

# Analisis Beban Pencemar Logam Berat Industri terhadap Kualitas Sungai Citarum Hulu

Joana Febrita<sup>1\*</sup> dan Dwina Roosmini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

\* Penulis korespondensi: joanafebrita@apps.ipb.ac.id

**Abstrak:** Berbagai penelitian mengatakan bahwa kualitas Sungai Citarum sudah tidak memenuhi baku mutu. Sungai Citarum Hulu telah tercemar oleh logam berat. Hasil yang didapatkan belum menggambarkan pencemaran yang sebenarnya karena sebagian besar logam berat terakumulasi pada sedimen atau biota akuatik. Penelitian dilakukan dengan menganalisis konsentrasi logam berat di air dan sedimen sungai untuk mengetahui kualitas sungai kemudian melakukan simulasi pencemaran logam berat di air sungai bila efluen industri memenuhi baku mutu. Pengukuran logam berat dilakukan menggunakan AAS setelah mengekstraksi sampel air (SNI 6989.17:2009) dan sedimen (EPA Method 200.2 1994). Simulasi pencemaran logam berat di sungai dilakukan dengan menghitung konsentrasi campuran logam berat (air sungai dan efluen industri). Hasil pengukuran menunjukkan Sungai Citarum Hulu mengandung logam berat Cr, Cu, Zn, dan Ni baik pada air maupun sedimen sungai dari Danau Cisanti hingga Nanjung. Konsentrasi keempat logam berat pada sedimen lebih besar dari konsentrasi pada air. Pada air, konsentrasi logam terlarut lebih kecil dibandingkan dengan logam total. Lokasi dengan konsentrasi logam berat tertinggi pada air adalah Sapan dan Cisirung. Hasil simulasi menunjukkan bahwa walaupun industri mengeluarkan efluen sesuai dengan baku mutu efluen industri, baku mutu sungai pada beberapa daerah tetap tidak tercapai. Baku mutu sungai dan efluen serta sistem monitoring sungai perlu dievaluasi.

**Kata kunci:** sungai Citarum hulu; logam berat; industri; baku mutu sungai

**Diterima:** 09 Februari 2022

**Disetujui:** 31 Maret 2022

**Sitasi:**

Febrita, J.; Roosmini, D. Analisis Beban Pencemar Logam Berat Industri terhadap Kualitas Sungai Citarum Hulu. *J. Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2022; 7 (1): 77-88.,  
<https://doi.org/10.29244/jsil.7.1.77-88>

## 1. Pendahuluan

Perkembangan industri yang meningkat seiring dengan semakin banyaknya kebutuhan manusia tidak hanya menimbulkan dampak positif bagi kehidupan manusia tetapi juga menimbulkan dampak negatif [1]. Menurut Citarum *Stakeholders* [2], sekitar 40% limbah Sungai Citarum merupakan limbah domestik dan sisanya merupakan limbah industri dan peternakan atau pertanian. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri dialirkan ke sungai. Logam berat (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, dan Zn) merupakan pencemar berbahaya yang terdapat di Sungai Citarum. Industri yang berpotensi menghasilkan limbah logam berat adalah industri tekstil, pengolahan logam, pengolahan kayu, percetakan, penyamakan kulit, pabrik pupuk, elektroplating, dan lain-lain [3]. Berbagai peraturan (seperti PP 82 Tahun 2001 dan PerGub Jabar 39 Tahun 2000) ditetapkan pemerintah untuk menekan pencemaran yang terjadi di sungai, namun pencemaran tetap meningkat. Data pemantauan BPLHD (Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah) Jawa Barat menunjukkan konsentrasi logam berat di Sungai Citarum rendah, namun beberapa penelitian seperti yang dilakukan oleh [4] pada salah satu titik di Sungai Citarum

menunjukkan sungai tercemar logam berat. Penelitian [5] menunjukkan Sungai Citarum berada dalam kategori buruk. Hal ini menunjukkan perlunya perbaikan sistem monitoring yang dilakukan pemerintah terhadap sungai. Pencemaran ini juga memberikan dampak negatif pada ekosistem Waduk Saguling [6].

Pentingnya kesehatan kualitas ekosistem akuatik di dunia telah terlihat dari munculnya berbagai peraturan ambang batas pencemar yang terkandung dalam ekosistem sungai dan metode pengujiannya (SNI). Hal penting yang menjadi alasan diperlukannya pemantauan kualitas sungai menggunakan sedimen adalah adanya sifat akumulasi dari pencemar yang ada di sungai. Pemantauan sungai yang dilakukan pemerintah selama ini hanya terbatas pada kualitas air. Belum ada peraturan di Indonesia mengenai baku mutu pencemar di sedimen maupun biota air. Pada air di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang, yang menjadi tempat pembuangan limbah, terdeteksi adanya logam berat dalam jumlah yang kecil, namun ternyata tingkat konsentrasi logam berat pada sedimen lebih tinggi daripada di air [7]. Penelitian pencemaran sedimen lainnya [8] menemukan tingginya konsentrasi logam berat di sedimen Sungai Dagou (Cina) yang merupakan sungai penerima limbah industri. Ekosistem akuatik menjadi lebih berbahaya karena bentos dan ikan mengkonsumsi makanannya dari sedimen yang tercemar logam tersebut. Sehingga, jaring-jaring makanan yang berhubungan dengan ekosistem sungai ini akan tercemar logam berat, tanpa terkecuali manusia yang memakan ikan dari sungai tercemar. Penelitian [9] menunjukkan terpaparnya ikan sapu-sapu oleh logam Cu dan Zn di sepanjang Sungai Citarum Hulu. Penelitian [10] di Sungai Pearl (Cina Selatan) menunjukkan potensi toksisitas dari kontaminasi logam berat di sedimen. Penelitian [11] di Sungai Tigris (Turkey) dan [12] di *Day River* (Beni-Mellal, Morocco) yang menunjukkan adanya dampak yang membahayakan bagi organisme yang hidup di sedimen yang terkontaminasi logam berat. Selain itu, terdapat penelitian [13] tentang adanya resiko ekologis di Sungai Yangtze (Cina) akibat kontaminasi logam berat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan mengukur konsentrasi logam berat (Cr, Cu, Zn, dan Ni) pada air dan sedimen dan membuat simulasi pencemaran sungai apabila efluen industri yang ada di DAS Citarum Hulu memenuhi baku mutu. Maksud dari penelitian ini adalah mengevaluasi baku mutu sungai dan efluen sebagai upaya untuk memperbaiki kualitas Sungai Citarum Hulu dengan menganalisis beban pencemaran industri terhadap kualitas sungai.

## 2. Metodologi

Pada penelitian ini memperhatikan kriteria yang disyaratkan oleh SNI 8460:2017 [6]. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data *borlog* dan SPT tanah, peta dan *layout* lokasi reklamasi, hasil tes laboratorium tanah serta data material PVD. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap. Identifikasi masalah, penentuan titik pengambilan sampel, pengambilan sampel dan pengukuran konsentrasi logam berat, dan analisis data. Identifikasi masalah dilakukan dengan studi literatur selama penelitian dan pengumpulan data sekunder. Data sekunder yang digunakan adalah Kualitas air Sungai Citarum Hulu 2003-2013 dan jumlah industri di DAS Citarum yang diperoleh dari BPLHD Jawa Barat. Penentuan titik pengambilan sampel dilakukan dengan metode *sampling purposif* berdasarkan observasi lapangan dan studi literatur. Jarak, tutupan lahan, dan penyesuaian dengan lokasi pengambilan sampel BPLHD menjadi faktor penting dalam menentukan lokasi pengambilan sampel. Lokasi pengambilan sampel terlihat pada Tabel 1. Tahap pengambilan sampel dimulai dengan uji kualitas lingkungan air sungai dengan parameter debit, suhu, pH, konduktivitas, kekeruhan, kecerahan, dan DO yang dilakukan langsung di. Data pendukung yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel, warna sungai, dan cuaca pada waktu pengambilan sampel dan sehari sebelumnya. Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan menggunakan *grab sampler* (SNI. 6989.57:2008) secara komposit (sisi kanan, tengah, dan kiri) dan duplo. Sampel air digabungkan dalam botol plastik ukuran 1 lt. Untuk pengukuran logam berat terlarut, sampel disaring menggunakan filter berpori (45 $\mu$ m). Sedangkan untuk logam berat total, sampel tidak disaring. Sampel air diawetkan menggunakan HNO<sub>3</sub> hingga pH 2. Sampel sedimen dimasukkan

dalam plastik zip. Sampel segera disimpan di dalam pendingin dengan temperatur 4°C yang terdapat di Lab. Higiene Industri dan Toksikologi Program Studi Teknik Lingkungan ITB.

**Tabel 1.** Lokasi pengambilan sampel di sepanjang Sungai Citarum Hulu.

Lokasi	Koordinat	Keterangan
<b>D. Cisanti (Gn. Wayang)</b>	7°12'29"LS 107°39'33"BT	Hulu dan tempat mata air Sungai Citarum. Sampel diambil di <i>Outlet</i> danau yang menuju Wangisagara. Lokasi tidak menjadi tempat pembuangan limbah.
<b>Wangisagara</b>	7°04'27"LS 107°44'54"BT	Daerah awal DAS Citarum yang mulai dicemari oleh limpasan dari lahan pertanian dan sedikit industri.
<b>Sapan</b>	6°59'24"LS 107°42'17"BT	Daerah dengan pemukiman, perindustrian, dan pertanian lebih banyak dibandingkan lokasi sebelumnya.
<b>Cijeruk</b>	7°00'19"LS 107°38'26"BT	Daerah perkotaan. Lokasi pengambilan sampel dilakukan setelah outlet IPAL Domestik Bojongsoang.
<b>Cisirung</b>	6°58'44"LS 107°36'32" BT	Daerah perkotaan. Lokasi pengambilan sampel dilakukan setelah outlet IPAL Industri Cisirung
<b>Burujul</b>	6°58'24"LS 107°32'50" BT	Daerah perkotaan.
<b>Nanjung</b>	6°56'12"LS 107°31'33"BT	Daerah perkotaan. Daerah akhir DAS Citarum Hulu sebelum air sungai memasuki Waduk Saguling.

Sebelum dianalisa menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*), sampel diekstraksi terlebih dahulu. Ekstraksi sampel air (SNI 6989.17:2009) dilakukan dengan mencampurkan 50 ml sampel dan 5 ml HNO<sub>3</sub> pekat dalam gelas kimia dan ditutup kaca arloji. Sampel dipanaskan di atas penangas air hingga volume sampel 20 ml. Hasil ekstraksi dimasukkan ke labu ukur dan ditambahkan dengan akuades hingga volume 50 ml. Ekstraksi sampel sedimen (EPA Method 200.2 1994) dilakukan dengan mencampurkan 10 gram sampel sedimen kering dan 30 ml aqua regia dalam gelas kimia dan ditutup kaca arloji. Sampel dipanaskan di atas waterbath sekitar 8 jam hingga terekstraksi. Sampel yang telah disaring dimasukkan ke dalam labu ukur dan ditambahkan dengan HNO<sub>3</sub> 10% hingga volume 50 ml. Hasil ekstraksi dimasukkan ke botol vial kemudian dianalisa menggunakan AAS. Pada penelitian ini, jenis AAS yang digunakan adalah Flame AAS yang terdapat di Laboratorium Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan ITB.

Analisa yang dilakukan meliputi perbandingan konsentrasi logam dalam pada air (bentuk terlarut dan total) dan sedimen, perbandingan jumlah industri yang membuang limbah cair ke Sungai Citarum Hulu dengan konsentrasi logam yang ada pada air dan sedimen di lokasi pengambilan sampel, dan simulasi beban pencemar sungai bila efluen industri memenuhi baku mutu. Parameter fisik dan kimia lingkungan air (temperatur, oksigen terlarut, pH, konduktivitas, kekeruhan, kecerahan, debit, dan profil sungai) diukur karena dapat berhubungan dengan konsentrasi logam berat di sungai dan untuk mengetahui pencemaran sungai secara umum. Nilai konsentrasi logam berat total di air dibandingkan dengan baku mutu yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 kelas 2 (sesuai peruntukan Sungai Citarum Hulu) untuk Cr, Cu, dan Zn dan PerGub 39 Tahun 2000 untuk Ni. Sedangkan konsentrasi logam berat pada sedimen dibandingkan dengan baku mutu OHIO EPA [14] dan ERL-ERM [15] karena belum ada baku mutu kualitas sedimen sungai yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia.

Hasil pengukuran, baku mutu sungai, dan konsentrasi logam berat pada sungai bila seluruh industri membuang limbah cair sesuai baku mutu efluen dibandingkan dan dianalisa secara deskriptif sehingga dapat dievaluasi kemungkinan tercapainya kualitas air sungai sesuai dengan baku mutu dengan kondisi

pencemaran di Sungai Citarum Hulu saat ini atau memperkirakan kebijakan yang dapat dilakukan baik untuk baku mutu pencemar maupu penanggulangan pencemaran. Perkiraan beban logam berat efluen industri terhadap air sungai bila efluen sesuai dengan baku mutu dihitung dengan persamaan konsentrasi campuran yang tertulis dalam **Persamaan (1)**. Perhitungan ini menggunakan dua asumsi kualitas sungai. Asumsi 1, konsentrasi sungai yang digunakan adalah konsentrasi pengamatan sungai 2014. Asumsi 2, kosentrasi sungai yang digunakan adalah konsentrasi baku mutu sungai. Baku mutu efluen industri yang digunakan adalah KepMenLH 51 Tahun 1995. Perhitungan dilakukan terhadap 4 lokasi pengambilan sampel, yaitu Sapan, Cijeruk, Burujul, dan Nanjung. Pemilihan lokasi menyesuaikan dengan persebaran industri pada setiap Sub-DAS. Asumsi data debit efluen pada data industri yang tidak lengkap dilakukan dengan merata-ratakan data debit yang ada.

$$C_c = \frac{\sum(Q_i \times C_i) + (Q_s \times C_s)}{\sum Q_t} \quad (1)$$

dengan:

- C<sub>c</sub> : Konsentrasi campuran sungai dan industri
- C<sub>i</sub> : Konsentrasi efluen industri (100% Baku Mutu Efluen)
- C<sub>s</sub> : Konsentrasi sungai sebelum campuran
- Q<sub>i</sub> : Debit efluen industri (Debit yang diizinkan)
- Q<sub>s</sub> : Debit sungai sebelum campuran
- Q<sub>t</sub> : Debit total sungai dan efluen industri

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Kondisi Fisik Lingkungan Air

Kondisi fisik lingkungan air di sepanjang Sungai Citarum Hulu (yang diwakili oleh 7 lokasi pengambilan sampel) diukur untuk mengetahui pencemaran yang terjadi di sungai secara umum. Uji ini penting dilakukan karena dapat berhubungan dengan pencemaran logam berat yang terjadi. Tabel 2 menunjukkan hasil karakteristik lingkungan air di 7 lokasi pengambilan sampel. Pengambilan sampel dilakukan di waktu yang berbeda. Hal ini mempengaruhi temperatur air sungai. Selain itu, temperatur air juga dipengaruhi oleh temperatur air sungai awal dan air buangan. Temperatur air sungai masih ada dalam rentang yang baik, tidak ada keadaan dimana temperatur ekstrim. Temperatur mempengaruhi reaksi kimia dalam sungai dan dapat mempengaruhi kehidupan biota sungai. Rentang nilai pH pada air sungai adalah 6,6–8,7, kondisi ini masih memenuhi baku mutu sungai PP 82 Tahun 2001. Nilai pH sangat mempengaruhi kelarutan logam berat sehingga adanya perubahan pH berdampak pada banyaknya logam berat pada sedimen.

Konsentrasi oksigen terlarut dalam air merupakan hal vital dalam kehidupan perairan. Oksigen dapat masuk ke dalam air akibat adanya proses fotosintesis tumbuhan air atau proses aerasi. Kandungan oksigen dalam air dipengaruhi oleh temperatur air, tekanan atmosfer, kepekatan garam, dan aktivitas biologis. Rendahnya oksigen terlarut mengindikasikan terjadinya pencemaran. Terlihat dalam Tabel 2, oksigen terlarut cenderung menurun dari lokasi pertama hingga terakhir walaupun pada lokasi Sapan hingga Burujul terjadi sedikit fluktuasi. Oksigen terlarut pada lokasi Sapan hingga Nanjung tidak memenuhi baku mutu yaitu 4 mg/l, sehingga dapat mengindikasikan buruknya ekosistem air di lokasi tersebut.

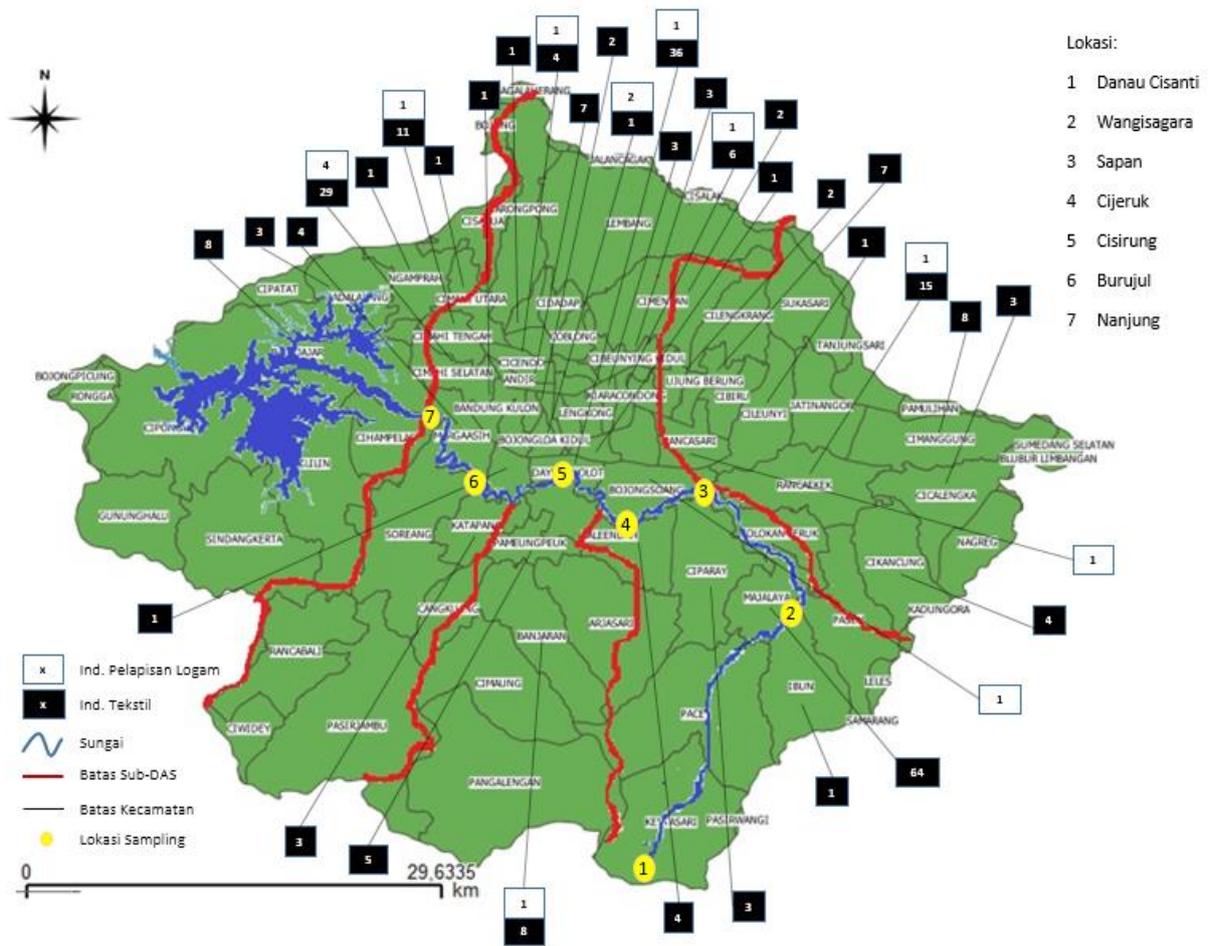
**Tabel 2.** Karakteristik lingkungan air di lokasi pengambilan sampel.

Lokasi	Waktu		T	DO	Kond	pH	TDS	Kecerahan	Kekeruhan	Debit
	Tanggal	Jam	°C	mg/l	uS		ppm	cm	NTU	m <sup>3</sup> /s
<b>D. Cisanti</b>	22/07/14	10.45	23,2	8,08	149,6	6,6	153,8	Dasar	11,3	0,3464
<b>Wangisagara</b>	23/07/14	12.10	27,4	6,48	146,8	6,9	151,1	Dasar	16,2	2,3217
<b>Sapan</b>	23/07/14	17.15	25,3	2,02	276,2	8,7	283	0	11,3	3,9125
<b>Cijeruk</b>	06/08/14	15.50	27,6	2,93	229,6	7,7	235,1	0	277	10,867
<b>Cisirung</b>	06/08/14	12.40	26,3	2,06	456,1	7,8	470,8	26	34	-
<b>Burujul</b>	06/08/14	10.05	26,1	2,18	367,8	8,2	379	26	37,4	10,879
<b>Nanjung</b>	06/08/14	7.50	24,6	1,75	415,6	8	428,2	25	44,8	4,9648

Konduktivitas menggambarkan kemampuan air untuk menghantar arus listrik. Nilai konduktivitas sebanding dengan banyaknya ion di dalam air. Semakin besar kandungan ion logam pada air sungai semakin besar pula nilai konduktivitasnya. Tabel 2 memperlihatkan nilai konduktivitas pada sungai cenderung membesar dari lokasi awal hingga akhir. Begitu pula dengan TDS yang menggambarkan partikel terlarut dalam air. Dari lokasi awal hingga akhir nilai TDS semakin besar kecuali di Cisirung yang lebih besar dibandingkan lokasi Burujul dan Nanjung. Nilai TDS tidak hanya dipengaruhi oleh adanya logam terlarut di air, tetapi dapat juga disebabkan oleh unsur lain. Namun, besarnya nilai TDS akan mempengaruhi kekeruhan dan dapat mengganggu ekosistem perairan dan mempengaruhi kekeruhan/kecerahan. Nilai TDS pada 7 lokasi ini masih memenuhi baku mutu yaitu 1000 mg/l. Limbah cair atau padat yang dibuang ke sungai mempengaruhi kekeruhan dan kecerahan sungai. Berbagai parameter dapat saling berhubungan dan mempengaruhi reaksi yang terjadi di dalam air dan sedimen sungai. Hasil dari berbagai proses yang terjadi di sungai dapat mempengaruhi kecerahan dan kekeruhan air sungai. Semakin besar tingkat kecerahan semakin bersih air dan semakin tinggi nilai kekeruhan semakin kotor air. Lokasi Danau Cisanti dan Wangisagara memiliki nilai kekeruhan kecil, air sungai terlihat jernih sehingga dasar sungai terlihat. Air sungai di lokasi Sapan dan Cijeruk, berwarna coklat pekat. Namun, kekeruhan di lokasi Sapan jauh lebih kecil dibandingkan dengan lokasi Cijeruk dan dapat disebabkan karena Cijeruk merupakan tempat pembuangan dari IPAL domestik. Kurangnya efisiensi dari pengolahan limbah dapat mempengaruhi kekeruhan sungai. Air sungai di lokasi Cisirung berwarna coklat keabu-abuan. Namun, masih dapat diukur kecerahannya menggunakan *Secchi disc* yaitu 26 cm. Lokasi ini menjadi tempat pembuangan limbah IPAL industri. Air sungai di lokasi Burujul dan Nanjung berwarna kehitaman. Kecerahannya diukur menggunakan *Secchi disc* yaitu 26 cm dan 25 cm. Lokasi dengan nilai kekeruhan tertinggi hingga terendah adalah Cijeruk, Nanjung, Burujul, Cisirung, Wangisagara, Sapan, dan D. Cisanti.

### 3.2. Pesebaran Industri di DAS Citarum Hulu

Hadirnya logam berat di sungai disebabkan adanya industri-industri di DAS Citarum Hulu yang mengalirkan efluennya ke sungai. Industri yang sangat berpotensi menghasilkan pencemar logam berat adalah industri yang menggunakan logam berat pada proses produksinya. Jenis industri dengan jumlah terbanyak dan sangat berpotensi membuang logam berat adalah industri tekstil dan pelapisan logam (masing-masing 78% dan 5% dari jumlah industri). Gambar 1 menunjukkan jumlah industri tekstil dan pelapisan logam yang ada di DAS Citarum Hulu.



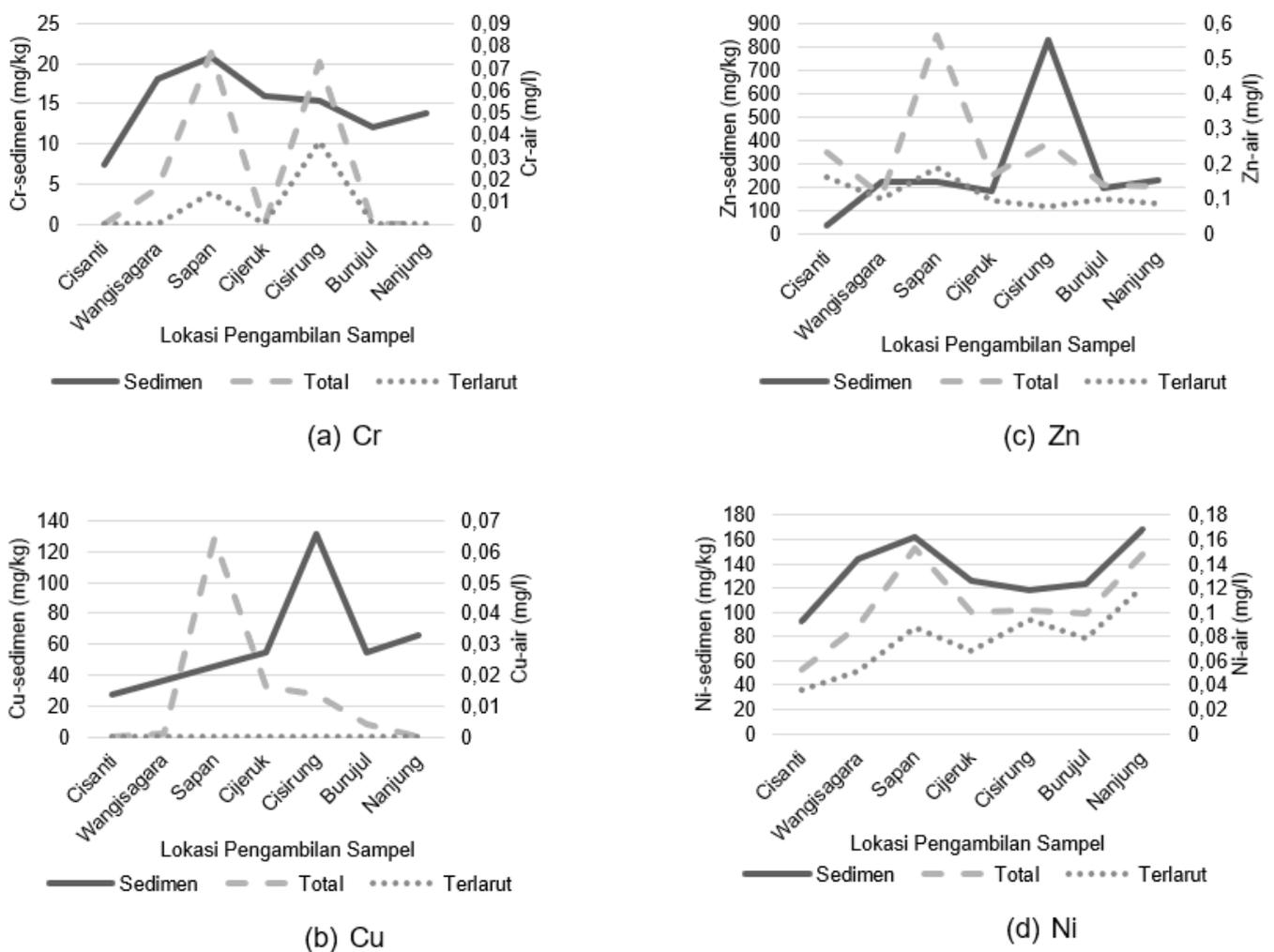
**Gambar 1.** Peta sebaran industri tekstil dan pelapisan logam di DAS Citarum Hulu dan lokasi pengambilan sampel.

### 3.3. Konsentrasi Logam Berat

Penelitian yang telah dilakukan oleh BPLHD Jawa Barat mengenai pencemaran logam berat di sepanjang Sungai Citarum Hulu selama 11 tahun (2003-2013) menunjukkan bahwa pada konsentrasi logam berat Cr, Cu, Zn, dan Ni pada umumnya melewati baku mutu pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 kelas 2. Namun, pada tahun 2011 dan 2012 tidak dilakukan pengukuran terhadap logam berat tersebut karena pada pemantauan tahun sebelumnya konsentrasi logam berat kecil. Pengukuran konsentrasi logam berat pada sungai yang dilakukan oleh pemerintah (BPLHD Jawa Barat) hanya dilakukan pada air sungai. Pada penelitian kali ini, pengukuran konsentrasi logam dilakukan pada air (baik terlarut maupun total) dan sedimen sungai. Gambar 2 memperlihatkan konsentrasi logam pada setiap lokasi pengambilan sampel.

Cr merupakan logam yang digunakan sebagai zat pewarna utama pada industri tekstil dan bahan pelapis logam pada industri pelapisan logam. Logam Cr dalam bentuk total pada air lebih besar dibandingkan dalam bentuk terlarut karena bentuk terlarut adalah bagian dari total. Rendahnya logam bentuk terlarut dibandingkan bentuk tercampur menyebabkan semakin banyaknya logam yang akan mudah mengendap karena ukuran partikel lebih besar. Sapan dan Cisirung merupakan lokasi dengan konsentrasi Cr terbesar, hal ini disebabkan karena Sapan menerima limbah cair dari kecamatan dengan industri tekstil terbanyak dan Cisirung merupakan lokasi yang menerima limbah cair dari IPAL industri

gabungan yang mengolah banyak industri tekstil. Kurangnya efisiensi IPAL akan membuat pencemaran pada titik tersebut membesar. Hadirnya Cr di Danau Cisanti dapat disebabkan oleh faktor alami. Sapan, Cijeruk, dan Cisirung merupakan lokasi dengan konsentrasi Cr di sedimen tertinggi. Berbeda dengan Sapan dan Cisirung, konsentrasi Cr pada air di Cijeruk sangat rendah. Hal ini dapat disebabkan karena pH air lokasi ini mendekati pH optimum Cr untuk mengendap [16]. Cr merupakan logam berat yang paling banyak dihasilkan industri tekstil yang merupakan industri dengan jumlah terbanyak di DAS Citarum Hulu. Baku mutu yang ditentukan adalah untuk Cr<sup>6+</sup> yaitu 0,05 mg/l. Dibandingkan dengan baku mutu tersebut, konsentrasi Cr di sungai ini tidak terlalu tinggi kecuali pada lokasi Sapan dan Cisirung yang melebihi baku mutu tersebut. Dibandingkan dengan baku mutu, konsentrasi Cr di sedimen di sepanjang sungai masih memenuhi baku mutu.



**Gambar 2.** Konsentrasi logam berat sepanjang Sungai Citarum Hulu a. Cr b. Cu c. Zn d. Ni.

Cu digunakan sebagai bahan pembantu zat pewarna tekstil. Pada industri pelapisan logam, peralatan yang digunakan pada umumnya mengandung Cu yang dapat masuk ke dalam proses produksi dan ikut terbuang ke sungai. Logam Cu yang terkandung pada air dalam bentuk total lebih besar dibandingkan dalam bentuk terlarut. Bahkan, tidak terdeteksi adanya logam Cu dalam bentuk terlarut. Nilai pH optimum untuk mengendap adalah 9-10,3 (berikatan dengan hidroksida) dan 8,5 (berikatan dengan sulfida). Sapan merupakan lokasi dengan pH mendekati pH optimum pengendapan. Namun,

terlihat pada Gambar 2 konsentrasi Cu pada air di lokasi ini masih cukup tinggi dan pada sedimen cukup rendah. Hal ini dapat disebabkan partikel Cu sudah terbentuk namun masih terbawa arus. Pada lokasi setelahnya, Cu di sedimen meningkat dan Cu di air menurun. Hal ini dapat terjadi bila pH sebelum pengambilan sampel sering mencapai pH optimum pengendapan atau partikel logam yang sudah siap mengendap terbawa dari lokasi sebelumnya ke lokasi ini. Dibandingkan dengan baku mutu, hanya konsentrasi Cu di air lokasi Sapan yang telah melewati batas aman. Dibandingkan dengan baku mutu sedimen, hanya lokasi Danau Cisanti yang masih berada di bawah batas aman.

Zn merupakan bahan pelapis dasar dalam proses pelapisan logam. Logam Zn yang terkandung pada air dalam bentuk total sedikit lebih tinggi dibandingkan bentuk terlarut. Hal ini berarti sebagian besar logam berada dalam bentuk terlarut, kecuali di lokasi Cisirung. Sama seperti logam Cu, konsentrasi Zn pada air tertinggi terdapat pada lokasi Sapan dan pada sedimen terdapat pada Cisirung. Kondisi pH di sepanjang sungai tidak ada yang mencapai pH optimum Zn untuk mengendap yaitu 10,2 [16]. Hal ini dapat terjadi bila Cu terbawa arus air hingga ke lokasi Cisirung dan mengendap di lokasi tersebut. Dibandingkan dengan baku mutu air, konsentrasi Zn di sepanjang sungai telah berada di luar batas aman. Dibandingkan dengan baku mutu sedimen, hanya lokasi Danau Cisanti yang masih berada di bawah batas aman. Penelitian yang dilakukan oleh [4] menunjukkan semakin tingginya konsentrasi logam Cr, Cu, dan Zn pada air setelah menerima efluen dari industri tekstil. Hal ini mendukung hasil penelitian yang menemukan bahwa Sapan yang merupakan daerah dengan industri tekstil terbanyak memiliki konsentrasi Cr, Cu, dan Zn tertinggi.

Ni banyak digunakan oleh industri cat, tekstil, dan pelapisan logam. Industri pelapisan logam merupakan industri yang menggunakan Ni sebagai salah satu bahan utama produksi. Logam Ni yang terkandung pada air dalam bentuk total lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk terlarut. Sapan merupakan lokasi dengan konsentrasi Ni tertinggi di air, sedangkan konsentrasi Ni tertinggi pada sedimen adalah Nanjung dan Sapan. pH optimum untuk Ni mengendap adalah 10-11 dan tidak ada lokasi dengan pH mendekati pH tersebut. Logam Ni pada Sapan dapat terbawa arus hingga mengendap di lokasi setelahnya. Adanya perubahan-perubahan kecil pada nilai pH, dapat memberikan pengaruh besar terhadap kelarutan logam ini. Tingginya konsentrasi Ni baik pada air maupun sedimen dapat terjadi secara alami atau adanya pelapukan batuan. Bila dibandingkan dengan PerGub Jabar No 39 Tahun 2000, konsentrasi Ni di sepanjang sungai masih memenuhi baku mutu yaitu 0,5 mg/l. Bila dibandingkan dengan baku mutu sedimen, konsentrasi Ni di sepanjang sungai telah melewati batas aman.

#### 3.4. Simulasi Beban Pencemar Sungai

Dilakukan perbandingan antara konsentrasi logam berat pada baku mutu sungai dengan konsentrasi logam berat pada sungai apabila semua industri membuang efluen sesuai dengan baku mutu efluen industri. Terlihat pada Tabel 3, bahwa pada lokasi Sapan dan Cijeruk, apabila industri membuang efluen sesuai baku mutu efluen dan konsentrasi logam berat pada sungai sebelum titik tersebut sesuai dengan data pengamatan (asumsi 1), konsentrasi logam berat Cr, Cu, Zn, dan Ni tetap melebihi baku mutu sungai. Sedangkan jika mengasumsikan konsentrasi logam berat pada sungai sebelum Sapan memenuhi baku mutu sungai (asumsi 2) dan efluen industri memenuhi baku mutu efluen, konsentrasi pada logam Cr<sup>6+</sup>, Cu, Zn, dan Ni mendekati baku mutu sungai tetapi tidak melewati baku mutu.

Dibandingkan dengan konsentrasi logam berat di sungai pada pengamatan 2014, konsentrasi logam menggunakan asumsi 1 dan asumsi 2 dapat berada di atas atau di bawahnya. Konsentrasi pengamatan 2014 yang lebih tinggi dapat disebabkan industri membuang efluen dengan konsentrasi yang lebih besar dari baku mutu. Pada asumsi 1 hal ini terjadi pada Sapan (Cu, Zn, dan Ni), Nanjung (Ni). Pada asumsi 2 hal ini terjadi pada logam Cu di Sapan dan pada logam Zn di keempat lokasi. Kejadian sebaliknya dapat terjadi karena industri mengeluarkan efluen lebih kecil dari baku mutu.

Dibandingkan dengan data BPLHD, konsentrasi logam menggunakan asumsi 1 dan asumsi 2 dapat berada di atas atau di bawahnya. Data pengamatan BPLHD lebih tinggi dari data konsentrasi logam berat di sungai menggunakan asumsi 1 terjadi pada logam Cu di lokasi Sapan, Burujul, dan Nanjung dan pada logam Zn di lokasi Sapan. Bila menggunakan asumsi 2, kejadian ini terjadi pada logam Cu di Burujul dan Nanjung dan pada logam Zn terjadi di keempat lokasi. Data BPLHD lebih tinggi dari data konsentrasi sungai menggunakan asumsi 1 dan 2 dapat terjadi karena industri lebih sering membuang efluen dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari baku mutu. Perbedaan nilai yang cukup besar antara pengamatan 2014 dan pengamatan BPLHD menunjukkan diperlukannya evaluasi sistem monitoring agar dapat menggambarkan kualitas sungai yang lebih akurat.

**Tabel 3.** Konsentrasi logam berat pada baku mutu sungai, saat industri memenuhi baku mutu efluen, hasil pengamatan, dan data BPLHD di sepanjang Sungai Citarum Hulu.

Lokasi	Baku Mutu Sungai				Konsentrasi Sungai Menggunakan -								
					Asumsi 1				Asumsi 2				
					(100% BM Efluen Industri)				(100% BM Efluen Industri)				
	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Zn	Ni	Cr	Cu	Zn	Ni	Cr	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Zn	Ni
Sapan					0,172	0,004	0,094	0,09	0,200	0,045	0,020	0,046	0,416
Cijeruk	0,05	0,02	0,05	0,5	0,088	0,063	0,556	0,556	0,061	0,049	0,020	0,049	0,493
Burujul					0,04	0,015	0,152	0,152	0,097	0,045	0,018	0,046	0,455
Nanjung					0,024	0,005	0,138	0,137	0,118	0,044	0,019	0,046	0,441

Lokasi	Konsentrasi Sungai											
	Pengamatan BPLHD (2003-2013)								Pengamatan 2014			
	Cr <sup>6+</sup>		Cu		Zn		Ni		Cr	Cu	Zn	Ni
	Rata-rata	Std. Dev.	Rata-rata	Std. Dev.	Rata-rata	Std. Dev.	Rata-rata	Std. Dev.				
Sapan	0,005	0,010	0,015	0,021	0,123	0,110	0,052	0,125	0,077	0,064	0,563	0,1535
Cijeruk	0,004	0,008	0,011	0,018	0,099	0,088	0,019	0,030	td	0,016	0,165	0,1
Burujul	0,018	0,037	0,018	0,023	0,102	0,150	0,039	0,088	td	0,004	0,141	0,099
Nanjung	0,019	0,046	0,019	0,025	0,099	0,132	0,027	0,069	0,0005	0	0,137	0,148

#### 4. Kesimpulan

Sumber pencemar logam berat Sungai Citarum Hulu adalah industri tekstil dan pelapisan logam. Sungai Citarum Hulu mengandung logam berat Cr, Cu, Zn, dan Ni baik pada air maupun sedimen sungai. Konsentrasi logam berat pada sedimen lebih besar dari konsentrasi pada air. Pada air, konsentrasi logam terlarut lebih kecil dibandingkan dengan logam total. Daerah dengan konsentrasi logam berat tertinggi adalah Sapan dan Cisirung. Hasil simulasi beban pencemar sungai menunjukkan bahwa bila industri mengeluarkan efluen sesuai dengan baku mutu efluen industri, baku mutu sungai pada beberapa logam di beberapa daerah tetap tidak tercapai, seperti pada logam Cr di Sapan dan Cijeruk, Cu di Cijeruk, Zn di keempat lokasi, dan Ni di Cijeruk bila menggunakan asumsi 1. Sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap sistem monitoring dan baku mutu sungai dan efluen.

## Daftar Pustaka

- [1] Marganingrum, D., Roosmini, D., Pradono, dan Sabar, A. Diferensiasi Sumber Pencemar Sungai Menggunakan Pendekatan Metode Indeks Pencemaran (Studi Kasus: Hulu DAS Citarum). *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. 2013; 23 (1), 41-52.
- [2] Citarum Stakeholders. *Institutional Strengthening for Integrated Water Resources Management (IWRM) In The 6 Cl's River Basin Territory – Package B*. B1 Report – Citarum Stakeholders Analysis. 2010.
- [3] Sudarmaji, J., Mukono, I.P., dan Corie. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 2. 2006.
- [4] Andarani, P., dan Roosmini, D. Heavy Metal (Cu, Cr, And Zn) Pollution Profiles in Surface Water and Sediments Around Textile Industry PT. X (Cikijing River). *8th International Water Symposium South East Asia Water Environment (SEAWE)*.Thailand. 2009.
- [5] Fullazzaky, M. Water Quality Evaluation Sytem to Assess the Status and the Suitability of the Citarum River Water to Different Uses. *Environ Monit Assess*. 2010; 168, 669-684.
- [6] Riani, E., Sudarso, Y., dan Cordova, M. Heavy Metals Effect on Unviable Larvae of *Dicrotendipes simpsoni*, a Case Study from Saguling Dam, Indonesia. *Journal of the Bioflux Society* 7, Issue 2, 2014.
- [7] Maslukah, L. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. [Tesis]. Program Studi Ilmu Kelautan Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor. 2006.
- [8] Sun, j., Rong, J., Zheng, Yi., dan Ma, D. Risk Assessment of Heavy Metal Contaminated Dagu River Sediments. *Journal of Procedia Environmental Sciences*. 2011; 8, 764-772.
- [9] Roosmini, D., Rachmatiah, I., Suharyanto, Soedomo, A., dan Hadisantosa, F. *Biomarker as an Indicator of River Water Quality Degradation*. PROC. ITB Eng. Science, 38 B (2) 2006, 114-122.
- [10] Hongyi, N., Wenjing, D., Qunhe, W., dan Xingeng, C. Potential Toxic Risk of Heavy Metal from Sediment of the Pearl River in South China. *Journal of Environmental Sciences*. 2009; 21, 1053-1058.
- [11] Varol, m. dan Sen, B. Assessment of Nutrient and Heavy Metal Contamination in Surface Water and Sediment of The Upper Tigris River, Turkey. *Journal of Catena*. 2012; 92, 1-10.
- [12] Barakat, A., Baghdadi, El., Rais, R., dan Nadem, S. Assessment of Heavy Metal in Surface Sediment of Day River at Beni-Mellal Region, Morocco. *Journal of Environmental and Earth Sciences*. 2012; 4, 797-808.
- [13] Yi, Y., Yang, Z., dan Zhang, S. Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Fishes in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River Basin. *Journal of Environmental Pollution*. 2011; 159, 2575-2585.
- [14] EPA. *Guidance on Evaluating Sediment Contaminant Result*. Ohio. 2010.

- [15] Long, E. R., D. D. MacDonald, S. L. Smith, dan Calder. Incidence of Adverse Biological Effects Within Ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments. *Environmental Management*. 1995; 19(1), 81-97.
- [16] Eckenfelder, W. W. *Industrial Water Pollution Control*. McGraw Hill. 2002.

