JURNAL RISET KESEHATAN
POLTEKKES DEPKES BANDUNG
Vol 6 No 3 Tahun 2013

# EFISIENSI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) PELAPISAN LOGAM PTDI DALAM MENURUNKAN KADAR CROM ($CR^{6+}$)

**Tati Ruhmawati[1], Tatang Roni S.[1]**
**[1]Jurusan Kesehatan Lingkungan Bandung**
**e-mail : muslimah_tati@yahoo.com**

**Abstract :** Levels of pollutants produced by PT DI after passing through wastewater are generally below the quality standard including chromium, but there are some parameters that exceed the standard quality including COD parameter. Although the levels of hexavalent chromium ($Cr^{6+}$) below the quality standard, but should get attention, because of its accumulative can endanger the environment and health.The purpose of the study was to determine the efficiency of Waste Water Treatment Plant (WWTP) metal plating PT Dirgantara Indonesia (DI) in lowering levels of hexavalent chrome ($Cr^{6+}$) and COD.

The study was quasi-experimental with one group pretest-posttest design. Population is wastewater generated from metal plating process of PT DI, the sample is part of waste water taken from the influents, chemical processing, and effluent. Sampling method is using grab sampling method (immediate sample), with sampling techniques for physical and chemical examination. Data processing was performed using SPSS soft ware. Data analysis using Paired samples T-test and one way anova.

At the influent concentration value is the same temperature of 25 $^0$C, pH 12.7 to 13.8. Levels of hexavalent chromium ($Cr^{6+}$) ranged between 1.03 mg/l to 2.10 mg/l. While the COD level ranged from 4336.64 mg/l to 4898.88 mg/l. In the process of temperature levels ranging from 25.5 $^0$C to 26 $^0$C, pH levels ranging from 4 to 5. While the COD level ranged from 3259.20 mg/l to 3900.00 mg/l. At the same effluent concentration value temperature of 25 $^0$C, pH levels ranging from 7.1 to 7.3. Levels of hexavalent chromium ($Cr^{6+}$) ranged between 0.01 mg/l to 0.40 mg/l. While the COD level ranged from 2400.00 mg/l to 3656.48 mg/l. After passing through the WWTP, the percentage decrease in levels of hexavalent chromium ($Cr^{6+}$) ranged from 72.73% to 99.04% with an average decrease of 89.77%. Thus WWTP PT DI is efficient in reducing the levels of hexavalent chromium ($Cr^{6+}$). Percentage reduction in COD level ranged from 16.91% to 44.66% with an average decrease of 30.62%. Thus WWTP PT DI has not been efficient in reducing the COD level.

No difference between the levels of hexavalent chromium ($Cr^{6+}$) and COD in the influent and effluent. For hexavalent chromium ($Cr^{6+}$) 0.002 p value less than 0.05, for the COD level of 0.003 p value less than 0.05. There was no significant difference between concentration and effluent COD in the process, with a p value of 0,056 is greater than 0,05

**Key words :** Efficiency WWTP, Chromium hexavalent ($Cr^{6+}$), COD

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat memberikan dampak negatif berupa limbah. Limbah yang sangat berbahaya dan memiliki daya racun tinggi umumnya berasal dari buangan industri, terutama industri kimia, termasuk industri *electroplating*.[1]*Electroplating* adalah proses pelapisan logam melibatkan reaksi elektrokimia. Industri ini berkembang semakin pesat seiring dengan kebutuhan masyarakat. Pelapisan logam diaplikasikan dalam industri elektronika, peralatan rumah tangga, otomotif, dan lain-lain. Limbah yang dihasilkan dari proses pelapisan logam merupakan limbah logam berat yang termasuk dalam bahan berbahaya dan beracun (B3). Limbah logam berat ini diperoleh akibat penggunaan logam berat itu sendiri pada proses *Electroplating*. Beberapa unsur logam yang terdapat dalam limbah *Electroplating* antara lain, Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Zn. Kuantitas limbah yang dihasilkan dalam proses *Electroplating* tidak terlalu besar tetapi tingkat toksisitasnya sangat berbahaya terutama krom heksavalen ($Cr^{6+}$), nikel ($Ni^{2+}$), timbal ($Pb^{2+}$), kadmium ($Cd^{2+}$), seng ($Zn^{2+}$), sianida ($CN^-$). [2]

Bahan logam dalam limbah B3 mempunyai sifat racun yang tidak mudah dirombak atau dihancurkan oleh mikroorganisme sehingga limbah ini berbahaya bagi kelangsungan hidup makhluk hidup. Logam berat yang paling banyak diperoleh dalam limbah *Electroplating* adalah Cr, Cu, dan Zn. Kromium yang terdapat dalam limbah pada umumnya kromium heksavalen ($Cr^{6+}$). Dalam industri pelapisan logam pada dasarnya kromium digunakan sebagai zat pelapis yang mengkilapkan. Kromium memiliki daya racun yang tinggi, logam atau persenyawaan kromium yang masuk ke dalam tubuh dapat berinteraksi dengan bermacam-macam unsur fisiologis dalam tubuh sehingga mengganggu metabolisme dalam tubuh. [2]

PT Dirgantara Indonesia (PT DI) adalah industri pesawat terbang yang salah satu produksinya melakukan kegiatan pelapisan logam, bergerak di bidang *manufacturing part*, komponen serta *tolls* pesawat terbang dan non pesawat terbang, serta jasa pelayanan purna jual. Selama tahun 2010 telah memproduksi empat unit pesawat CN 235, satu unit Super Puma Helikopter, pesanan *part* dari *Airbush, Boing* dan *Cassa*. Kapasitas produksi *part* setiap bulan berbeda tergantung dari pesanan. PT DI merupakan salah satu industri yang perpotensi dalam menghasilkan limbah yang mengandung bahan pencemar. Bahan pencemar yang utama adalah kromium, selain itu juga sianida (CN), dan kadmium (Cd). [3]

Berdasarkan hasil wawancara dengan bagian K3LH, limbah B3 yang dihasilkan sampai bulan Desember 2010, meliputi ± 150 drum limbah *coolant*, ± 35 ton limbah *chemical expired&unknow chemical&chemical reject*, ± 30 ton limbah *sludge electroplating*, ± 5 ton limbah cat dan *masking*, serta ± 202 ton limbah *chips*.

PT DI memiliki bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk menanggulangi bahaya air limbah hasil dari kegiatan industri tersebut. Kapasitas IPAL untuk pengolahan limbah krom adalah sebesar 40 $m^3$. Untuk efisiensi, IPAL dari limbah pelapisan logam PT DI menggunakan sistem *batch*. Tidak setiap hari ada proses pengolahan. Bila ada produksi, air limbah ditampung terlebih dahulu. Dengan sistem *batch* ini, IPAL baru dioperasikan apabila air limbah sudah mencapai 40 $m^{3,}$ volume ini tercapai memerlukan waktu kurang lebih selama enam bulan. Untuk mengolah air limbah sebanyak 40 $m^3$ ini tidak bisa diolah sekaligus, tetapi memerlukan beberapa kali pengolahan, pada umumnya memerlukan waktu antara lima sampai tujuh hari.

Setelah melewati IPAL, kadar bahan pencemar yang dihasilkan pada umumnya dibawah baku mutu termasuk kromium, akan tetapi ada beberapa parameter yang melebihi baku mutu diantaranya parameter COD.

Hasil pemeriksaan *efluent* IPAL pelapisan logam PT DI di Laboratorium Pengendalian Kualitas Lingkungan PDAM Kota Bandung pada tanggal 30 bulan April sampai dengan 7 Mei 2010, menunjukkan kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) sebesar 0,01 mg/l dan kadar COD sebesar 558,7 mg/l. Menurut Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat Nomor 6 tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat [4], untuk kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) adalah 0,5 mg/l. Sedangkan kadar COD untuk golongan II adalah sebesar 300 mg/l. Dengan demikian kadar COD setelah melewati IPAL pelapisan logam di PT DI masih di atas baku mutu.

Hasil pemeriksaan *influent* IPAL pada saat penelitian pendahuluan yang dilaksanakan pada tanggal 11 Nopember 2010, untuk kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) adalah 2,10 mg/l sedangkan untuk COD adalah 4336,64 mg/l. Jika dibandingkan dengan persyaratan (Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat Nomor 6 tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat), kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) dan COD pada *influent* IPAL melebihi baku mutu.

Seperti telah dijelaskan di atas, kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) setelah melewati IPAL PT DI di bawah baku mutu, namun harus tetap mendapat perhatian, karena sifatnya akumulatif dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan. Krom heksavalen ($Cr^{6+}$) merupakan bahan karsinogenik. *Electroplating*, penyamakan kulit, dan pabrik tekstil merupakan sumber utama pemajanan kromium ke air permukaan. [5]

Parameter COD bukan merupakan karakteristik utama dari air limbah industri pelapisan logam. Bahan pencemar ini ditemukan dalam air limbah pelapisan logam berasal dari proses pencucian pada rangkaian kegiatan pelapisan logam. Dalam proses pencelupan plat pesawat dibersihkan dengan bahan yang disebut MEK (Metyl ethyl keton) semacam tiner, bahan ini merupakan zat organik.

Tingginya kadar COD juga karena dalam proses pengolahan air limbah krom, pada saat pembentukan presipitat ditambahkan TEA (Tri ethanol amine), dimana bahan ini juga merupakan bahan organik. Penggunaan MEK dan penambahan TEA ini yang menyebabkan tingginya kadar COD *effluent*. Meskipun dari segi toksisitas parameter COD tidak membahayakan, akan tetapi harus tetap diperhatikan karena kadarnya di atas baku mutu. Tingginya kadar COD menunjukkan tingginya bahan organik. Penyebab utama berkurangnya kadar oksigen dalam air adalah limbah organik yang terbuang dalam air. Limbah organik akan mengalami degradasi dan dekomposisi oleh bakteri aerob, sehingga lama-kelamaan oksigen yang terlarut dalam air akan sangat berkurang. [6] Dengan kandungan bahan organik yang cukup tinggi akan menyebabkan seluruh oksigen akan habis dan bakteri akan mengalami proses metabolisme anaerob yang menghasilkan bau dan air berwarna hitam. Selain itu, biota air mengalami kematian karena kekurangan oksigen.[7]

*Effluent* dari IPAL pelapisan logam PT DI dibuang ke sungai Citepus, dimana kondisi sungai tersebut menunjukkan kadar bahan organiknya tinggi yang ditandai dengan muncul bau dan warna air kehitam-hitaman. Tingginya bahan organik di sungai tersebut bukan saja disebabkan karena PT DI membuang air limbahnya ke sungai tersebut, akan tetapi mungkin juga berasal dari industri lain maupun dari buangan rumah tangga di sekitar sungai tersebut. Apabila setiap industri tidak

memperhatikan hal ini, maka kemungkinan pencemaran sungai atau badan air akan semakin meningkat, dan fenomena ini sekarang sudah terjadi. Hampir semua sungai di Kota Bandung khususnya dan di kota-kota besar pada umumnya, kondisinya sudah tercemar.

Bertitik tolak dari latar belakang di atas, maka penulis menganggap perlu dilakukan penelitian tentang "Efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pelapisan Logam PT DI dalam menurunkan Kadar Krom Heksavalen ($Cr^{6+}$) dan COD".

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah eksperimen semu dengan rancangan *One Group Pretest-Postest.*[8] Rancangan ini tidak ada kelompok pembanding (kontrol), tetapi paling tidak sudah dilakukan observasi pertama (*pretest*) yang memungkinkan peneliti dapat menguji perubahan-perubahan yang terjadi setelah adanya eksperimen (program).

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Pengolahan Air Limbah pelapisan logam khusus untuk pengolahan logam kromium (IPAL) PT DI Bandung. Populasi dalam penelitian ini adalah air limbah yang dihasilkan dari proses pelapisan logam PT DI. Sampel dalam penelitian ini adalah sebagian air limbah yang diambil dari bagian *influent*, proses pengolahan kimia, dan *effluent*.

Metode pengambilan sampel secara *grab sampling* (sampel sesaat), dengan teknik pengambilan sampel untuk pemeriksaan secara fisik dan kimia. Sampel sesaat ini hanya dapat mewakili kualitas air pada saat dan tempat tertentu saja.[9]Untuk parameter krom, sampel diambil dari dua titik, yaitu pada *influent* dan *effluent*. Sedangkan untuk parameter COD, sampel diambil dari tiga titik yaitu pada *influent*, proses kimia, dan *effluent*.

Masing-masing titik diambil lima kali, sehingga jumlah sampel untuk parameter krom sebanyak sepuluh buah, sedangkan untuk parameter COD jumlah sampel sebanyak 15 buah, sehingga keseluruhan sampel sebanyak 25 buah sampel. Tiap-tiap sampel berjumlah satu liter sehingga jumlah keseluruhannya sebanyak 25 liter. Format pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel berikut :

### Alat Ukur dan Bahan Penelitian

1. Peralatan pengukuran berupa : termometer, pH meter,
2. Peralatan untuk pengambilan sampel berupa : botol sampel, boks sampel, label,
3. Peralatan untuk pemeriksaan sampel berupa : buret, statip, *tisue*, *ball pulp*, oven, corong, pipet gondok, erlenmeyer, spektrofotometer, filter fotometer.
4. Bahan-bahan untuk pemeriksaan sampel berupa : aquadest, AgSO4, $H_2SO_4$, $K_2Cr_20_7$, indikator feroin, FAS, larutan induk kromium, larutan baku kromium, asam nitrat pekat ($HNO_3$), larutan indikator jingga metil, hidrogen peroksida ($H_2O_2$), ammonium hidroksida pekat ($NH_4OH$), larutan kalium permanganat ($KMnO_4$), larutan natrium azida ($NaN_3$), larutan difenil karbasid, kloroform, larutan kupferron, asam fosfat pekat ($H_3PO_4$).

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran suhu, pH, pemeriksaan krom heksavalen ($Cr^{6+}$) dan COD.

### Cara Penelitian

1. Persiapan Penelitian
   Pada tahap ini dilakukan :
   a. Pengurusan perijinan penelitian,
   b. Studi pendahuluan,
   c. Persiapan alat dan bahan penelitian,
   d. Membuat jadwal waktu pengambilan sampel, hal ini dilakukan karena sistem pengolahan air limbah di IPAL PT DI menggunakan sistem *batch*, jadi pengolahan dilakukan pada waktu tertentu saja,
   e. Menentukan laboratorium pemeriksa.

2. Pelaksanaan Penelitian
   a. Menentukan titik pengambilan sampel, yaitu pada *influent*, proses pengolahan kimia, *effluent*,
   b. Mengambil sampel sesuai titik pengambilan sampel yang telah ditentukan, khusus untuk sampel pada titik proses pengolahan kimia, dan *effluent*, pengambilan sampel disesuaikan dengan waktu penahanannya.
   c. Mengukur sampel untuk parameter suhu dan pH air limbah pada titik pengambilan sampel yang telah ditentukan,
   d. Memeriksakan sampel untuk parameter krom heksavalen ($Cr^{6+}$) dan COD ke Laboratorium Analis Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung.

### Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan soft ware SPSS[10]. Prinsip pengolahan data yang telah dikumpulkan adalah sebagai berikut :

1. *Editing* yaitu kegiatan berupa pengecekan data yang telah dikumpulkan baik dari hasil pengukuran maupun pemeriksaan laboratorium.

2. *Tabulating* yaitu kegiatan berupa pembuatan tabel dan penentuan variabel yang akan dianalisis,
3. *Entry* yaitu kegiatan memasukan data ke dalam komputer.

**Analisis Data**

1. Univariat

a. Analisis data yang dilakukan terhadap hanya satu variabel yang dalam penyajiannya berbentuk tabel distribusi frekuensi.
b. Untuk menghitung kinerja IPAL, dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{\% penurunan krom} = \frac{\text{krom } \textit{influent} - \textit{effluent}}{\text{krom } \textit{influent}} \times 100\%$$

$$\text{\% penurunan COD} = \frac{\text{COD } \textit{influent} - \textit{effluenf}}{\text{COD } \textit{influent}} \times 100\%$$

2. Bivariat

a. Untuk menguji perbedaan antara kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) dan COD pada *influent* dan *effluent* digunakan analisis dengan uji Paired samples T-test, apabila data tidak berdistribusi normal maka dilakukan analisis Wilcoxon Match Pairs Test,[11]
b. Untuk menguji perbedaan antara kadar COD pada *influent*, proses pengolahan kimia, dan *effluent* digunakan analisis One way anova dilanjutkan dengan uji LSD, apabila data tidak berdistribusi normal maka dilakukan Analisis Varian Satu Jalan Kruskal-Walls. [11]

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Di PT Dirgantara Indonesia air limbah diklasifikasikan menjadi : limbah produksi yaitu limbah cair yang dihasilkan langsung dari proses produksi pembuatan komponen pesawat terbang dan limbah domestik (non produksi) yaitu laimbah cair yang dihasilkan dari kegiatan non produksi seperti urinor (WC) dan kantin. [12]

Limbah cair dari fasilitas *surface treatment* (*electroplating*) dan juga dari proses pengolahan air bersih *ion-exchange* (kecuali yang mengandung *cyanide*) dialirkan ke IPAL dengan cara :

1. Limbah yang mengandung ion $Cr^{6+}$ dialirkan ke tangki H/Cr *concentrate.*
2. Limbah yang bersifat basa dialirkan ke tangki OH *concentrate*.
3. Limbah yang bersifat asam dialirkan ke tangki H *concentrate*.

Proses pengolahan limbah dilakukan secara "*batch system*". Limbah dari tangki H/Cr *concentrate* dipompakan ke *treatment* kemudian dipompakan limbah dari tangki H *concentrate* sampai pH sekitar 2.5; apabila pH 2,5 belum tercapai, maka ditambahkan $H_2SO_4$ secara hati-hati dengan menggunakan *dosing pump.* Setelah itu baru ditambahkan $NaHSO_3$ sehingga terjadi proses reduksi dari $Cr^{+6}$ menjadi $Cr^{+3}$.

Reaksi yang terjadi adalah :

$2HCrO_4 + 3\ NaHSO_3 + 3H_3SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3\ NaHSO_4 + 5H_2O$

Setelah proses reduksi selesai kemudian limbah basa dipompakan dari tangki OH-*concentrate* sampai pH 7 – 8, sehingga terjadi pengendapan $Cr(OH)_3$ yang berwarna biru muda.

Campuran limbah yang ada di tangki *treatment tank* kemudian dipindahkan ke *sludge tank* untuk diendapkan sempurna. Reaksi yang terjadi adalah :

$Cr_2(SO_4)_3 + 3NaOH + 3\ H_2O \rightarrow 3Cr(OH)_3 + 3NaHSO_4$.

Kemudian dilakukan pengecekan pH dan air limbah dinetralisasi sampai pH sekitar 7. Waktu penahanan pada *treatment tank* selama dua jam, sedangkan pada *sludge tank* selama satu jam. Volume tangki kurang lebih 40 $m^3$, dengan ukuran panjang 4 m, lebar 4 m, dan tinggi 2,5 m. Limbah yang ada dalam *Sludging Tank* (cairan & Lumpur) kemudian dipompakan ke *filter press* untuk memisahkan antara *sludge* dan cairannya. *Sludge* yang sudah terpisahkan kemudian dikumpulkan dalam wadah dan disimpan di TPS limbah B3 yang untuk selanjutnya dikirim ke pemanfaat/pengolah limbah B3 yang berijin dari Kementerian Lingkungan Hidup. Sedangkan cairannya dialirkan ke bak kontrol yang selanjutnya ke badan air, tetapi bila masih melebihi baku mutu limbah cair maka disirkulasikan kembali ke tangki pengolahan limbah *cyanide* untuk dilakukan proses pengolahan bersama limbah *cyanide.*

**Hasil Pengukuran**

**1. Kadar Suhu**

Tabel 4.1 Kadar Suhu Air Limbah Pelapisan Logam pada *Influent*, Proses, dan *Effluent* IPAL PT DI Bulan Nopember 2010

| No. | Tanggal Pengambilan | Kadar Suhu | Kadar Suhu | Kadar Suhu pada |
|---|---|---|---|---|

| | | pada *Influent* ($^0$C) | pada Proses ($^0$C) | *Effluent* ($^0$C) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 11-11-2010 | 25 | 26 | 25 |
| 2. | 12-11-2010 | 25 | 25,5 | 25 |
| 3. | 13-11-2010 | 25 | 26 | 25 |
| 4. | 15-11-2010 | 25 | 26 | 25 |
| 5. | 16-11-2010 | 25 | 25,5 | 25 |

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kadar suhu pada *influent* dan *Effluent* selama lima kali pengambilan sampel nilainya sama yaitu 25 $^0$C. Sedangkan pada proses kadar minimum 25,5 $^0$C dan maksimum 26 $^0$C.

**2. Kadar pH**

Tabel 4.2 Kadar pH Air Limbah Pelapisan Logam pada *Influent*, Proses, dan*Effluent* IPAL PT DI Bulan Nopember 2010

| No. | Tanggal Pengambilan | Kadar pH pada *Influent* | Kadar pH pada Proses | Kadar pH pada *Effluent* |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 11-11-2010 | 13,2 | 5 | 7,1 |
| 2. | 12-11-2010 | 13,7 | 5 | 7,2 |
| 3. | 13-11-2010 | 12,7 | 4 | 7,1 |
| 4. | 15-11-2010 | 12,9 | 4 | 7,2 |
| 5. | 16-11-2010 | 13,8 | 5 | 7,3 |

Hasil pemeriksaan kadar pH pada *influent* bersifat basa, kadar minimum 12,7 dan maksimum 13,8. Pada proses bersifat asam, kadar minimum 4 dan maksimum 5, sedangkan pada *effluent* mendekati pH netral, kadar minimum 7,1 dan maksimum 7,3, seperti terlihat pada tabel 4.2.

**3. Kadar Krom Heksavalen (Cr $^{6+}$)**

Tabel 4.3 Kadar Krom Heksavalen ($Cr^{6+}$) Air Limbah Pelapisan Logam pada*Influent* dan *Effluent* serta Persentase Penurunannya IPAL PT DIBulan Nopember 2010

| No. | Tanggal Pengambilan | Kadar Krom Heksavalen (Cr $^{6+}$) pada *Influent* (mg/l) | Kadar Krom Heksavalen (Cr $^{6+}$) pada *Effluent* (mg/l) | Persentase Penurunan (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 11-11-2010 | 2,10 | 0,40 | 80,95 |
| 2. | 12-11-2010 | 1,10 | 0,30 | 72,73 |
| 3. | 13-11-2010 | 1,03 | 0,03 | 97,09 |
| 4. | 15-11-2010 | 1,03 | 0,01 | 99,03 |
| 5. | 16-11-2010 | 1,04 | 0,01 | 99,04 |
| | **Jumlah** | **6,30** | **0,75** | **448,84** |
| | **Rata-rata** | **1,26** | **0,15** | **89,77** |

Seperti terlihat pada tabel 4.3, pada *influent* kadar krom Heksavalen ($Cr^{6+}$) minimum 1,03 mg/l dan maksimum 2,10 mg/l. Sedangkan pada *effluent* kadar minimum 0,01 mg/l dan maksimum 0,40 mg/l. Setelah melewati IPAL, persentase penurunan kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) berkisar antara 72,73% sampai dengan 99,04% dengan rata-rata penurunan sebesar 89,77%.

**4. Kadar COD**

Tabel 4.4 Kadar COD Air Limbah Pelapisan Logam pada *Influent*, Proses dan *Effluent* serta Persentase Penurunannya IPAL PT DI Bulan Nopember 2010

| No. | Tanggal Pengambilan | Kadar COD pada *Influent* (mg/l) | Kadar COD pada Proses (mg/l) | Kadar COD pada *Effluent* (mg/l) | Persentase Penurunan (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 11-11-2010 | 4336,64 | 3259,20 | 2400,00 | 44,66 |
| 2. | 12-11-2010 | 4400,64 | 3742,40 | 3656,48 | 16,91 |
| 3. | 13-11-2010 | 4181,76 | 3900,00 | 3110,05 | 25,63 |
| 4. | 15-11-2010 | 4491,52 | 3329,92 | 3052,48 | 32,04 |
| 5. | 16-11-2010 | 4898,88 | 3520,48 | 3240,00 | 33,86 |
| | **Jumlah** | **22309,44** | **17752** | **15459,01** | **153,10** |
| | **Rata-rata** | **4461,888** | **3550,40** | **3091,802** | **30,62** |

Dari tabel 4.4 terlihat bahwa pada *influent* kadar COD minimum 4336,64 mg/l dan maksimum 4898,88 mg/l. Pada proses kadar COD kadar minimum 3259,20 mg/l dan maksimum 3900,00 mg/l. Sedangkan pada *effluent* kadar minimum 2400,00 mg/l dan maksimum 3656,48 mg/l. Setelah melewati IPAL, persentase penurunan kadar COD berkisar antara 16,91 % sampai dengan 44,66 % dengan rata-rata penurunan sebesar 30,62%.

**5. Uji Paired samples T-test untuk Kadar Krom Heksavalen ($Cr^{6+}$)**

Tabel 4.5 Hasil Uji Paired samples T-test untuk Kadar Krom Heksavalen ($Cr^{6+}$)

| | 95 % Convidence Interval of the Difference | | Sig (2-tailed) |
|---|---|---|---|
| Kadar Krom Heksavalen ($Cr^{6+}$) pada *influent* dan *effluent* IPAL PT DI | Lower | Upper | |
| | 0,6840 | 1,5360 | 0,002 |

Berdasarkan tabel 4.5 dapat dilihat bahwa *p value* sebesar 0,002 lebih kecil dari 0,05 dengan CI 0,6840 sampai dengan 1,5360. Dengan demikian terdapat perbedaan yang bermakna antara kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) pada *influent* dan *effluent* IPAL PT DI.

**6. Uji Paired samples T-test untuk Kadar COD**

Tabel 4.6 Hasil Uji Paired samples T-test untuk Kadar COD

| | 95 % Convidence Interval of the Difference | | Sig (2-tailed) |
|---|---|---|---|
| Kadar COD pada *influent* dan *effluent* IPAL PT DI | Lower | Upper | |
| | 784,4102 | 1955,7618 | 0,003 |

Berdasarkan tabel 4.6 dapat dilihat bahwa *p value* sebesar 0,003 lebih kecil dari 0,05 dengan CI 784,4102 sampai dengan 1955,7618. Dengan demikian terdapat perbedaan yang bermakna antara kadar COD pada *influent* dan *effluent* IPAL PT DI.

**7. One way anova untuk Kadar COD pada *Influent*, Proses dan *Effluent***

Tabel 4.7 Hasil Uji One way anova untuk Kadar COD pada *Influent*, *Proses* dan *Effluent*

| Kadar COD | Sum of Squeres | df | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 4863764 | 2 | 20,779 | 0,000 |
| Within Groups | 1404431 | 12 | | |
| Total | 6268195 | 14 | | |

Berdasarkan tabel 4.7 dapat dilihat bahwa *p value* sebesar 0,000 lebih kecil dari 0,05 untuk *between groups*. Artinya diantara grup (antar kelompok) terdapat perbedaan kadar COD yang bermakna. Dengan kata lain terdapat perbedaan yang bermakna antara kadar COD pada *influent*, proses, dan *effluent*.

Tabel 4.8 Hasil Uji LSD untuk Kadar COD pada *Influent*, *Proses* dan *Effluent*

| LSD | Lokasi Pengukuran | Lokasi pengukuran | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| | *Influent* | Proses | 0,001 | 440,06 | 1382,9 |
| | | *Effluent* | 0,000 | 898,66 | 1841,5 |
| | Proses | *Influent* | 0,001 | -1382,9 | -440,06 |
| | | *Effluent* | 0,056 | -12,823 | 930,01 |
| | *Effluent* | *Influent* | 0,000 | -1841,5 | -898,66 |
| | | Proses | 0,056 | 930,01 | 12,82 |

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa pasangan kadar COD pada *influent* dan proses *p value* sebesar 0,001 lebih kecil dari 0,05. Pasangan kadar COD pada *influent* dan *effluentp value* sebesar 0,000 lebih kecil dari 0,05. Sedang pasangan kadar COD pada proses dan *effluentp value* sebesar 0,056 lebih besar dari 0,05. Dengan demikian terdapat perbedaan yang bermakna antara kadar COD pada *influent* dan proses, juga pada *influent* dan *effluent*, akan tetapi pada proses dan *effluent* tidak ada perbedaan yang bermakna.

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa IPAL PT DI mengolah limbah dengan sistem *batch.* Setiap ada proses produksi air limbah dialirkan ke tangki/bak pengumpul sampai mencapai volume ± 40 $m^3$. Untuk mencapai volume tersebut dibutuhkan waktu ± 6 bulan. Setelah air limbah terkumpul sebanyak ± 40 $m^3$, baru dilakukan pengolahan. Untuk mengolah air limbah sebanyak volume tersebut tidak dilakukan sekaligus tapi membutuhkan waktu antara lima sampai tujuh hari.

Saat ini bangunan IPAL PT DI terjadi kebocoran pada bak/tangki H/Cr *concentrate.* OH *concentrate*, dan H *concentrate*. Sehingga air limbah sebelum diolah dari *Surface Treatment* dikumpulkan dalam suatu tangki (bak pengumpul) untuk diolah secara bersama-sama. Karena ada kerusakan pada tangki tadi maka air limbah dari proses pelapisan logam bercampur dalam tangki pengumpul dan tidak dilakukan pemisahan pada saat pengolahan. Seharusnya, untuk pengolahan krom, air limbah dimasukan ke tangki H/Cr *concentrate* untuk kemudian diolah dengan proses reduksi dan netralisasi. Kondisi ini mempengaruhi proses pengolahan air limbah pada IPAL tersebut.

Air limbah pelapisan logam dalam bak proses IPAL terjadi kenaikan suhu, dibanding nilai suhu pada *influent* dan *effluent*, hal ini terjadi karena pada bak proses dilakukan pengadukan untuk mencampur air limbah dengan bahan kimia. Kadar pH pada *influent* bersifat basa, padahal karakteristik air limbah pelapisan logam bersifat asam. Hal ini terjadi karena terjadi kerusakan pada bangunan

IPAL, maka pada bak pengumpul terjadi pencampuran limbah dari berbagai sumber bukan hanya air limbah dari proses pelapisan logam saja. Kadar pH tinggi, karena dalam bak pengumpul terdapat air limbah dari alkalin. Sedangkan pada bak proses terjadi penurunan pH sehingga bersifat asam, hal ini karena pada bak tersebut dilakukan penambahan $H_2SO_4$ untuk selanjutnya ditambah $NaHSO_3$ sehingga terjadi proses reduksi dari $Cr^{+6}$ menjadi $Cr^{+3}$. Reaksi yang terjadi adalah :

$$2HCrO_4 + 3\ NaHSO_3 + 3H_3SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3\ NaHSO_4 + 5H_2O$$

Pada *effluent* kadar pH mendekati normal, karena setelah proses reduksi dilakukan netralisasi agar pH *effluent* normal.

Kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) pada *influent* berada di atas baku mutu, sedangkan pada *effluent* kadarnya di bawah baku mutu. Persentase penurunan kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) setelah melewati IPAL, rata-rata 89,77%. Dengan demikian IPAL PT DI sudah efisien dalam menurunkan kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$). Kadar COD air limbah baik pada *influent*, proses, dan *effluent*, kadarnya di atas baku mutu. Persentase penurunan kadar COD setelah melewati IPAL, rata-rata 30,62%. Dengan demikian IPAL PT DI belum efisien dalam menurunkan kadar COD.

Parameter COD bukan merupakan karakteristik utama dari air limbah industri pelapisan logam. Bahan pencemar ini ditemukan dalam air limbah pelapisan logam berasal dari proses pencucian pada rangkaian kegiatan pelapisan logam. Dalam proses pencelupan plat pesawat dibersihkan dengan bahan yang disebut MEK (Metyl ethyl keton) semacam tiner, bahan ini merupakan zat organik.

Tingginya kadar COD juga karena dalam proses pengolahan air limbah krom, pada saat pembentukan presipitat ditambahkan TEA (Tri ethanol amine), dimana bahan ini juga merupakan bahan organik. Penggunaan MEK dan penambahan TEA ini yang menyebabkan tingginya kadar COD *effluent*. Meskipun dari segi toksisitas parameter COD tidak membahayakan, akan tetapi harus tetap diperhatikan karena kadarnya di atas baku mutu. Tingginya kadar COD menunjukkan tingginya bahan organik. Penyebab utama berkurangnya kadar oksigen dalam air adalah limbah organik yang terbuang dalam air. Limbah organik akan mengalami degradasi dan dekomposisi oleh bakteri aerob, sehingga lama-kelamaan oksigen yang terlarut dalam air akan sangat berkurang. Dalam kondisi berkurangnya oksigen tersebut hanya spesies organisme tertentu saja yang dapat hidup.[6]

Bahan organik dengan bantuan oksigen yang terlarut dalam air akan menyebabkan degradasi bahan organik menjadi lebih sederhana, sehingga kandungan oksigen yang terlarut dalam air akan berkurang dan kelangsungan hidup organisme lain yang memerlukan oksigen akan terganggu. Dengan kandungan bahan organik yang cukup tinggi akan menyebabkan seluruh oksigen akan habis dan bakteri akan mengalami proses metabolisme anaerob yang menghasilkan bau dan air berwarna hitam. Selain itu, biota air mengalami kematian karena kekurangan oksigen.[7]

Keberadaan oksigen dalam badan air dapat memelihara ekosistem perairan, akan tetapi sumber-sumber oksigen di dalam perairan sangatlah terbatas. Oleh karena itu proses aerob hanya dapat berlanjut bila jumlah bahan organik tidak terlalu banyak atau nilai COD jauh di bawah standar. [7]

Selain faktor di atas, masih tingginya kadar COD setelah melewati IPAL karena kurang optimalnya waktu penahanan, terutama di tangki lumpur hanya satu jam. Padahal volume air limbah yang diolah cukup banyak. Dengan kurang optimalnya waktu penahanan tersebut, air limbah tidak cukup waktu untuk terjadi proses pengendapan, sehingga kadar COD masih tetap tinggi.

Faktor yang mempengaruhi waktu pengendapan adalah waktu penahanan terhadap air, besar debit air yang dihasilkan dan kapasitas kolam atau bak. [13] Cara perhitungan menentukan lamanya waktu penahanan dalam bak adalah menggunakan rumus berikut : [14]

$$Vo = \frac{Q}{A}$$

$$t = 24 \frac{A \times h}{Q}$$

$$t = 24 \frac{h}{Vo}$$

Dimana :

t = waktu penahanan
$V_0$ = over flow rate ($m^3/m^2/hari$)
Q = rata-rata debit air limbah ($m^3/hari$)
A = luas permukaan bak pengendap ($m^2$)
h = ketinggian bak pengendap (m)

Seperti telah dijelaskan dalam tinjauan pustaka, ada berbagai cara untuk mengolah bahan organik, diantaranya dengan proses koagulasi.Koagulasi adalah suatu proses destabilisasi koloid dengan jalan penambahan koagulan yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan partikel koloid, sehingga terjadi gaya tarik menarik yang dapat mengikat, yang

menggumpalkan partikel koloid menjadi flok. Pada proses ini dilakukan penambahan koagulan ke dalam air baku diikuti dengan pengadukan cepat yang bertujuan untuk mencampur antara koagulan dengan koloid. Bahan koagulan yang bisa digunakan antara lain $Al_2SO_4$, $Fe_2Cl_3$, $Fe_2SO_4$, PAC, dan sebagainya.[15]

Pada proses koagulasi diteruskan dengan flokulasi. Flokulasi adalah proses dimana partikel yang mudah mengendap saling bergabung sehingga diperoleh ukuran partikel yang lebih besar dari semula, akibat dari perubahan itu pengendapan yang dilakukan secara gravitasi dilakukan dengan cepat. Kedua proses ini adalah langkah penting dalam pengolahan air limbah, akan tetapi tidak harus merupakan dua proses terpisah, begitu pula tidak harus menggunakan bangunan yang terpisah. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi untuk menghasilkan koagulasi yang baik, yaitu :[9]

1. Pengontrolan pH
   Setiap koagulan mempunyai range pH yang spesifik dimana presipitasi yang maksimum akan terbentuk sekaligus titik kelarutan maksimum, pH yang optimum tergantung pada penggunaan koagulan tersebut dan karakteristik kimiawi air baku. Untuk proses koagulasi pH terbaik berkisar 7,0 (pH netral).
2. Temperatur
   Pada temperatur yang rendah kecepatan reaksi lebih lambat dan viskositas air lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.
3. Dosis koagulan
   Air dengan turbiditi tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak.
4. Pengadukan
   Pengadukan diperlukan agar tumpukan partikel untuk netralisasi menjadi sempurna.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menurunkan kadar COD air limbah. Jeplin Manurung telah melakukan penelitian tentang studi efek jenis dan berat koagulan terhadap penurunan nilai COD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan koagulan poli aluminium klorida (PAC) mampu menurunkan COD air limbah pabrik sarung tangan karet. Penelitian lain telah dilakukan dengan proses ultrafiltrasi. Hasil penelitian menunjukkan kemampuan rejeksi membran ultrafiltrasi dari total konsentrasi kromium sebesar 99 % dan COD sebesar 98%.

Kadar krom heksavalen ($Cr^{6+}$) setelah melewati IPAL PT DI di bawah baku mutu, namun harus tetap mendapat perhatian, karena sifatnya akumulatif dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan. Logam krom adalah bahan kimia yang bersifat persisten, bioakumulatif dan toksik (*Persistent, Bioaccumulative and Toxic*/PBT) yang tinggi serta tidak mampu terurai di dalam lingkungan, sulit diuraikan, dan akhirnya diakumulasi di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan.

Ion-ion Cr yang masuk ke dalam tubuh akan bereaksi dengan protein dan secara lambat membentuk suatu kompleks yang sangat stabil. Selain itu krom dapat mengkatalis suksinat dalam enzim sitokrom reduktase, sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan beberapa reaksi biokimia lainnya dalam tubuh. Ion-ion $Cr^{6+}$ dalam proses metabolisme dalam tubuh akan menghalangi atau mampu menghambat kerja enzim benzopiren hidroksilase. Penghalangan kerja enzim benzopiren hidroksilase dapat mengakibatkan perubahan dalam kemampuan pertumbuhan sel, sehingga sel-sel menjadi tumbuh secara liar dan tidak terkontrol, atau lebih dikenal dengan istilah kanker. Hal itulah yang kemudian menjadi dasar dari penggolongan krom ke dalam kelompok logam yang bersifat karsinogenik. Enzim benzopiren hidroksilase ini berfungsi untuk menghambat pertumbuhan kanker yang disebabkan oleh asbestos.

Kemampuan yang dimiliki oleh ion-ion $Cr^{6+}$ untuk menghalangi atau menghambat kerja enzim ini akan memberikan efek yang sangat membahayakan. Percobaan laboratorium menunjukkan bahwa $Cr^{3+}$ dapat mengendapkan RNA dan DNA pada pH 7. $Cr^{6+}$ dan $Cr^{3+}$ dapat menyebabkan denaturasi pada albumin. [1]

*World Health Organization* (WHO), *The Departement of Health and Human Services* (DHHS), dan *The Environmental Protection Agency* (EPA), telah menetapkan bahwa senyawa krom (VI) bersifat karsinogenik pada manusia. Pada umumnya paparan krom berasal dari industri yang memproduksi krom dan pigmen krom bisa mengakibatkan kanker pada alat pernafasan serta mengakibatkan kanker paru-paru bagi para pekerja yang terpapar oleh debu krom. EPA menggolongkan krom (VI) yang bersifat karsinogen klas A pada manusia melalui paparan inhalasi, sedangkan krom (III) digolongkan sebagai karsinogen klas D, tetapi tidak spisifik untuk manusia.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang bermakna antara kadar krom heksavalen ($Cr^6$) pada *influent* dan *effluent*.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Palar, H. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT Rineka Cipta, Jakarta, 2000.
2. Irahali, L. *Kedirgantaraan Indonesia dalam Perspektif Sejarah*, http://www.indonesian-aerospace.com. Diakses pada hari Senin, 12 Juli 2010.

3. Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat Nomor 6 tahun 1999 tentang *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat*.
4. Depkes RI. *Bahan-bahan Berbahaya dan Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia*. Depkes RI Ditjen PP&PL, Jakarta, 2005.
5. Darmono. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Universitas Indonesia-Press, Jakarta, 2001.
6. Jeni L.B.S., dan Rahayu, W.P. *Penanganan Limbah Industri Pangan.* Kanisius, Yogyakarta, 2007.
7. Notoatmodjo, S. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. PT Rineka Cipta, Jakarta, 2005.
8. Sarwono, J. *Panduan Cepat dan Mudah SPSS 14*. Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006.
9. Sugiyono. *Statistik Non Parametrik.* CV Alfabeta, Bandung, 2004.
10. PT Dirgantara Indonesia. *Revisi RKL-RPL PT Dirgantara Indonesia.* Bandung, 2010.
11. Joko, T. *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2010.
12. Siregar, A.S. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Kanisius, Yogyakarta, 2009.
13. Manurung, J. *Studi Efek Jenis dan Berat Koagulan terhadap Penurunan Nilai COD dan BOD pada Pengolahan Air Limbah dengan Cara Koagulasi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam USU, Medan, 2009.
14. Hendro, M.K. dan Sulastiningrum, R. *Pemisahan Kromium dan Nikel dari Limbah Cair Elektroplating dengan Proses Ultrafiltrasi*. Fakultas Teknik UNDIP, Semarang, 2009.
15. Widowati, W., dkk. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. ANDI, Yogyakarta, 2008.