

UJI TOKSISITAS AKUT PADA IPAL TERPADU KAWASAN INDUSTRI TEKSTIL TERHADAP *Daphnia magna* DI DAYEUEHKOLOT

*ACUTE TOXICITY TEST OF WWTP INTEGRATED INDUSTRIAL TEXTILE AREA WITH *Daphnia magna* AT DAYEUEHKOLOT*

^{1*} Arnis Tiara Ayu, dan ² Dwina Roosmini

^{1,2} Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

* ¹arnis.tiara.ayu@students.itb.ac.id, dan ²dwina.roosmini@yahoo.com

Abstrak: Terdapat sekitar 800 industri tekstil yang berada di Kabupaten Bandung dan membuang limbahnya langsung ke Sungai Citarum. Hal ini membuat kondisi Sungai Citarum berada pada status tercemar berat. Di Dayeuhkolot sendiri terdapat IPAL kawasan yang mengelola limbah dari 26 Industri tekstil di sekitarnya dan membuang efluennya ke Sungai Citarum. Pengawasan secara fisika dan kimia belum sepenuhnya dapat mewakili dampak limbah tersebut bagi lingkungan khususnya bagi makhluk hidup. Oleh karena itu diperlukan monitoring secara biologis yang berkaitan dengan makhluk hidup. Salah satu monitoring yang dapat dipakai adalah uji toksisitas akut (Whole Effluent Toxicity) untuk mengevaluasi kinerja IPAL agar efluennya dapat memenuhi baku mutu. Uji ini terdiri dari dua tahap yaitu uji pendahuluan (range finding test) dan uji definitif. Melalui uji ini didapatkan nilai LC50. Hewan uji yang digunakan adalah *Daphnia magna*. Sebelum uji toksisitas akut dilakukan uji karakterisasi terlebih dahulu. Dari uji karakterisasi didapatkan beberapa parameter berada di atas baku mutu dan dapat bersifat toksik. Nilai LC50 sementara yang didapat hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat dan Sabtu adalah 16,8%, 31,9%, 37,5%, 32%, 34,4%, dan 29,3%. Nilai LC50 sementara tidak terlalu berbeda atau tidak berfluktuatif dan masih dalam rentang konsentrasi yang sama. Lalu dilakukan uji definitif sehingga di dapat nilai LC50 aktual. Nilai LC50 aktual dari hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat dan Sabtu adalah 13,73%, 52,24%, 28,55%, 56%, 47,06%, dan 21,99%. Dan nilai TUa dari keenam sampel >1 sehingga tergolong toksik dan belum aman dibuang ke lingkungan.

Kata kunci: *Daphnia magna*, evaluasi IPAL, industri tekstil, LC50, uji toksisitas akut

Abstract : There are about 800 textile industries that located in Bandung and discharge their wastewater directly into the Citarum River. This made the condition of the Citarum River was in heavily polluted status. In Dayeuhkolot there is WWTP area that treated wastewater from 26 textile industry around it and discharge its effluent into the Citarum River. Physical and chemical monitoring can't fully represent the impact of waste on the environment, especially for living things. Therefore it's necessary to performed biological monitoring that related to living things. One of method of biological monitoring that we can use is acute toxicity test (Whole Effluent Toxicity) to evaluate the performance of the WWTP so its effluent meet quality standards. This test consists of two stages: the preliminary test (range finding test) and the definitive test. Through this test we could obtaine LC50 values. Test animals that be used is *Daphnia magna*. Before the acute toxicity tests, characterization test is conducted. From characterization test is obtained some parameters are above the standards and toxic. LC50 values that is obtained in Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday and Saturday were 16.8%, 31.9%, 37.5%, 32%, 34.4%, and 29.3%. LC50 values were not being too different or not fluctuated and still in the same concentration range. Then from definitive test we can obtained actual LC50 values. Actual LC50 values from Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday and Saturday were 13.73%, 52.24%, 28.55%, 56%, 47.06%, and 21.99%. And the TUa values from these six samples were >1 so relatively toxic and is not yet safe discharged into the environment.

Key words: acute toxicity test, *Daphnia magna*, LC50, textile industry, WWTP evaluation

PENDAHULUAN

Sungai Citarum adalah sungai yang mengalir melewati 11 (sebelas) Kabupaten dan Kota di Provinsi Jawa Barat. Salah satunya adalah Kabupaten Bandung yang berada di hulu Sungai Citarum. Menurut PSDA (2012) status Sungai Citarum sekarang ini sudah tergolong kategori tercemar berat. Status lingkungan sungai Citarum Hulu berada dalam akibat pencemaran limbah pabrik tekstil serta pabrik lainnya yang terletak di kanan-kiri sungai (Indra, 2013).

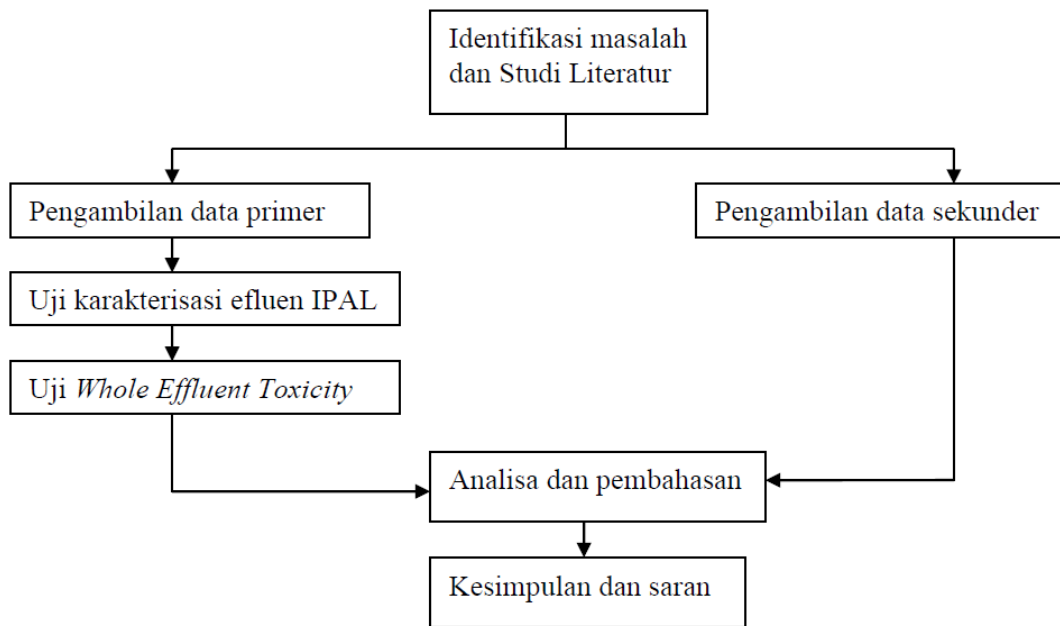
Di Kabupaten Bandung sendiri terdapat kurang lebih sekitar 800 pabrik tekstil beroperasi di wilayah tersebut. Beberapa proses pada industri tekstil menghasilkan baik limbah organik atau limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) dalam bentuk limbah cair. Limbah organik yang dihasilkan dari industri tekstil mampu merubah nilai pH, atau meningkatkan kadar BOD dan COD dalam badan air. Kebanyakan industri tekstil juga menghasilkan limbah logam berat yang termasuk dalam kategori berbahaya. Beberapa industri sudah memiliki IPAL untuk mengolah limbahnya, kemudian limbah tersebut dibuang langsung ke badan sungai. Tetapi tingkatan konsentrasi bahan pencemar dari berbagai jenis polutan di Sungai Citarum nilainya lebih tinggi dari standar normal atau baku mutu (Birry & Meutia, 2012).

Terkadang pemantauan parameter fisika dan kimia saja tidaklah cukup. Kita belum mengetahui apakah efek parameter tersebut bagi organisme di lingkungan walaupun sudah sesuai baku mutu. Harus dilakukan pemantauan secara biologi juga untuk melihat dampak limbah tersebut terhadap makhluk hidup. Oleh karena itu, pada penelitian akan dilakukan pemantauan kualitas air tidak hanya secara fisika-kimia tetapi dengan melakukan uji toksisitas limbah terhadap IPAL Terpadu Kawasan Industri Tekstil di Dayeuhkolot yang mengalirkan efluennya langsung ke Sungai Citarum.

Uji toksisitas merupakan salah satu bentuk pemantauan secara biologi dan penelitian toksikologi perairan. Uji tersebut berfungsi untuk mengetahui apakah efluen yang masuk ke badan air penerima mengandung senyawa toksik dalam konsentrasi tertentu menyebabkan kematian hewan uji yang dinyatakan dalam nilai LC50. Pada penelitian ini sendiri akan dilakukan uji toksisitas dengan menggunakan *Static Methode*. Setelah mengetahui nilai LC50 dan karakteristik efluen, dapat dilakukan evaluasi terhadap kinerja IPAL agar efluen memenuhi baku mutu dan aman bagi lingkungan sekitar.

METODOLOGI

Penelitian diawali dengan identifikasi masalah dan studi literatur. Kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data primer dan data sekunder. Data primer yang didapat dari hasil uji *Whole Effluent Toxicity* (LC50–96 jam) dan pengukuran beberapa parameter fisika kimia efluen IPAL Kawasan X, dan data sekunder yang didapat dari literatur, hasil wawancara dan gambaran umum IPAL. Penelitian dilakukan di Laboratorium Higiene Industri dan Toksikologi Teknik Lingkungan ITB. Metodologi penelitian ini dijabarkan pada **Gambar 1** di bawah ini.



Gambar 1 Metodologi penelitian

Karakterisasi Efluen IPAL Kawasan

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah efluen limbah cair IPAL Terpadu Kawasan Industri Tekstil di Dayeuhkolot. Pengambilan sampel untuk menentukan karakteristik efluen limbah cair dilakukan sebanyak dua tahap. Tahap pertama pengambilan sampel dilakukan untuk menentukan karakteristik efluen secara umum dan menentukan parameter fisika-kimia yang melebihi baku mutu sesuai dengan KepMenLH No. 51 Tahun 1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri. Pada tahap ini pengambilan sampel dilakukan secara *grab sampling*. *Grab sampling* adalah metode pengambilan contoh air sesaat, yaitu contoh air yang diambil dilakukan hanya satu kali pengambilan. Pengambilan sampel dengan tipe ini cocok dilakukan pada waktu dan peralatan yang terbatas. Tetapi kemungkinan untuk mengetahui variasi limbah yang dikeluarkan oleh perusahaan sangat bergantung dari frekuensi pengambilan sampel yang dilakukan. Oleh karena itu, sampel diambil pada saat hari kerja dimana satu hari dilakukan tiga kali pengambilan sampel agar sampel representatif. Parameter yang ada diukur yaitu TSS, pH, Fenol total, COD, Cr, dan Amonia total. Tahap pertama ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi kinerja IPAL tersebut secara parameter fisika-kimia dan menentukan waktu sampel tahap kedua.

Pengambilan tahap kedua dilakukan untuk uji toksisitas dan diperiksa juga karakteristik efluennya. Pengambilan sampel dilakukan selama enam kali yaitu hari Senin-Sabtu dan dilakukan secara *composit* penggabungan dari sampel tiga waktu memasukkan limbah ke IPAL. Hal ini dilakukan karena pada karakteristik awal parameter pada limbah tidak berfluktuatif jika dilihat dari karakteristik tes dan pada saat memasukkan limbah merupakan saat beban pengolahan paling tinggi. Menurut data sekunder yang ada debit masukkan limbah ke IPAL merata dari hari Senin hingga Sabtu, dan menurun pada hari Minggu. Pengambilan tahap kedua dilakukan untuk uji toksisitas dan didapat efisiensi kinerja pengolahan IPAL dari segi toksisitas. Pada sampel yang diambil pada tahap kedua, parameter yang diukur adalah parameter yang melebihi baku mutu pada tahap pertama dan parameter fisika-kimia tambahan yang diukur, yaitu konduktivitas, alkalinitas, kesadahan dan salinitas. Parameter tersebut merupakan parameter yang disarankan oleh USEPA (2002) yang diukur selama uji toksisitas dan diuji agar dapat bisa menentukan parameter mana yang paling berpengaruh dalam toksisitas. Metode pengukuran parameter-parameter tersebut dijelaskan di **Tabel 1** di halaman berikut.

Tabel 1 Parameter fisik-kimia yang diukur

Parameter	Pengukuran
pH	SNI 06-6989.11-2004
Temperatur	SNI 06-6989.23-2005
TSS	SNI 06-6989.26-2005
DO, Salinitas, Konduktivitas	SNI 06-6989.14-2004, SNI 06-6989.1-2004
Kesadahan	SNI 06-6989.12-2004
Alkalinitas	SM 2320-B
Ammonia	SNI 06-6989.30-2005
COD	SNI 06-6989
Krom Total	SNI 6989.17:2009
Fenol Total	SNI-06-6989.21-2004
Sulfida	SNI 6989.70:2009
BOD5	SNI 6989.72:2009

Kultur Hewan Uji

Organisme yang digunakan untuk uji pada penelitian ini adalah *Daphnia magna*. *Daphnia* digunakan karena memiliki siklus hidup yang relatif singkat, dapat dilakukan pada luas ruangan yang terbatas, dapat diaklimatisasikan pada kondisi laboratorium dan sensitif pada berbagai bahan pencemaran ekosistem perairan. Sebelum digunakan dalam uji toksistas, hewan uji tersebut harus melalui tahap kultur terlebih dahulu di Laboratorium Higiene Industri Teknik Lingkungan ITB minimal selama empat minggu dalam akuarium kaca berukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm. Hal ini dilakukan agar *Daphnia magna* dapat beradaptasi dengan lingkungan laboratorium dan pada saat uji toksistas tidak mati karena faktor perubahan lingkungan sekitar. Media yang digunakan adalah mineral (merk: AQUA). Pada saat proses kultur ini, *Daphnia magna* diberi makan tiap dua hari sekali dengan menggunakan ragi yang dicairkan. Dan dilakukan penambahan air dan pemindahan jika dirasa organisme yang berada di satu akuarium sudah terlalu banyak.

Uji Toksisitas Akut

Uji toksistas pada penelitian ini menggunakan hewan uji *Daphnia magna* yang dilakukan dalam rentang 24-96 jam. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah *Whole Effluent Toxicity* (WET) – *static non-renewal*. Pada uji ini dilakukan pada serangkaian konsentrasi sampel limbah tanpa adanya penggantian air uji dan dilakukan di dalam laboratorium. Serangkaian konsentrasi sampel limbah dilakukan dengan mengencerkan larutan uji sesuai dengan persentase tertentu dan dimasukkan ke dalam gelas uji yang disusun secara berurutan lalu dimasukkan hewan uji agar terpapar sampel. Dalam uji ini terdapat dua tahapan, yaitu *range finding test* dan *definitive test*.

Uji pendahuluan atau *range finding test* terdiri dari control dan minimal lima konsentrasi effluent yang dilakukan sebanyak empat replikat (USEPA, 2002). Konsentrasi effluent yang digunakan adalah 100%, 50%, 25%, 12,5%, dan 6,25%. Uji ini diterima apabila hewan yang bertahan minimal mencapai 90% (USEPA 2002). Apabila dalam satu jam pertama terdapat kematian pada konsentrasi 100% atau 50%, harus dilakukan penambahan konsentrasi yaitu 3,1%, 1,8%, dan 0,6%. Lalu didapat nilai LC50 sementara dari uji ini. Selanjutnya, dilakukan uji definitif menggunakan kontrol dan lima variasi konsentrasi yang berada dalam rentang LC50 uji pendahuluan. Dengan menggunakan program statistik Probit, akan didapatkan nilai LC50 96 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Efluen IPAL Industri Tekstil

Teknologi proses produksi dalam industri tekstil pada umumnya dapat dilakukan secara proses kering atau proses basah. Proses kering dilakukan dalam industri tekstil tidak memerlukan

air sebagai medium proses, tetapi hanya digunakan sebagai bahan pembantu saja. Yang termasuk dalam proses kering tekstil antara lain adalah proses pembuatan benang (pemintalan), pembuatan kain (pertenunan), perajutan dan pembuatan kain jadi (garment). Proses penyempurnaan tekstil merupakan proses basah yang meliputi industri tekstil pemutihan, pencelupan, pencapan. Proses penyempurnaan meliputi proses penghilangan kanji, pemasakan, penggelantangan, mercerisasi, pencelupan, pencapan, pencucian, penyempurnaan akhir, dan lain-lain (H. R. Jones dalam Moertinah, 2008). Tahap-tahap proses penyempurnaan yang menimbulkan limbah cair terdapat pada **Tabel 2** berikut ini.

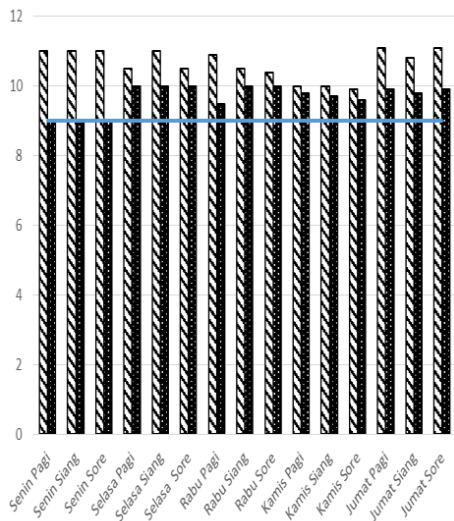
Tabel 2 Tahapan proses penyempurnaan beserta bahan baku dan limbahnya

Masukan	Proses	Keluaran
Air, Amilase, Rapidase, Garam dapur dan pembasah anionic	<i>Desizing</i> (penghilangan kanji)	Limbah cair (T, pH, BOD, COD, TSS)
Soda kostik, Soda abu, Zat pembasah, Pencuci anionic dan surfaktan	<i>Scouring</i> (pemasakan)	Limbah cair (T, pH, BOD, COD, TSS, phenol)
H ₂ O ₂ /NaOCl/CaOCl ₂ , Na-Silikat, NaOH, Na-Bisulfit, HCl dan Pembasah anionic	<i>Bleaching</i> (penggelantangan)	Limbah cair (T, pH, BOD, TSS)
Air, NaOH dan pembasah tahan alkali	<i>Mercerizing</i> (mercerisasi)	Limbah cair (T, pH, TSS)
Zat warna (direct, naftol, belerang, disperse, reaktif, pigmen) dan bahan kimia lain	<i>Dyeing</i> (pewarnaan)	Limbah cair (T, pH, BOD, COD, TSS, warna, amoniak, sulfide, Cr total)
Resin anti kusut, resin anti mengkeret, katalis dan zat pelemas	Proses Akhir (penyempurnaan, <i>calendering, inspecting, packaging</i>)	Limbah cair (Bahan organik)

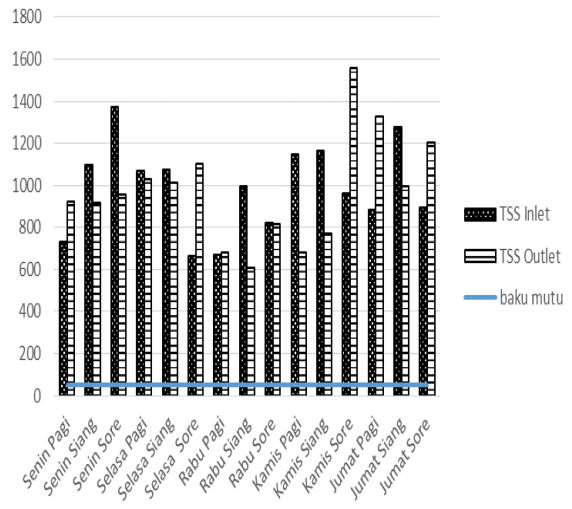
(Sumber: Moertinah, 2008)

Berdasarkan karakteristik umum tersebut dilakukan pengolahan secara biologi dan fisika di IPAL Kawasan Industri Tekstil di Kabupaten Bandung. Proses biologi sendiri dilakukan secara anaerob, lalu kemudian secara aerob dengan menggunakan aerasi. Lalu dilakukan proses fisika pada unit sedimentasi atau pengendapan lalu outlet akan dialirkan langsung ke badan sungai Citarum melalui gorong-gorong. Beberapa lumpur yang dihasilkan pada tahap pengendapan akan dikembalikan pada tahap awal atau ekualisasi dan sebagian besar akan diolah ada pengolahan lumpur atau *sludge drying bed*. Selain penambahan lumpur hasil pengendapan pada tahap ekualisasi juga ditambahkan mikroba yang dapat bertahan hidup pada pH ekstrim.

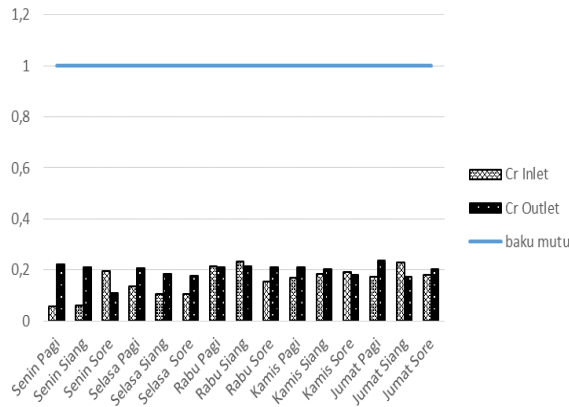
Untuk uji karakteristik kimia dilakukan pengambilan sampel pada saat hari kerja yaitu hari Senin-Jumat. Sampel yang diuji adalah influen dan efluen IPAL Kawasan Industri Tekstil. Parameter fisika-kimia yang diuji berdasarkan KepMenLH No. 51 Tahun 1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri untuk industry tekstil yaitu TSS, pH, Fenol total, COD, Cr, dan Amonia total. Hasil uji karakteristik kualitas terlihat pada **Gambar 2** di bawah ini.



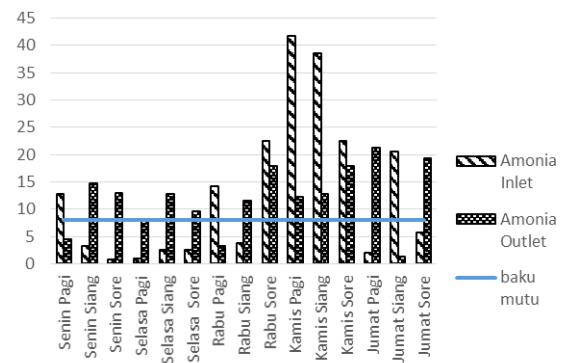
(a) pH



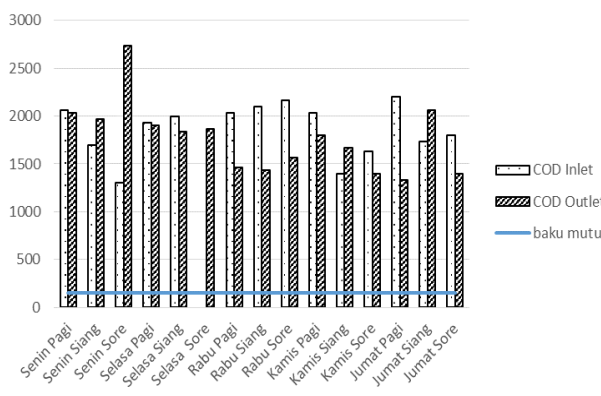
(b) TSS



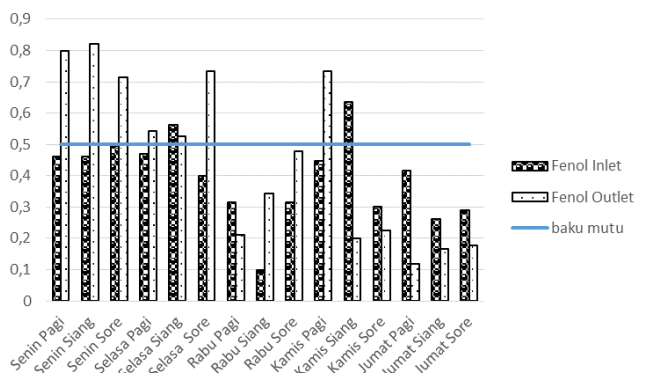
(c) Cr



(d) Amonia



(e) COD



(f) Fenol

Gambar 2 Karakteristik inlet dan outlet IPAL Kawasan Industri Tekstil

Pada parameter pertama yaitu pH, dapat terlihat bahwa parameter tersebut masih di atas baku mutu. Nilai pH influen dan efluen IPAL berada di atas 9 atau bersifat basa, sedangkan nilai baku mutu berada dalam rentang 6-9. Hal ini dapat diakibatkan karena dalam pengolahannya

industri tekstil banyak menggunakan senyawa alkali seperti dalam pemasakan, pencelupan, dan pengelentangan. Pada saat pewarnaan agar reaksi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan penambahan alkali atau asam sehingga mencapai pH tertentu. Jika dilihat dari grafik, nilai pH baik influen maupun efluen cenderung tidak terlalu berfluktuasi. Nilai pH sempat berada di atas nilai 11, yaitu pada hari Jumat. Pada IPAL kawasan tersebut digunakan hanya proses biologi. Setelah melakukan pengujian karakteristik, pengolahan tersebut ternyata efisiensi untuk mengurangi pH masih sangat kecil atau masih di bawah 50%. Perbedaan nilai pH influen dan efluen masih kecil. Tetapi tidak terdapat efisiensi yang bernilai negatif dalam parameter pH. Pada IPAL kawasan industri tersebut dinyatakan bahwa mereka menggunakan hanya proses biologi dan fisika saja. Pada proses biologi kita berurusan dengan makhluk hidup sehingga kita harus memastikan bahwa kondisinya optimum. Nilai pH sendiri merupakan faktor kunci bagi pertumbuhan mikroorganisme. Secara umum mikroorganisme tumbuh pada pH netral. Tetapi terdapat mikroorganisme yang dapat hidup pada kondisi ekstrim, yaitu hidup pada pH 9,5. Apabila hanya akan dilakukan proses biologi saja harus menggunakan mikroorganisme tersebut. Jika tidak harus terdapat proses penambahan kimia untuk menetralkan pH.

Pada parameter ammonia, nilai konsentrasinya cenderung cukup berfluktuasi. Terdapat beberapa efisiensi yang bernilai negatif atau nilai efluen lebih besar dari influen. Ini dapat diakibatkan karena IPAL tersebut menggunakan proses biologi. Pada unit proses biologi terdapat hasil akhir berupa ammonia. Hal ini dapat menjadi alasan untuk beberapa waktu dimana efluen memiliki konsentrasi yang lebih besar. Secara umum nilai efisiensi penyisihan berada di atas 50%. Tetapi sebagian besar melebihi nilai baku mutu yaitu 8 mg/l. Nilai terbesar untuk efluen muncul pada jumat pagi dengan nilai sebesar 21,16 mg/l, tetapi nilai influen pada saat itu hanya sebesar 1,9 mg/l. Sedangkan nilai influen terbesar ada pada kamis pagi dengan nilai sebesar 41,68 mg/l, tetapi nilai efluennya sebesar 12,18 mg/l sehingga efisiensi penyisihan mencapai 70,8%.

Pemasakan dan merseriasi kapas serta pemucatan kain merupakan salah satu sumber penting yang menghasilkan limbah dengan nilai TSS yang tinggi pada industri tekstil. Limbah cair industri tekstil rata-rata mengandung 750 mg/l padatan tersuspensi. Pada uji karakteristik nilai TSS rata-rata pada influen adalah 988,36 mg/l dan efluen 970,9 mg/l. Untuk nilai TSS pada efluen pada setiap waktu pengambilan sampel masih berada sangat jauh di atas baku mutu yaitu 50 mg/l. Nilai tertinggi terdapat pada hari jumat pagi yaitu sebesar 1.327,46 mg/l. Pada waktu tersebut efisiensi penyisihannya bersifat negatif karena nilai TSS pada influen lebih kecil yaitu sebesar 880,45 mg/l. Secara umum nilai efisiensi penyisihan TSS masih di bawah 50%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa proses sedimentasi yang ada sudah tidak berkerja dengan baik atau kriteria disain unit sudah tidak sesuai dengan karakteristik limbah yang masuk.

Limbah industri tekstil memiliki kadar COD yang cukup tinggi karena sebagian besar limbah yang dihasilkan berupa campuran dari bahan - bahan organik sebagai produk samping dari proses produksi. Karakteristik air limbah tekstil adalah mempunyai nilai COD 150-12.000 mg/L. Konsentrasi COD pada influen berkisar pada rentang tersebut. Tetapi konsentrasi pada efluen masih berada di atas baku mutu yaitu 150 mg/l. Nilai tertinggi COD pada efluen IPAL terjadi pada hari jumat siang dengan nilai sebesar 2.066,7 mg/l. Dan pada waktu tersebut efisiensi pengolahan bernilai negatif atau konsentrasi efluen. Secara umum nilai penurunan COD masih di bawah 50%.

Berdasarkan tahap proses produksi industri tekstil, kandungan fenol pada limbah cair berasal dari proses *Scouring* atau pemasakan. Pada karakteristik awal, nilai fenol pada sebagian sampel masih berada di atas baku mutu. Dan sebagian besar efisiensi dari pengolahan bernilai negatif atau nilai outlet lebih besar daripada inlet. Tetapi terdapat efisiensi yang mencapai lebih dari 50% yaitu pada sampel Kamis siang dan Jumat pagi. Konsentrasi fenol tinggi dalam limbah yang dilepas ke badan air penerima memiliki potensi besar berdampak negatif.

Berdasarkan tahapan dalam proses produksi industri tekstil, limbah cair yang mengandung logam berat berasal dari proses *Dyeing*. Dalam industri tekstil, senyawa krom banyak digunakan dalam proses pencelupan dan pewarnaan, baik sebagai zat warna maupun sebagai mordant (pengikat warna). Akumulasi krom yang tidak terkontrol akan sangat membahayakan bagi lingkungan dan makhluk hidup. Hal ini disebabkan makhluk hidup termasuk

mikroorganisme. Sifat toksis pada krom dapat mengakibatkan hambatan pertumbuhan, penyakit bahkan pada konsentrasi lanjut dapat menyebabkan kematian atau juga hewan laut termasuk ikan dapat menyerap logam berat. Pada keseluruhan sampel efluen IPAL Kawasan X, kadar logam masih berada di bawah baku mutu yaitu sebesar 1 mg/l. Nilai terbesar terjadi pada waktu jumat pagi yaitu sebesar 0,238 mg/l. Efisiensi penyisihan masih berada di bawah 50% dan masih terdapatnya efisiensi bernilai negatif. Rata-rata nilai Cr pada efluen IPAL adalah 0,197 mg/l.

Efisiensi penyisihan yang masih berada di bawah 50% menandakan bahwa proses pengolahan limbah cair tidak maksimal. Pada IPAL Kawasan ini baru saja diberlakukan proses pengolahan baru pada awal tahun lalu yaitu dengan hanya menggunakan proses biologi. Hal ini dikarenakan banyaknya jumlah lumpur B3 yang dihasilkan dari proses kimia, biaya pengolahan yang cukup besar untuk proses kimia dan kriteria disain unit yang sudah tidak sesuai dengan jumlah dan karakteristik limbah yang masuk. Tetapi proses biologi belum mencapai kondisi *steady state* sehingga efisiensi pengolahan masih rendah. Pada akhirnya banyak parameter yang masih berada di atas baku mutu.

Uji Toksisitas Akut (*Whole Effluent Toxicity*)

Sampel untuk uji ini diambil pada hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, dan Sabtu. Sampel pada masing-masing hari merupakan sampel komposit dari waktu masuknya limbah dari industri tekstil ke dalam IPAL karena limbah dianggap bersifat homogen. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai konsentrasi pencemar tertinggi.

Uji Pendahuluan (*Range Finding Test*)

Uji ini merupakan uji pendahuluan untuk mengetahui range yang akan digunakan untuk uji selanjutnya dengan cara mencari konsentrasi minimum dan maksimum yang terdapat diantara 50% kematian (*critical range*) selama pengujian. Pada penelitian ini uji pendahuluan dilakukan selama 6 kali sesuai dengan waktu pengambilan sampel. Sampel yang digunakan pada uji pendahuluan diuji terlebih dahulu untuk menentukan parameter apa saja yang dapat mempengaruhi sifat toksik sampel. Karakterisasi efluen pada tahap kedua dapat terlihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Kualitas efluen IPAL kawasan X tahap kedua

Parameter	Nilai					
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
pH	9,6	10,5	9,9	10,12	9,8	10,2
Do	0	0,01	0,29	0,73	0	0
T	25,9	27	26,3	26	25,6	26
Sulfida	0,57	0,45	1,24	0,35	0,27	0,31
Alkalinitas	690,276	460,184	4.026,61	920,368	862,845	1.207,983
Konduktivitas	2,79	2,63	2,22	2,36	2,58	2,58
Amonia	17,31348	15,38976	14,74852	13,46604	15,38976	12,8248
COD	1.340,16	1.541,18	1.260	1.216	1.633,386	1.666,72
TDS	1.395	1.315	1.555	1.654	1.289	1.290
Salinitas	1,44	1,36	1,13	1,21	1,33	1,33
TSS	471,43	1098,7	1.253,31	776,8	321,43	607,14
Fenol	0,313	0,227	0,3018	0,4004	0,2134	0,343
Kesadahan	0,51	0,306	0,51	0,306	0,408	0,408

Nilai pH pada keenam sampel waktu masih berada di atas baku mutu, dimana nilai terbesar pada hari Selasa. Secara keseluruhan nilai pH tidak berfluktuatif, nilainya masih berkisar antara 9 hingga 10. Kondisi optimal untuk *Daphnia magna* sendiri adalah pada nilai pH 6-9 atau netral (USEPA, 2002). Untuk nilai oksigen terlarut keenam sampel memiliki nilai yang sangat rendah hingga mencapai 0 mg/l. Tetapi hal ini tidak terlalu berpengaruh pada hewan uji karena

Daphnia magna dapat bertahan hidup pada keadaan DO rendah. Temperatur limbah saat dilakukan uji sesuai dengan temperatur di sekitar laboratorium sekitar 25 hingga 26°C. Hal ini sesuai dengan temperatur optimum dimana *Daphnia magna* dapat hidup dengan baik yaitu pada rentang 18°C- 27°C.

Nilai Ammonia di seluruh sampel berada di atas baku mutu. Amonia sendiri bersifat racun bagi hewan air dan dapat menyebabkan gangguan metabolisme dan dapat merusak insang, ginjal, hati, limpa, dan jaringan tiroid pada ikan dan krustasea (Amstrong dalam Chen et al, 2010). Pada keenam sampel terdapat kandungan ammonia dalam kadar tinggi. Hal ini dapat mempengaruhi siklus hidup hewan uji.

Sulfida pada limbah industri tekstil dihitung sebagai H₂S. Hidrogen sulfida merupakan gas beracun yang berbahaya bagi kehidupan air, khususnya bila dalam bentuk tidak terion. Eksposur jangka panjang pada hewan akuatik pada tingkat sub-lethal dapat menyebabkan lambatnya pertumbuhan, peningkatan mortalitas dan penurunan kesuburan. Tingkat mematikan H₂S juga dapat mempengaruhi waktu penetasan benih dan malformasi anatomis (Jayamanne, 1986). Nilai sulfida pada sampel berada di atas baku mutu yaitu sebesar 0,3 mg/l dan dapat menyebabkan kematian bagi hewan uji.

Jumlah padat terlarut (TDS) adalah hasil pengukuran garam anorganik, bahan organik dan bahan terlarut lainnya dalam air. Total padatan terlarut menyebabkan keracunan dengan adanya kenaikan salinitas, perubahan komposisi ion dari air dan toksisitas ion. Peningkatan salinitas telah terbukti menyebabkan pergeseran dalam komunitas biotik, membatasi keanekaragaman hayati, tidak termasuk spesies yang kurang toleran dan menyebabkan efek akut atau kronis pada tahap kehidupan tertentu (Duffy & Webber, 2007). Menurut PP No. 82 tahun 2001 untuk TDS standar baku mutunya adalah 1.000 mg/L. Nilai TDS keenam sampel efluen berada di atas baku mutu tersebut dan dapat mengganggu siklus hidup hewan uji.

Konduktivitas bukan polutan, tetapi berfungsi sebagai indikator adanya polutan. Konduktivitas air dipengaruhi oleh adanya zat terlarut dalam air, termasuk garam dan logam berat. Beberapa zat berbahaya bagi kehidupan air dan manusia, terutama apabila berada pada konsentrasi tinggi. Nilai konduktivitas di bawah 300 µS/cm dapat menopang kehidupan air tetapi nilainya tidak boleh di atas 500 µS/cm karena dapat menimbulkan masalah kesehatan. Nilai konduktivitas keenam sampel bernilai di atas 2.000 µS/cm. Hal tersebut dapat mengganggu kesehatan hewan uji atau bahkan dapat menyebabkan kematian.

Nilai oksigen terlarut keenam sampel sangat rendah, bahkan terdapat sampel yang memiliki kadar DO 0 mg/l. Tetapi *Daphnia* memiliki toleransi untuk hidup di daerah dengan oksigen terlarut yang rendah. Pada kondisi dengan kadar oksigen terlarut rendah, *Daphnia magna* akan memperbanyak produksi hemoglobin pada sistem peredaran darah untuk membantu pendistribusian oksigen dalam tubuhnya yang menyebabkan badan *Daphnia* menjadi bewarna merah. Sehingga kondisi oksigen terlarut pada sampel tidak terlalu berpengaruh pada hewan uji.

Selain parameter di atas, pada penelitian ini ditemukan kemungkinan penyebab kematian yang lain. Pada sampel limbah ditemukan lapisan filamen yang terbentuk pada permukaan limbah dan pada dasar limbah. Filamen ini kemungkinan terbentuk oleh mikroba yang digunakan dalam proses biologi. Filamen yang terbentuk pada permukaan limbah dapat menutupi jalur masuknya oksigen dan dapat mengurangi ruang gerak *Daphnia magna* yang cenderung berada di atas permukaan. Lapisan filamen juga terdapat di dasar limbah dan dapat memerangkap *Daphnia magna* dan menimbulkan kematian.

Pada sampel hari Rabu dilakukan uji pendahuluan dengan menggunakan lima konsentrasi dan satu kontrol. Uji pendahuluan untuk hari Rabu dilakukan dalam 24 jam, karena pada rentang waktu tersebut sudah terdapat kematian sebesar 50%. Sedangkan pada hari Kamis dan Jumat uji pendahuluan dilakukan dengan delapan konsentrasi dan satu kontrol. Hal ini dikarenakan pada satu jam pertama sudah terdapat kematian hewan uji pada konsentrasi 100 atau 50%. Kedua hari ini juga uji pendahuluan dilakukan dalam 24 jam karena pada rentang waktu tersebut sudah terdapat kematian sebesar 50%.

Setelah dilakukan uji pendahuluan data yang sudah didapat dianalisis menggunakan program Probit untuk mengetahui nilai LC50 sementara. Nilai LC50 sementara yang didapat dapat dilihat pada **Tabel 4** di bawah ini.

Tabel 4 Konsentrasi penyebab 50% kematian dan rentang konsentrasi pada uji pendahuluan (*range finding test*)

Hari	LC50	Rentang
Uji Pendahuluan		
Senin	16,8%	12,5 – 25%
Selasa	31,9%	25 – 50 %
Rabu	37,5%	25 – 50 %
Kamis	32%	25 – 50 %
Jumat	34,4%	25 – 50 %
Sabtu	29,3%	25 – 50 %

Nilai konsentrasi terkecil didapat pada hari Senin. Pada hari tersebut memiliki konduktivitas, ammonia, salinitas, dan kesadahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan hari lainnya. Nilai LC50 sementara pada keenam hari tersebut tidak terlalu berbeda, ini menunjukkan efluen yang dihasilkan IPAL bersifat homogen. Hal ini cukup sesuai dengan hasil pengujian karakteristik sampel limbah cair tahap kedua.

Setelah mendapatkan nilai LC50 sementara, kita dapat menentukan range konsentrasi untuk uji definitif. Untuk ketiga sampel memiliki nilai LC50 sementara yang hampir sama dan masih dalam range konsentrasi yang sama. Rentang konsentrasi yang akan digunakan adalah 25 – 50 % untuk lima sampel dan 12,5 – 25% untuk hari Senin. Nilai rentang terendah akan dikalikan dengan r atau faktor pengali. Jumlah konsentrasi yang digunakan sama dengan jumlah konsentrasi pada uji pendahuluan.

Uji Definitif

Setelah uji pendahuluan dilakukan uji definitif selama 96 jam untuk menentukan nilai LC50 keenam sampel tersebut yang dijabarkan pada **Tabel 5** di bawah ini.

Tabel 5 Nilai LC50 dan konsentrasi yang digunakan pada uji definitive

Hari	Konsentrasi Uji Definitif	LC50	TUa
Senin	12,5%, 13,8%, 15,2%, 16,8%, 18,6%, 20,5%, 22,6%, 25%	13,73%	7,283321
Selasa	25%, 30%, 35,5%, 42%, dan 50%	52,24%	1,914242
Rabu	25%, 30%, 35,5%, 42%, dan 50%	28,55%	3,502627
Kamis	25%, 28%, 30,5%, 34%, 37%, 41%, 45%, 50%	56,00%	1,78581
Jumat	25%, 28%, 30,5%, 34%, 37%, 41%, 45%, 50%	47,06%	2,125173
Sabtu	25%, 28%, 30,5%, 34%, 37%, 41%, 45%, 50%	21,99%	4,546695

Nilai LC50 yang didapat pada keenam hari tersebut berbeda dari nilai LC50 sementara pada uji pendahuluan. Menurut USEPA (2002) bahwa toksisitas (LC50) dari sampel yang diamati dalam uji pendahuluan (*range finding test*) mungkin jauh berbeda dengan toksisitas diamati dalam tindak lanjut tes definitif karena uji definitif biasanya dilakukan lebih lama dan kemungkinan pula sampel yang digunakan diambil dalam waktu yang berbeda. Pada penelitian ini kemungkinan

terjadi karena perbedaan rentang waktu pengujian yang dilakukan, dimana pada uji pendahuluan dilakukan selama 24-72 jam dan uji definitif dilakukan selama 96 jam. Nilai LC50 terkecil yang didapat berada pada hari Senin dan Sabtu. Ini menandakan efluen yang dikeluarkan pada hari itu adalah efluen yang paling bersifat toksik.

Setelah didapat nilai LC50 untuk setiap unit IPAL, dilakukan suatu analisa untuk menentukan nilai efisiensi kerja IPAL dilihat dari toksisitas berdasarkan TUa. TUa adalah ukuran tingkat kekuatan toksisitas suatu limbah dimana semakin besar nilai TUa maka semakin bersifat toksik. TUa mempunyai nilai yang bervariasi, mulai dari 0 hingga ribuan apabila zat tersebut sangat toksik. (USEPA, 2002). Dari hasil definitive test didapat bahwa TUa semua sampel berada di atas 1, sehingga bisa dikatakan bahwa efluen IPAL tersebut bersifat toksik dan belum aman untuk dibuang ke lingkungan.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal: Berdasarkan uji karakteristik beberapa parameter efluen IPAL berada di atas baku mutu KepMenLH No. 51 Tahun 1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, antara lain pH, TSS, Ammonia, COD, dan Fenol total. Secara umum efisiensi penyisihan untuk seluruh parameter masih di bawah 50 % dan kinerja IPAL tersebut masih buruk. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan pada kinerja IPAL dan menandakan bahwa kriteria desain dan proses pada IPAL tidak cocok dengan karakteristik limbah cair industri tekstil. Nilai LC50 sementara yang didapat hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat dan Sabtu adalah 16,8%, 31,9%, 37,5%, 32%, 34,4%, dan 29,3%. Nilai LC50 sementara tidak terlalu berbeda atau tidak berfluktuatif dan masih dalam rentang konsentrasi yang sama. Lalu dilakukan uji definitif sehingga di dapat nilai LC50 aktual. Nilai LC50 aktual dari hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat dan Sabtu adalah 13,73%, 52,24%, 28,55%, 56%, 47,06%, dan 21,99%. Dan nilai TUa dari keenam sampel berada di atas 1 sehingga tergolong toksik dan belum aman dibuang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azbar, N., Kestioglu, K., dan Yonar, T. (2003). Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent. Department of Environmental Engineering, Balikesir University, Turkey.
- Birri, A.A., & Meutia, H. (2012). Sebuah Potret Pencemaran Bahan Kimia Berbahaya dan Beracun di Badan Sungai Serta Beberapa Titik Pembuangan Industri Tak Bertuan, Studi Kasus Sungai Citarum. WALHI, Jawa Barat.
- Chen, Y., Xiang, F., Yang, W., & Yang, Z. (2010). Acute Toxicity of Nitrite and Ammonia to *Daphnia similoides* of Different Developmental Stages: Using the Modified Gaussian Model to Describe. School of Biological Sciences, Nanjing Normal University, China.
- Duffy, L.K. & Weber-Scannell, P.K. (2007). Effects of Total Dissolved Solids on Aquatic Organisms: A Review of Literature and Recommendation for Salmonid Species. Department of Chemistry and Biochemistry, University of Alaska Fairbanks.
- Indra, T.L. (2013). Pemetaan Wilayah Dampak Lingkungan Terkena Limbah Industri pada DAS Citarum Hulu. Universitas Indonesia. Depok.
- Jayamanne, S.C. (1986). A Preliminary Study of Hydrogen Sulphide Toxicity on Juveniles of *Macrobrachium rosenbergii*. Network of Aquaculture Centres in Asia. Thailand.
- Moertinah, Sri. (2008). Peluang-Peluang Produksi Bersih pada Industri Tekstil *Finishing Bleaching*. Program Magisters Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- PSDA. (2012). Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Citarum. sda.pu.go.id:1818/sda. Diakses pada 30 Agustus 2014.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2002). Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism, Fifth ed, EPA-821-R-02-012, Office of Water (4303T), Washington, DC.