum adanya pembuangan limbah cair Industri Elektroplating X, akan tetapi pada lokasi

tersebut kandungan kromium pada air sungainya telah melebihi baku mutu lingkungan yang ditetapkan. Pada lokasi A kandungan kromium yang melebihi baku mutu lingkungan dimungkinkan karena beberapa faktor yang diantaranya adalah adanya kegiatan industri, diketahui bahwa pada jarak sekitar 800 meter sebelum lokasi A terdapat industri yang bergerak dalam bidang kesehatan yakni rumah sakit. Industri tersebut dalam kegiatan operasionalnya menghasilkan limbah baik padat, cair, maupun gas. Salah satu limbah rumah sakit yang berpotensi membahayakan adalah kromium. Dimana limbah yang mengandung kromium ini berpotensi menimbulkan pencemaran jika dibuang ke sungai tanpa adanya pengelolaan terlebih dahulu. Menurut keterangan masyarakat sekitar, limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit tersebut sering di buang di Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X. Dalam bidang kesehatan kromium digunakan sebagai bahan pembuat alat ortopedi, sebagai radio isotop untuk penandaan sel darah merah, serta sebagai penjinak sel tumor, selain itu kromium juga berfungsi untuk mencuci/membersihkan alat gelas laboratorium dan *tirating agent* (Widowati, et al, 2008:91). Selain itu pembakaran sampah padat menggunakan insenerator merupakan sumber utama pencemaran logam yang salah satunya adalah kromium (Cr) (Widowati, et al, 2008:96). Murniasih, *et al.* (2012) menyatakan bahwa kandungan kromium pada limbah cair rumah sakit di daerah Yogyakarta sebesar 0,038-0,147 mg/L, sedangkan limbah padatnya sebesar 718,185-2403,542 mg/L, limbah kromium tersebut dihasilkan dari limbah laboratorium dan logam sisa pembakaran.

Selain industri yang bergerak dalam bidang kesehatan, faktor lain yang mengakibatkan tingginya kromium pada lokasi A adalah terdapat industri perhotelan. Dimana dalam kegiatan operasionalnya banyak menghasilkan limbah yang bersifat domestik. Limbah domestik sebelum lokasi A ini tidak hanya dihasilkan oleh kegiatan operasional perhotelan tetapi juga dihasilkan oleh masyarakat sekitar. Dimana limbah domestik ini baik padat maupun cair biasanya tidak dilakukan pengelolaan terlebih dahulu dan langsung dibuang ke Sungai Bedadung. Menurut Bugis (2013), menyatakan bahwa limbah cair dalam kegiatan

domestik memiliki pengaruh peningkatan kandungan kromium VI pada air Sungai Pangkajene.

Selain faktor-faktor di atas tingginya kandungan kromium pada air sungai di lokasi A dimungkinkan dapat terjadi karena pengambilan sampel dalam penelitian adalah pada musim penghujan sehingga partikel-partikel kromium sisa hasil pembakaran bahan bakar yang terdapat di udara terbawa turun oleh air hujan dan masuk ke dalam perairan. Menurut Palar (1994:137), menyatakan bahwa tingginya kromium pada perairan dapat terjadi secara alamiah dimungkinkan karena faktor fisika, seperti erosi yang terjadi pada batu mineral. Disamping itu juga dapat diakibatkan debu-debu dan partikel-partikel Cr yang di udara akan terbawa turun oleh air hujan.

Pada lokasi B yang merupakan lokasi *point source* atau titik pembuangan limbah cair elektroplating memiliki kandungan kromium melebihi baku mutu dan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi A yang merupakan lokasi sebelum adanya pembuangan limbah cair. Lebih tingginya kandungan kromium pada lokasi B dibandingkan dengan lokasi A dikarenakan adanya polutan yang memasuki perairan dari suatu lokasi tertentu (*point source*) yakni pembuangan limbah cair industri Elektroplating X. Diketahui bahwa rerata kandungan kromium pada limbah cair Industri Elektroplating X pada satu kali pelapisan logam sebesar 3,5 mg/L. Kandungan kromium pada limbah cair tersebut telah melebihi baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh pemerintah. Dimana limbah cair pada industri ini dibuang ke sungai tanpa adanya pengelolaan terlebih dahulu sehingga dapat mempengaruhi kandungan kromium pada air sungai. Menurut Effendi (2003: 195) polutan memasuki perairan dapat bersumber dari suatu lokasi tertentu ini sering disebut *point source* dan lokasi yang tak tentu sering disebut dengan sumber pencemar *non-point source*.

Pada lokasi C yang merupakan lokasi setelah *point source* memiliki kandungan kromium melebihi baku mutu dan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi A dan B. Kandungan yang tinggi pada lokasi C dibandingkan lokasi A dan B dimungkinkan karena limbah cair elektroplating yang mengandung kromium dan dibuang pada lokasi B telah tersebar oleh adukan turbulensi serta

terbawa oleh arus air dan terakumulasi pada lokasi C. Selain faktor tersebut, lebih tingginya kandungan kromium di lokasi C dibandingkan dua lokasi lainnya dikarenakan pembuangan limbah domestik baik padat maupun cair oleh masyarakat sekitar. Menurut Ramimohtarto (1991), setelah memasuki perairan sifat bahan pencemar ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah tersebarnya zat pencemar oleh adukan turbulensi dan arus air.

Pada lokasi D yang merupakan lokasi sungai yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat memiliki kandungan kromium melebihi baku mutu dan nilai tertinggi dibandingkan dengan lokasi-lokasi lainnya. Hal tersebut dikarenakan lokasi D merupakan lokasi paling dangkal dibandingkan lokasi lainnya. Sehingga pengambilan sampel yang dilakukan lebih dekat dengan dasar perairan dibandingkan pengambilan sampel pada lokasi lainnya. Maka dengan demikian kandungan kromium yang tinggi pada lokasi D dimungkinkan karena kromium yang terakumulasi dalam sedimentasi terangkut ke perairan sungai oleh aliran arus sungai dan turbulensi air yang sangat tinggi sehingga mengakibatkan tingginya kandungan kromium pada air sungai di lokasi tersebut. Menurut Defew et al (2004), logam berat yang dilimpahkan ke perairan, baik di sungai ataupun laut akan dipindahkan dari badan airnya melalui beberapa proses yang salah satunya adalah pengendapan. Menurut Nanty (1991) parameter yang mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan adalah suhu, salinitas, arus, pH dan padatan tersuspensi total atau seston, dimana interaksi dari faktor-faktor tersebut akan berpengaruh terhadap fluktuasi konsentrasi logam berat dalam air karena sebagian logam berat tersebut akan masuk ke dalam sedimen. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Harahap, 2001). Selain faktor diatas tingginya kandungan kromium pada air sungai di lokasi D dimungkinkan karena lokasi tersebut merupakan sungai pertemuan antara Sungai Bedadung yang merupakan sungai pada lokasi A, B, dan C dengan Sungai Jompo, sehingga dimungkinkan kandungan kromium pada lokasi D juga dipengaruhi oleh kandungan kromium pada Sungai Jompo. Faktor lain yang juga dapat

mempengaruhi adalah adanya pembuangan limbah domestik baik cair maupun padat oleh masyarakat sekitar.

Berdasarkan uraian maka diketahui bahwa kandungan kromium pada air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X tidak hanya disebabkan oleh pembuangan limbah cair Industri Elektroplating X akan tetapi juga disebabkan oleh faktor-faktor lainnya. Hal tersebut dibuktikan dengan sudah tingginya kandungan kromium pada lokasi A meskipun lokasi tersebut merupakan lokasi sebelum adanya pembuangan limbah cair Industri Elektroplating X. Menurut Palar (1994:137), masuknya logam Cr kedalam strata lingkungan yang umum dan digunakan paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga, dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar.

#### 4.3.4 Keluhan Kesehatan Pemanfaatan Air Sungai Bagi Masyarakat

Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X yang merupakan sungai sebagai tempat pembuangan limbah cair Industri Elektroplating X masih banyak dimanfaatkan masyarakat sekitar sebagai salah satu sumber air bersih, yakni masyarakat RT 03 RW 11 Lingkungan Gedung Piring Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates. Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan terhadap 51 responden didapatkan bahwa sebagai besar masyarakat memanfaatkan air sungai untuk mandi, cuci, dan kakus. Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai, disebutkan bahwa Sungai sebagai sumber air merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai fungsi serbaguna bagi kehidupan dan penghidupan manusia. Pemanfaatan air sungai ini dilakukan setiap hari termasuk pada musim kemarau. Hal ini dapat terjadi karena kurangnya air bersih pada musim kemarau, dan kurangnya perilaku hidup bersih dan sehat oleh masyarakat, seperti kebiasaan mandi dan mencuci baju di sungai, serta pada beberapa orang yang tidak memiliki kakus pribadi melakukan buang air besar di sungai. Pemanfaatan sungai ini sudah dilakukan masyarakat sejak dahulu hingga saat ini.

Berdasarkan hasil wawancara dari 51 responden sebanyak 29 responden mengeluh merasakan keluhan kesehatan berupa gatal-gatal, iritasi mata, borok dan adanya gelembung air pada kulit setelah menggunakan air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416 Tahun 1990 Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air menyatakan bahwa air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan termasuk didalamnya mempersyaratkan batas maksimal kandungan kromium sebesar 0,05 mg/L. Berdasarkan hal tersebut maka air sungai sebagai sumber air bersih seharusnya tidak mengganggu kesehatan penggunaannya, akan tetapi terdapat keluhan kesehatan yang dirasakan masyarakat setelah menggunakan air Sungai Bedadung di sekitera Industri Elektroplating X sebagai sumber air bersih. Hal ini dikarenakan adanya kontak pada kulit dan mata masyarakat pengguna dengan air sungai yang tercemar oleh berbagai bahan polutan yang salah satunya adalah kromium. Dimana Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X ini memiliki kandungan kromium sebesar 0,219 mg/L, kandungan tersebut telah melebihi batas syarat yang ditetapkan oleh kementerian kesehatan.

Kromium merupakan jenis logam berat esensial bagi mahluk hidup. Logam ini memiliki fungsi dalam metabolisme hormon insulin dan pengaturan kadar glukosa darah. Defisiensi kromium III menyebabkan hiperglikemia, glikosuria, meningkatnya cadangan lemak tubuh, munculnya penyakit kardiovaskuler, menurunnya jumlah sperma dan menyebabkan infertilitas (Widowati, et al, 2008:99). Akan tetapi dalam jumlah tinggi logam kromium dapat bersifat sangat toksik dan karsinogenik.

Menurut Darmono (1994:95), logam berat kromium masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu melalui saluran pernafasan, pencernaan, dan penetrasi melalui kulit. Beberapa efek toksik kromium pada manusia (Widowati, et al, 2008:104):

a. Efek Toksik terhadap Alat Pencernaan

Logam kromium yang masuk dalam tubuh manusia melalui jalur pencernaan menyebabkan gangguan pencernaan, berupa sakit lambung, muntah

dan pendarahan, luka pada lambung, konvulsi, kerusakan ginjal, dan hepar, bahkan dapat menyebabkan kematian. Toksisitas akut kromium melalui alat pencernaan bisa menyebabkan nekrosis tubulus renalis. Sedangkan bukti bahwa kromium bisa menyebabkan kanker alat pencernaan masih sedikit.

b. Efek Toksik terhadap Alat Pernapasan

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

c. Efek Toksik terhadap Kulit dan Mata

Paparan kromium pada kulit dapat mengakibatkan reaksi alergi walaupun dalam dosis yang rendah yakni menyebabkan gatal dan luka yang tidak lekas sembuh (*dermatitis*). Paparan kromium pada kulit bisa menyebabkan kemerahan dan pembengkakan pada kulit, serta menimbulkan borok (*uclera*) dan gelembung air (*oedema*). Paparan akut pada kulit dapat mengakibatkan terbakarnya kulit.

Sedangkan paparan kromium pada mata menyebabkan iritasi mata, luka pada mata (*conjunctivitis*), dan keluarnya air mata (*lacrimation*).

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

*The Environmental Protection Agency* (EPA) menetapkan batas aman kadar Cr(III) dan Cr(VI) dalam air minum sebesar 100 µg/L. Konsentrasi aman Cr(VI) di udara bagi manusia sebesar 0,000008 mg/m<sup>3</sup> dan paparan per oral Cr(VI) yang aman bagi manusia sebesar 0,003 mg/kg/hari. Sedangkan paparan Cr(III) per oral yang aman bagi manusia sebesar 1,5 mg/kg/hari (Widowati, et al, 2008:106). Dosis letal larutan chromate kira-kira 5 gram (Adiwisastro, 1978:66).

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Proses pelapisan logam pada Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar terdiri dari beberapa tahapan diantaranya adalah proses pendahuluan (membersihkan lapisan cat pada bahan, menghilangkan lapisan karat pada bahan, memperhalus dan memperata permukaan bahan, membersihkan dan menghilangkan lapisan minyak dan lemak pada permukaan bahan), proses pelapisan logam (tembaga, nikel, dan kromium), dan proses akhir.
- b. Volume rerata limbah cair yang dihasilkan oleh Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar adalah 34 liter per 0,049 m<sup>2</sup> luas permukaan logam yang dilapisi, dengan kandungan kromium rerata sebesar 3,5 mg/L. Volume limbah cair dan kandungan kromium tersebut telah melebihi baku mutu limbah yang ditetapkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- c. Kandungan kromium pada air Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X di Kelurahan Tegal Besar pada keempat lokasi pengambilan yakni lokasi sebelum *point source* (A) sebesar 0,157 mg/L, lokasi *point source* (B) sebesar 0,162 mg/L, lokasi setelah *point source* (C) sebesar 0,188 mg/L, dan lokasi dimanfaatkan masyarakat (D) sebesar 0,219 mg/L. Kandungan kromium pada keempat lokasi tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Air dan Pengendalian Pencemar.
- d. Responden sebanyak 56,9% menyatakan adanya keluhan kesehatan berupa gatal-gatal, iritasi mata, borok, dan gelembung air pada kulit.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan diatas disarankan sebagai berikut:

a. Bagi industri elektroplating

Perlu dilakukan pengelolaan limbah cair yang dihasilkan sebelum dibuang ke lingkungan, dengan cara menampung semua limbah cair untuk dilakukan pengolahan dengan metode koagulasi flokulasi, ultrafiltrasi, dan pemakaian ulang (*reuse*) yang mampu menurunkan kadar kromium dalam limbah cair elektroplating.

b. Bagi Kantor Lingkungan Hidup

- 1) Perlu adanya instrumen pengawasan terhadap pengelolaan limbah cair industri.
- 2) Perlu adanya monitoring pada badan air berkaitan dengan parameter logam berat untuk meminimalkan adanya potensi pencemaraan.

c. Bagi masyarakat di sekitar Industri Elektroplating

Masyarakat perlu meningkatkan perilaku hidup bersih dan sehat.

d. Bagi Penelitian selanjutnya

- 1) Perlu dilakukan penelitian kandungan logam berat lainnya pada limbah cair indutri elektroplating yang dapat mencemari air sungai.
- 2) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang faktor lain yang berpengaruh terhadap kandungan kromium yang tinggi pada Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X.
- 3) Perlu adanya penelitian lanjutan tentang kadar kromium atau logam berat lainnya pada organisme air sebagai bioindikator pencemaran pada Sungai Bedadung di sekitar Industri Elektroplating X.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adiwisastra. 1978. *Keracunan: Sumber, Bahaya, Serta Penanggulangannya*. Bandung: Angkasa.
- Akoto, O., Bruce, T. N., Darkol, G. 2008. Heavy metals pollution profiles in streams serving the Owabi reservoir. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2 (11):354-359.
- Arikunto, S. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik, Ed Revisi VI*. Jakarta: Penerbit PT Rineka Cipta.
- Badan Standardisasi Nasional. 1991. *SNI Nomor 06-2412-1991: Metode pengambilan contoh kualitas air*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *SNI Nomor 6989-59-2008, Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. *SNI Nomor 6989.17.2009. Air dan air limbah – Bagian 17 : Cara uji Krom total (Cr-T) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala*. Badan Standardisasi Nasional.
- Bugis, H. 2013. Studi Kandungan Logam Berat Kromium VI (Cr VI) Pada Air dan Sedimen Disungai Pangkajene Kabupaten Pangkep. *Skripsi*. Makassar: Kesehatan Lingkungan Universitas Hasanuddin.
- Darmono. 1994. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Defew, L. H., James, M.M., Hector M.G. 2004. An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin*. 50: 547-552.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan Kelima*. Yogyakarta :Kanisius.
- El-Kammar, A. M., Ali, B. H., El-Badry, A.M. 2009. Environmental Geochemistry of River Nile Bottom Sediments Between Aswan and Isna, Upper Egypt, *Journal of Applied Sciences Research (INSInetPublication)*, 5 (6):585-594.

- Forstner, U., Prosi, F. 1978. *Proceedings of the Course Held at the Joint Research Centre of the Commission of European Communities*. Oxford: Ispra Pergamon Press.
- Harahap, S. 2001. Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari sifat Fisika-Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro. Bidang Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Helmenstine, A.M. 2013. *Electroplating: Introduction to Electroplating*. [serial online]. <http://chemistry.about.com/od/elektrochemistry/a/elektroplating.htm> [08 November 2014].
- Iksan, M. 2011. Penurunan Kadar Logam Krom dalam Limbah Elektroplating Menggunakan Biomassa Bulu Ayam dengan Aktivasi Natrium Sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) 0,1 N (Studi Kasus Industri Elektroplating Rumah Tangga Di Desa Ngingas Kecamatan Waru, Sidoarjo). *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Indrawati, L. 2009. “Aktivasi Abu Layang Batubara dan Aplikasinya pada Proses Adsorpsi Ion Logam Cr dalam Limbah Elektroplating”. *Tugas Akhir*. Jurusan Kimia: Universitas Negeri Semarang.
- Joko, T. 2003. Penurunan Kromium (Cr) dalam Limbah Cair Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Senyawa Alkali  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ , dan  $\text{NaHCO}_3$  (Studi Kasus di Pt Trimulyo Kencana Mas Semarang). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*: 2(2).
- Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia. 2013. *Profil Kabupaten Jember*. [serial online]. <http://www.kemendagri.go.id/pages/profil-daerah/kabupaten/id/35/name/jawa-timur/detail/3509/jember>. [01 Desember 2014].
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 1990. *Peraturan Menteri Kesehatan No 416 Tahun 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Kusnoputranto, H. 1985. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta : FKM UI.
- Mulyaningsih, N. 2013. Alternatif Pengendalian Pencemaran Limbah Nikel-Krom Pada Industri Kecil Pelapisan Logam. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang*. 39 (2): 1-12.
- Murniasih, S., Sukirno. 2012. Kajian Kandungan Logam B3 Dalam Limbah Rumah Sakit Dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah. *Prosodik*

*Pertemuan dan Presentasi Ilmiah: Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (BATAN).*

- Mittal, V. 2013. *Elektroplating*. [serial on line]. [http://chemwiki.ucdavis.edu/Analytical\\_Chemistry/Electrochemistry/EElectrolytic\\_Cells/Electroplating](http://chemwiki.ucdavis.edu/Analytical_Chemistry/Electrochemistry/EElectrolytic_Cells/Electroplating). [08 November 2014].
- Nanty, L.H. 1999. Kandungan Logam Berat dalam Badan Air dan Sedimen di Muara Sungai Way Kambas dan Way Sekampung, Lampung. *Skripsi*. Bogor: Jurusan Ilmu dan teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Nazir. 2009. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Notoatmodjo. 2010. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : PT Rineka Cipta Pustaka.
- Obolewski, K., Glinska-Lewczuk, K. Contents of Heavy Metals in Bottom Sediments of Oxbow Lakes and the Słupia River. *Polish J. Environ. Stud.* 15 (2): 440-44.
- Osborne, K. 2013. *Elektroplating, Auckland: Metal Protection Ltd*. [serial On Line]. [Nzic.org.nz/ChempProcesses/metals/8G.pdf](http://Nzic.org.nz/ChempProcesses/metals/8G.pdf). [08 November 2014].
- Palar, H . 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Timur. 2013. *Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. Surabaya: Badan Lingkungan Hidup Jawa Timur.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran*. Jakarta: Departemen Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 38 Tahun 2011 tentang Sungai*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2014. *Undang-undang Republik Indonesia No 3 Tahun tentang Perindustrian. Hal 2*. Jakarta: Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Rahayu, S. S. 2009. *Proses Elektroplating Tembaga-Nikel-Khrom*. [www.chemistry.org](http://www.chemistry.org) [serial on line]. <http://www.chem-is->

try.org/materi\_kimia/kimia-industri/utilitas-pabrik/proses-elektroplating-tembaga-nikel-khrom/ [30 November 2014].

Romimohtarto, 1991. *Pengantar Pemantauan Pencemaran laut dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan teknik Pemantauannya*. Jakarta: LIPI.

Saleh, A. A. 2014. *Elektroplating Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik*. Bandung: Yrama Widya.

Sharma, Y.C., Weng, C.H. 2007. Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution by Activated Carbons: Kinetic and Equilibrium Studies. *Journal of Hazardous Materials*, 14 (2): 449–454.

Siah, C. H. 2009. *Fundamentals Studies of Electro-silver Pating Process Malaysia: Proceedings of the 18<sup>th</sup> Symposium of Malaysian Chemical Engineers. University Sains Malaysia; School of Chemical Engineering School of Mechanical Engineering, School of Material & Mineral Resource Engineering*. [serial on line]. <http://eprints.usm.my/8179/>. [08 November 2014].

Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

Sumada, K. 2006. Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Elektroplating yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia*. 1 (1): 26-36.

Suprihatin, Erriek A. 2009. Biosorpsi Logam Cu (II) dan Cr (VI) Pada Limbah Elektroplating dengan Menggunakan Biomasa Phanerochate Chrysoosporium. *Jurnal Teknik Kimia*. 4 (1).

Widowati. W., Sastiono, A., Jusuf R. R. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

## LAMPIRAN A



**KANDUNGAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR DAN  
AIR SUNGAI SERTA KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT  
DI SEKITAR INDUSTRI ELEKTROPLATING  
(STUDI DI INDUSTRI ELEKTROPLATING X KELURAHAN  
TEGAL BESAR KECAMATAN KALIWATES KABUPATEN  
JEMBER)**

---

---

**LEMBAR PERSETUJUAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : .....

Alamat : .....

No. telpon/ HP: .....

Menyatakan setuju untuk menjadi informan dalam penelitian yang dilakukan oleh:

Nama : Rosyeni Berti Mauna

NIM : 102110101117

Judul : Kandungan Kromium (Cr) Dalam Limbah Cair Dan Air Sungai Serta Keluhan Kesehatan Masyarakat Di Sekitar Industri Elektroplating (Studi di Industri Elektroplating X Kelurahan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember).

Persetujuan ini saya berikan secara sukarela dan tanpa paksaan dari pihak manapun. Saya telah diberikan penjelasan dan kesempatan untuk bertanya mengenai penelitian serta kesempatan untuk bertanya mengenai hal-hal yang belum dimengerti. Dengan ini saya menyatakan bahwa saya akan menjawab semua pertanyaan dengan sejujur-jujurnya.

Jember, 2015  
Responden

(.....)

## LAMPIRAN B



**KANDUNGAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR DAN  
AIR SUNGAI SERTA KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT  
DI SEKITAR INDUSTRI ELEKTROPLATING  
(STUDI DI INDUSTRI ELEKTROPLATING X  
KELURAHAN TEGAL BESAR KECAMATAN KALIWATES  
KABUPATEN JEMBER)**

**LEMBAR WAWANCARA DAN OBSERVASI INDUSTRI  
ELEKTROPLATING**

Waktu wawancara :  
Informan :

**I. Industri Electroplating**

1. Kapan industri elektroplating ini mulai berdiri?  
.....
2. Apakah industri elektroplating ini sudah mendapat izin usaha?  
.....
3. Tahun berapa industri ini mulai mendapat izin?  
.....
4. Berapakah jumlah pekerja yang ada di industri elektroplating ini?  
.....
5. Pada hari apa saja industri elektroplating ini beroperasi?  
.....
6. Pukul Berapakah industri elektroplating ini mulai beroperasi?  
.....

**II. Proses Electroplating**

No	Tahapan Proses	Alat	Bahan	Proses/ Prosedur Kerja
1	Proses Pendahuluan ( <i>Pretreatment</i> )			
2	Proses Pelapisan Logam			

No	Tahapan Proses	Alat	Bahan	Proses/ Prosedur Kerja
3	Proses Akhir ( <i>Post Treatment</i> )			

### III. Jumlah Logam yang Dilapisi

Hari	Berat Logam (Kg)		Berat Total (Kg)
	Besi (Fe)	Aluminium (Al)	
pertama			
kedua			
ketiga			
Rerata			

### IV. Limbah Cair Industri Elektroplating

1. Apa ada bak penampungan dan pengelolaan sebelum limbah dibuang ke lingkungan?  
.....
2. Dimana air limbah dibuang setiap kali produksi?  
.....
3. Pukul berapa limbah dibuang?  
.....
4. Apa pernah dilakukan pemeriksaan air limbah?  
.....
5. Apakah pernah ada protes dari masyarakat terkait limbah industri elektroplating ini?  
.....

### V. Volume dan Kandungan Kromium pada Limbah Cair Elektroplating

Logam	Berat Logam (Kg)	Volume Limbah (L)	Kandungan Kromium (mg/L)
A			
B			
C			
Rerata			

## LAMPIRAN C



**KANDUNGAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR DAN  
AIR SUNGAI SERTA KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT  
DI SEKITAR INDUSTRI ELEKTROPLATING  
(STUDI DI INDUSTRI ELEKTROPLATING X  
KELURAHAN TEGAL BESAR KECAMATAN KALIWATES  
KABUPATEN JEMBER)**

---

---

**LEMBAR WAWANCARA MASYARAKAT****I. Petunjuk Pengisian**

- Mohon dengan hormat bantuan dan kesediaan saudara untuk menjawab seluruh pertanyaan yang ada.
- Mohon jawab pertanyaan dengan jujur

**II. Karakteristik Responden**

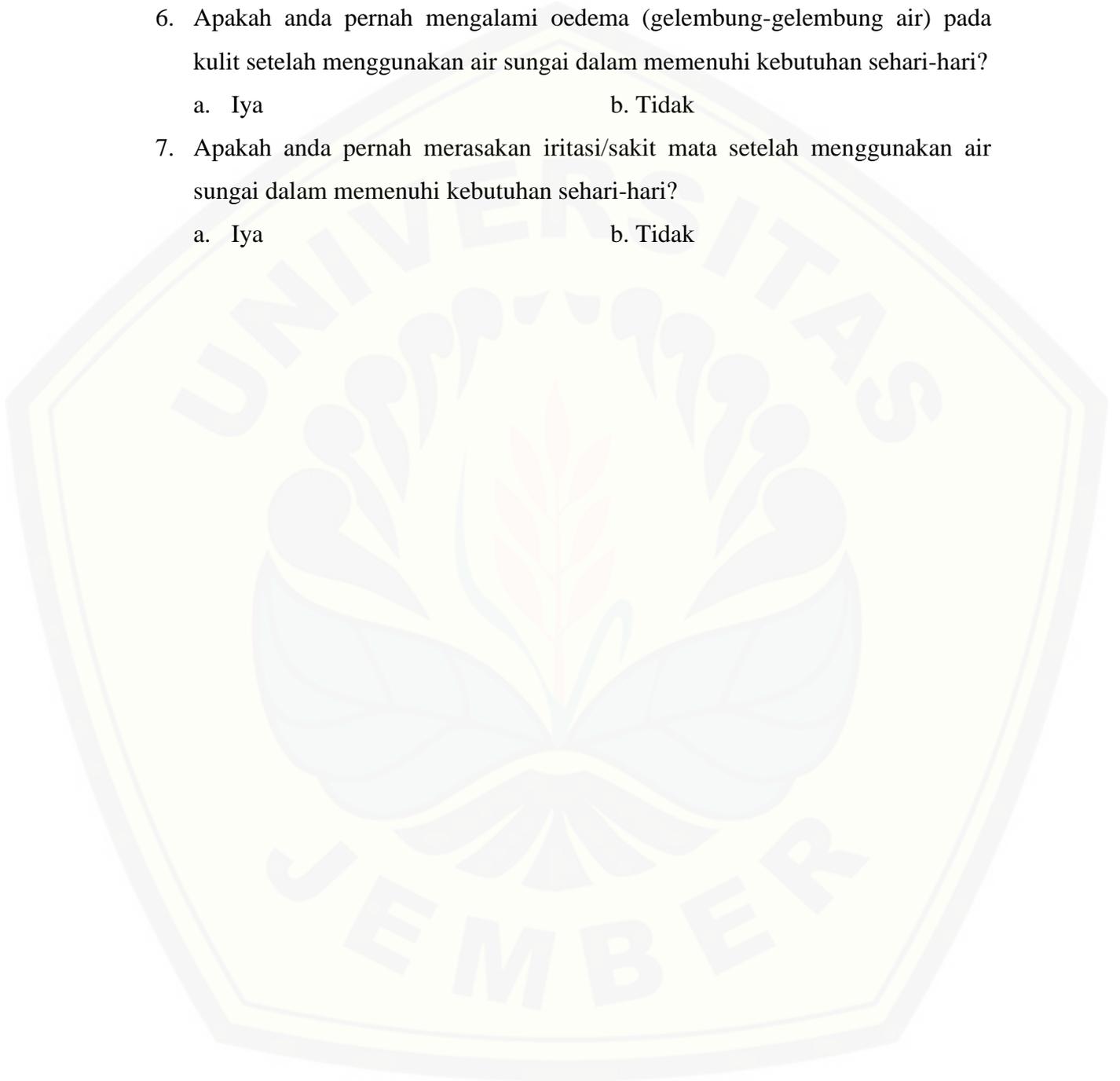
Nama Responden:

Umur:

Jenis Kelamin:

- Untuk apakah anda biasanya menggunakan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari?  
.....
- Kapan anda menggunakan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari?
  - Setiap Hari
  - Pada Musim Kemarau Saja
- Sudah berapa lama anda menggunakan air sungai dalam memenuhi Kebutuhan sehari-hari?
  - <5 Tahun
  - $\geq 5$  Tahun
- Apakah anda pernah merasakan gatal-gatal di kulit setelah menggunakan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari?
  - Iya
  - Tidak

5. Apakah anda pernah mendapatkna ulcera (borok) pada kulit setelah menggunakan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari?
  - a. Iya
  - b. Tidak
6. Apakah anda pernah mengalami oedema (gelembung-gelembung air) pada kulit setelah menggunakan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari?
  - a. Iya
  - b. Tidak
7. Apakah anda pernah merasakan iritasi/sakit mata setelah menggunakan air sungai dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari?
  - a. Iya
  - b. Tidak



## LAMPIRAN D



**KANDUNGAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR DAN  
AIR SUNGAI SERTA KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT  
DI SEKITAR INDUSTRI ELEKTROPLATING  
(STUDI DI INDUSTRI ELEKTROPLATING X KELURAHAN  
TEGAL BESAR KECAMATAN KALIWATES KABUPATEN  
JEMBER)**

## DOKUMENTASI

## A. Proses Industri Electroplating



Gambar 1. Menghilangkan Lapisan Cat pada Bahan Aluminium



Gambar 2. Pencucian dan Penyikatan Permukaan Bahan untuk Menghilangkan Lapisan Cat



Gambar 3. Menghilangkan Lapisan Cat pada Bahan Besi



Gambar 4. Menghilangkan Lapisan Karat pada Bahan



Gambar 5. Pembuatan Kain Rampalas



Gambar 6. Proses Mempoles dan Rampalas



Gambar 7. Proses Menghilangkan Lapisan Minyak dan Lemak



Gambar 8. Proses Pencucian Sebelum Bahan Dilapisi Logam



Gambar 9. Proses Pelapisan Tembaga



Gambar 10. Proses Pelapisan Nikel



Gambar 11. Proses Pelapisan Kromium



Gambar 12. Proses Penyikatan dengan Batuan Hijau

## B. Pengambilan Sampel Limbah Cair



Gambar 13. Proses penampungan limbah cair



Gambar 14. Proses Pencampuran limbah cair



Gambar 15. Proses pengadukan limbah cair



Gambar 16. Proses pengambilan sampel limbah cair

### C. Pengambilan Sampel Air Sungai



Gambar 17. Persiapan Alat dan Bahan



Gambar 18. Pengukuran Lebar dan Kedalaman Sungai



Gambar 19. Pengambilan Sampel Air Sungai



Gambar 20. Sampel Air Sungai yang Telah Diambil

### D. Wawancara Masyarakat



Gambar 21. Wawancara Masyarakat



Gambar 22. Wawancara Masyarakat

## LAMPIRAN E



**KANDUNGAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR DAN  
AIR SUNGAI SERTA KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT  
DI SEKITAR INDUSTRI ELEKTROPLATING  
(STUDI DI INDUSTRI ELEKTROPLATING X KELURAHAN  
TEGAL BESAR KECAMATAN KALIWATES KABUPATEN  
JEMBER)**

**HASIL LABORATORIUM PEMERIKSAAN KROMIUM PADA LIMBAH  
CAIR**

**A. Limbah Cair Logam A**

No	PARAMETER	SATUAN	METODE	KADAR MAXIMUM*)	HASIL	KET
<b>I. KIMIA</b>						
1.	Khrom Total (Cr)	mg / l	Photometri	0,5	5,0	

\*) Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014

**Pertimbangan : Parameter Yang Diuji Tidak Memenuhi Batas Syarat Air Limbah  
Industri Pelapisan Logam (Electro Plating)**

Jember, 11 Agustus 2015

Penanggung Jawab  
Laboratorium Kesehatan Masyarakat



Erwan Widiatmoko, ST  
NIP. 19780205 200012 1 003

**PERHATIAN :**  
Hasil Pengujian ini hanya berlaku untuk contoh di atas

## B. Limbah Cair Logam B



**PEMERINTAH KABUPATEN JEMBER**  
**DINAS KESEHATAN**  
**UPT. LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH**  
**LABORATORIUM KESEHATAN MASYARAKAT**  
 Jl. Dewi Sartika No. 56 Telepon : (0331) 485803 Kode Pos : 68137  
**JEMBER**

---

**HASIL PEMERIKSAAN AIR LIMBAH SECARA KIMIA**

No. Lab : 542-A  
 Jenis air : Air Limbah  
 Berasal dari : Industri Elektro Plating, Perumahan Villa Tegal Besar, Kabupaten Jember  
 Pemilik :  
 Diambil oleh : Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM, UNEJ)  
 Diambil tanggal : 10 Agustus 2015 / 12.05 WIB  
 Diterima di laborat tanggal : 11 Agustus 2015 / 07.00 WIB  
 Lokasi : Bak Pencampuran Air Limbah

No	PARAMETER	SATUAN	METODE	KADAR MAXIMUM*)	HASIL	KET
<b>II. KIMIA</b>						
1.	Khrom Total (Cr)	mg / l	Photometri	0,5	3,5	

\*) Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014

**Pertimbangan : Parameter Yang Diuji Tidak Memenuhi Batas Syarat Air Limbah Industri Pelapisan Logam (Electro Plating)**

Jember, 11 Agustus 2015

Penanggung Jawab  
Laboratorium Kesehatan Masyarakat



Widiyatmoko, ST  
 NIP. 19780205 200012 1 003

**PERHATIAN :**  
 Hasil Pengujian ini hanya berlaku untuk contoh di atas

## C. Limbah Cair Logam C



**PEMERINTAH KABUPATEN JEMBER**  
**DINAS KESEHATAN**  
**UPT. LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH**  
**LABORATORIUM KESEHATAN MASYARAKAT**  
 Jl. Dewi Sartika No. 56 Telepon : (0331) 485803 Kode Pos : 68137  
**JEMBER**

---

**HASIL PEMERIKSAAN AIR LIMBAH SECARA KIMIA**

No. Lab : 543-A  
 Jenis air : Air Limbah  
 Berasal dari : Industri Elektro Plating, Perumahan Villa Tegal Besar, Kabupaten Jember  
 Pemilik :  
 Diambil oleh : Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM, UNEJ)  
 Diambil tanggal : 10 Agustus 2015 / 13.43 WIB  
 Diterima di laborat tanggal : 11 Agustus 2015 / 07.00 WIB  
 Lokasi : Bak Pencampuran Air Limbah

No	PARAMETER	SATUAN	METODE	KADAR MAXIMUM*)	HASIL	KET
<b>III. KIMIA</b>						
1.	Khrom Total (Cr)	mg / l	Photometri	0,5	2,0	

\*) Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014

**Pertimbangan : Parameter Yang Diuji Tidak Memenuhi Batas Syarat Air Limbah  
 Industri Pelapisan Logam (Electro Plating)**

Jember, 11 Agustus 2015

Penanggung Jawab  
 Laboratorium Kesehatan Masyarakat

  
 \* Erwan Widhyatmoko, ST  
 NIP. 497302052000121003

**PERHATIAN :**  
 Hasil Pengujian ini hanya berlaku untuk contoh di atas

LAMPIRAN F



**KANDUNGAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR DAN AIR SUNGAI SERTA KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT DI SEKITAR INDUSTRI ELEKTROPLATING (STUDI DI INDUSTRI ELEKTROPLATING X KELURAHAN TEGAL BESAR KECAMATAN KALIWATES KABUPATEN JEMBER)**

**HASIL LABORATORIUM PEMERIKSAAN KROMIUM PADA AIR SUNGAI**

**REKAPITULASI PEMERIKSAAN KROM TOTAL (Cr) PADA BADAN AIR BEDADUNG**

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tanggal Sampel Masuk	No. Lab	Kode Sampel	Jenis Sampel	Data Sampel	Lokasi	Titik Sampel	Jam Pengambilan	Petugas sampling	Petugas Pengirim	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan Kelas III (mg/l)	Hasil	Pertimbangan	Tanggal Seleksi Pemeriksaan
08 April 2015	206-A	D-1	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	06.30	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,16	TMS	09 April 2
08 April 2015	207-A	D-2	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	06.42	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,12	TMS	09 April 2
08 April 2015	208-A	A-1	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	15.30	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,18	TMS	09 April 2
08 April 2015	209-A	A-2	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	15.40	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,14	TMS	09 April 2
08 April 2015	210-A	B-1	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	15.55	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,14	TMS	09 April 2
08 April 2015	211-A	B-2	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	16.05	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,11	TMS	09 April 2
08 April 2015	212-A	C-1	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	16.20	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,14	TMS	09 April 2
08 April 2015	213-A	C-2	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	16.30	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,14	TMS	09 April 2
08 April 2015	214-A	D-3	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	16.45	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,11	TMS	09 April 2
08 April 2015	215-A	D-4	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	16.55	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,13	TMS	09 April 2
09 April 2015	216-A	D-5	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	06.30	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,27	TMS	10 April 2
09 April 2015	217-A	D-6	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	06.40	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,21	TMS	10 April 2
10 April 2015	225-A	D-10	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	06.45	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,34	TMS	11 April 2
10 April 2015	226-A	D-9	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	06.35	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,29	TMS	11 April 2
09 April 2015	227-A	D-8	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	16.55	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,42	TMS	10 April 2
09 April 2015	228-A	D-7	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	16.45	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,32	TMS	10 April 2
09 April 2015	229-A	C-4	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	16.25	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,36	TMS	10 April 2
09 April 2015	230-A	C-3	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	16.15	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,21	TMS	10 April 2
09 April 2015	231-A	B-4	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	16.00	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,20	TMS	10 April 2
09 April 2015	232-A	B-3	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	15.50	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,16	TMS	10 April 2
09 April 2015	233-A	A-4	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	15.35	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,15	TMS	10 April 2
09 April 2015	234-A	A-3	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	15.25	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,17	TMS	10 April 2
10 April 2015	238-A	A-5	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	15.20	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,15	TMS	11 April 2
10 April 2015	239-A	A-6	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	15.30	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,15	TMS	11 April 2
10 April 2015	240-A	B-5	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	15.45	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,20	TMS	11 April 2
10 April 2015	241-A	B-6	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	15.55	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,16	TMS	11 April 2
10 April 2015	242-A	C-5	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	16.10	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,13	TMS	11 April 2
10 April 2015	243-A	C-6	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	16.20	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,15	TMS	11 April 2
10 April 2015	244-A	D-11	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	1/3 Lebar Sungai	16.35	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,13	TMS	11 April 2
10 April 2015	245-A	D-12	BADAN AIR	SUNGAI BEDADUNG	Belakang Perumahan Villa Tegal Besar	2/3 Lebar Sungai	16.45	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	Sdri. Rosyeni Berti Mauna (PSKM UNEJ)	0,05	0,12	TMS	11 April 2

angan :  
 ir Badan Air : Peraturan Pemerintah RI No 82/2001  
 : Memenuhi Syarat  
 : Tidak Memenuhi Syarat

Jember, 11 April 2015  
 Penanggung Jawab  
 Kesehatan Masyarakat  
 LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH  
 ERWAN WIGATMOKO, ST  
 NIP. 197402052000121003