

BAB V
PEMBAHASAN

4. Hasil Penentuan Toksisitas.

Sebagian komponen penyusun limbah RSUD Dr. Soedono Madiun berada diatas ambang batas baku mutu Effluent air limbah dalam Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor Kep-03/MENKLH/II/1991.

Berdasarkan hasil pengamatan pada tahap orientasi, diketahui bahwa hewan uji Cyprinus Carpio L yang diperlakukan pada kadar 500 cc/l, (50%) ada yang tidak tahan hidup lebih dari 48 jam. Hewan uji harus dapat hidup 48 jam apabila berada pada kadar sekitar 400 cc/l, tercatat sebanyak 10 ekor ikan masih hidup. Tahap orientasi ini digunakan kadar 0 cc/l, 200 cc/l, 300 cc/l, 400 cc/l dan 500 cc/l. Ulangan dibuat 2x, setiap bejana uji diisi 10 ekor hewan uji dalam 10 liter uji. Data pengamatan jumlah kematian hewan uji lihat pada lampiran II (A).

Berdasarkan data dari tahap orientasi, maka dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu tahap "Exsploratory" (Uji Pendahuluan). Variasi kadar yang dipakai adalah 0 cc/l, 200 cc/l, 400cc/l, 600 cc/l, 800 cc/l dan 1000 cc/l. Hasil percobaan menunjukkan bahwa

na uji berkadar 1000 cc/l, angka kematian hewan ujinya sampai 10 ekor (Angka ini merupakan hasil rata-rata). Pada kadar 800 cc/l dan 600 cc/l, angka kematiannya sangat sebesar 3 dan 8,5 ekor. Pada kadar yang lebih rendah yaitu 400 cc/l, jumlah kematian hewan uji tidak begitu banyak yaitu 1 ekor (lihat pada data hasil pengamatan tabel 1). Mengingat bahwa jumlah separuh kematian hewan uji terjadi pada kadar antara 600 cc/l hingga 800 cc/l maka nilai L_c 50-96 jam tahap eksploratory ini diperkirakan cukup jauh dari kadar tersebut. Setelah dilakukan perhitungan regresi linier maka didapatkan L_c 50 - 96 jam sebesar 651,66 cc/l. Lihat perhitungan yang sama seperti uji pendahuluan, didapatkan L_c 50 - 96 jam pada tahap "Scale Test" (uji sesungguhnya) adalah sebesar 663,83 cc/l.

Hasil Pengamatan Kualitas Air.

B.1. Kualitas Air Limbah RSUD Dr. Soedono Madiun.

Berdasarkan hasil Analisa sebagian kualitas air limbah di BTKL Yogyakarta diketahui bahwa sebagian komponen penyusun limbah telah berada di atas nilai ambang batas yang ditentukan dalam Baku Mutu Effluent Air limbah dalam Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor Kep-03/MENKLH/II/1991. Beberapa tolok ukur yang hasilnya menunjukkan penyimpangan dari ambang batas yang ditentukan adalah COD (selaku tolok ukur kimia).

Dalam peraturan itu disebutkan bahwa kandungan

BOD maksimum untuk Baku Mutu Effluent Air Limbah adalah 300 mg/l (150 ppm). COD hasil pengukuran ternyata mencapai 1120,0 mg/l (pada kadar polutan 820 cc/l). Hasil pengukuran COD yang tinggi ini diduga disebabkan air limbah RSUD Dr. Soedono Madiun, banyak mengandung bahan organik. Bahan-bahan tersebut ada yang sulit diuraikan oleh micro-organisme, atau membutuhkan waktu urai yang lama, misalnya selulosa (Fardiaz, 1992)

Sisa-sisa bahan organik yang belum terurai, ditambah bahan organik yang baru yang terus-menerus masuk irigasi limbah, akan tertumpuk. Dengan demikian akan semakin banyak oksigen yang dibutuhkan, baik untuk respirasi micro-organisme aerob maupun untuk mengoksidasi seluruh bahan yang ada. Keadaan inilah yang menyebabkan angka COD limbah menjadi tinggi.

B.2. Tolok Ukur Fisik.

B.2.1 Total Suspended Solid (TSS)

Keadaan konsentrasi air limbah ada pengaruh yang sangat nyata terhadap kenaikan jumlah padatan tersuspensi. Hasil perhitungan Anova satu arah diketahui ($F_{hitung} = 32,77 > F_{tabel} = 4,39$). Pada saat pengamatan selama 48 jam hasil pengujian secara serentak, diperoleh $F_{hitung} = 32,84 > F_{tabel} = 4,96$, dengan taraf signifikansi 5%, sehingga signifikan dan layak masuk dalam model Regresi (ada hubungan secara

regresi linier) hasil pengujian partial (satu-satu)

Parameter β_0 diperoleh t hitung = 2,23 > t tabel = 2,228, sehingga signifikan dan layak masuk dalam model Regresi linier. Sedangkan pada parameter (β_1), T hitung = 5,73 > T tabel = 2,228, sehingga signifikan dan layak masuk dalam model regresi :

$$Y = 172 + 14 X + \epsilon$$

di mana :

Y = Konsentrasi limbah

X = Kadar TSS.

Pada pengamatan selama 96 Jam, kenaikan konsentrasi limbah masih berpengaruh nyata terhadap kenaikan jumlah padatan tersuspensi. Hasil perhitungan Anova satu arah diketahui ($F_{hitung}=15,66 > F_{tabel} = F_{tabel} = 4,39$). Hasil pengujian secara serentak diperoleh $F_{hitung} = 23,04 > F_{tabel} = 4,39$ sehingga signifikan dan ada hubungan linier antara kenaikan konsentrasi air limbah terhadap respon (kenaikan jumlah padatan tersuspensi). Sedangkan menurut pengujian partial (sendiri-sendiri) parameter β_0 didapatkan $T_{hitung} = 1,24 > Tabel = 2,228$, sehingga tidak signifikan. Parameter β_1 didapatkan $T_{hitung} = 4,8 > T_{tabel} = 2,228$ sehingga signifikan dan ada hubungan secara linier dengan persamaan garis regresi :

$$Y = 25,44 X + \epsilon$$

Dimana: Y = Konsentrasi limbah

X = Kadar TSS

Jumlah padatan tersuspensi secara langsung bisa mempengaruhi kematian hewan uji. Pada tingkat kekeruhan rendah (19 - 20 mg/g) selama 48 jam, kematian hewan uji mencapai 0 dan 2 ekor (ulangan I dan II). Lihat data IV.1. Pada tingkat kekeruhan 14 - 19 mg/g pada 96 jam, kematian hewan uji mencapai 0 dan 3 ekor (Ulangan I dan II). Semakin tinggi jumlah padatan tersuspensi, berarti semakin keruh larutan uji dan angka kematian hewan uji juga semakin tinggi. Angka kematian tercatat 7 dan 10 ekor pada masing-masing ulangan I dan II, terdapat pada bejana uji dengan tingkat jumlah padatan tersuspensi 54 dan 57 mg/g (lihat data IV.2). Pada pengamatan selama 96 jam angka kematian tertinggi sudah terlihat pada bejana uji dengan jumlah padatan tersuspensi 17 dan 18 mg/g. Angka kematian tercatat 10 ekor pada konsentrasi limbah 660 cc/l ulangan II dan konsentrasi 740 cc/l ulangan I tercatat 9 ekor.

Perairan dengan jumlah padatan tersuspensinya tinggi (tingkat kekeruhannya juga semakin tinggi), akan sangat mengganggu kehidupan ikan. Limbah yang mengandung bahan toksik maupun nontoksik dalam bentuk zat koloid maupun tersuspensi akan ikut masuk bersama air ke dalam rongga mulut, yaitu saat terjadi

inspirasi. Besar kecilnya air yang masuk tergantung pada banyak sedikitnya oksigen yang dibutuhkan oleh ikan tersebut. Dengan demikian partikel-partikel dalam limbah lama kelamaan akan terakumulasi dalam branchia, terlebih lagi jika rigi branchia tidak mampu menyaring partikel tersebut dengan sempurna. Persentuhan partikel tersuspensi dengan permukaan branchia akan merangsang pembentukan mucus yang juga akan terakumulasi dalam permukaan branchia. Mucus maupun partikel yang terakumulasi akan menutupi ruang-ruang antara lamella sekunder, sehingga mempersempit ruang pertukaran gas. Akibatnya timbul kesulitan bernafas, oksigen yang masuk atau diikat oleh Hemoglobin berkurang dan metabolit yang harus dibuang tidak dapat keluar dengan lancar, Gangguan semacam ini dapat menyebabkan kematian ikan (Dix, 1981).

Selain dipermukaan branchia, partikel-partikel dalam limbah tersebut dapat juga terakumulasi di dalam ventriculus intestinumnya. Ini dapat terjadi karena pada saat inspirasi air kadang ikut termakan. Efecnya, hepar akan bekerja keras demikian pula rennya, guna mengubah senyawa asing menjadi senyawa yang lebih mudah diekskresikan.

Pada pengamatan selama 48 jam, semakin tinggi konsentrasi air limbah semakin tinggi pula

konsentrasi jumlah padatan tersuspensi. Pada konsentrasi 0 cc/l, jumlah padatan tersuspensi 2mg/g, sedangkan pada konsentrasi 820 cc/l jumlah padatan tersuspensi mencapai 54 - 57 mg/g. (Lihat tabel VII). Pada kadar 660 cc/l (50% hewan uji mati), angka padatan tersuspensi mencapai 16 - 17 mg/g. Selama pengamatan 96 jam pada kadar polutan 0 cc/l, angka padatan tersuspensi turun menjadi 3 - 4 mg/g demikian pula pada kadar polutan 500 cc/l sampai dengan 820 cc/l angka padatan tersuspensi cenderung menurun. Terjadinya penurunan jumlah padatan tersuspensi ini diduga pada saat pengamatan ke 96 jam telah mulai terjadi pengendapan partikel-partikel yang tersuspensi.

B.3. Tolok Ukur Kimia

B.3.a. Konsentrasi ion Hidrogen (pH).

Perubahan pH larutan erat hubungannya dengan kematian hewan uji. pH hasil pengukuran pada saat 0 jam tercatat sebesar 8,25. Setelah 48 jam pada larutan uji dengan konsentrasi paling tinggi pH mencapai 7,75, kemudian pada pengamatan 96 jam pH larutan turun menjadi 7,50 (Lihat tabel IV). Pada konsentrasi 820 cc/l, angka kematian pada 48 jam berjumlah 2 ekor (pH 7,25) dan pada 96 jam berjumlah 10 ekor (pH 7,5). lihat lampiran 4.1 dan 4.2.

Dari hasil perhitungan Anova satu arah

diketahui $F_{hitung} = 4,39 > F_{tabel} = 4,39$, dengan taraf signifikansi 5% sehingga ada pengaruh nyata terhadap respon (kenaikan konsentrasi polutan mempengaruhi kenaikan pH). Pada pemujian untuk mengetahui lebih lanjut hubungan pengaruh tersebut, dengan pengujian serentak diperoleh $F_{hitung} = 46,4 > F_{tabel} = 4,96$, sehingga signifikan dan ada hubungan secara regresi linier. Hasil pengujian parsial pada parameter β_0 diperoleh $T_{hitung} = 6,81 > T_{tabel} = 2,228$, sehingga signifikan dan ada hubungan (layak masuk dalam model regresi linier dengan persamaan garis regresi:

$$Y = -6905 + 1010,9 X + e$$

dimana Y = konsentrasi limbah

X = Kadar pH (lihat lampiran V(A).4)

Pada pengamatan selama 96 jam kenaikan konsentrasi limbah satu arah diketahui $F_{hitung} = 13,80 > F_{tabel} = 4,39$. Hasil pengujian serentak diperoleh $F_{hitung} = 56,67 > F_{tabel} = 4,96$, sehingga signifikan dan ada hubungan secara linier antara kenaikan konsentrasi limbah dengan konsentrasi pH. Sedangkan menurut pengujian partial, didapatkan $T_{hitung} = -7,11 < T_{tabel} = 2,228$, sehingga tidak signifikan (tidak ada hubungan nyata). Pada parameter β_0 didapatkan $T_{hitung} = -7,11 < T_{tabel} = 2,228$, sehingga tidak signifikan (tidak ada hubungan nyata).

Pada parameter β_1 didapatkan $T_{hitung} = 7,53 > T_{tabel} = 2,228$, sehingga signifikan dan layak masuk dalam model regresi (ada hubungan secara linier dengan persamaan garis regresi linier :

$$Y = -9418 + 1363 X + \epsilon$$

Dimana Y = konsentrasi limbah

X = kadar pH. (lihat lampiran V(A).4).

Bagi ikan, pH memang sangat berpengaruh bagi kelangsungan hidupnya. Sedangkan ketahanannya tergantung pada umur ikan, derajat aklimatisasi ikan dan makanan ikan itu sendiri (Eden, 1975). Dengan demikian, hewan uji Cyprinus carpio, L yang masih berumur $\pm 1,5$ bulan diduga cukup peka terhadap perubahan pH yang terjadi, yang tidak tahan selanjutnya akan mati.

Tinggi rendahnya pH ternyata dipengaruhi oleh ion Bicarbonat. Leidy (1980) mengemukakan bahwa pH sangat erat hubungannya dengan ion karbonat, ion Bicarbonat, Ion hidroksida dan Calcium. Pada pH 4,5 - 8,3 sistem penyangga terdapat dalam bentuk HCO_3^- , lebih dari pH 8,3 maka HCO_3^- akan terurai menjadi CO_3^{2-} dan ion H^+ untuk kemudian terurai lagi menjadi $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. pada Penelitian ini kandungan CO_3^{2-} memang tidak dideteksi, sehingga diperkirakan sistem penyangganya masih berada dalam bentuk HCO_3^- (mengingat pH antara 7,0 - 8,25). Pada prinsipnya,

kenaikan pH akan sejalan dengan naiknya kandungan HCO_3^- . Berdasarkan hasil perhitungan antara pH dengan kadar polutan diketahui bahwa diketahui bahwa hubungan keduanya tidak begitu erat. lihat lampiran V(A).4. Diduga perubahan pH yang terjadi tidak langsung dari kadar polutannya, melainkan berasal dari faktor lain, misalnya dari ionisasi HCO_3^- menjadi CO_3^{2-} , OH^- , Ca^{2+} dari CaCO_3 (leidy, 1980) atau HCO_3^- yang terdifusi daritubuh ikaan (lagler et.al, 1977).

B.3.b. Kebutuhan Oxigen Biochimia (BOD)

Kenaikan konsentrasi air limbah ada pengaruh nyata terhadap kenaikan kebutuhan oxigen Biokimia. Hasil perhitungan Anova satu arah diketahui $F_{hitung} = 64,97 > F_{tabel} = 4,39$. Pada pengujian lebih lanjut, dengan menggunakan pengujian serentak pada pengamatan ke 48 jam diperoleh $F_{hitung} = 25,62 > F_{tabel} = 4,96$ sehingga signifikan. Sedangkan pada pengujian partial, parameter β_0 didapatkan $T_{hitung} = 3,13 > T_{tabel} = 2,228$. Pada parameter β_1 didapatkan $T_{hitung} = 5,06 > T_{tabel} = 2,228$, sehingga signifikan dan layak masuk dalam model regresi linier dengan persamaan garis regresi :

$$Y = 238,42 + 4,299 X + e$$

dimana : Y = konsentrasi limbah

X = kadar BOD (lihat lampiran V(A).1.

Pada pengamatan selama 96 jam, kenaikan konsentrasi limbah masih berpengaruh nyata terhadap kenaikan kadar BOD. Hasil perhitungan Anova satu arah diketahui $F_{hitung} = 65,38 > F_{tabel} = 4,39$. Pada pengujian lebih lanjut untuk mengetahui hubungan dari pengaruh tersebut dengan uji serentak diperoleh $F_{hitung} = 60,15 > F_{tabel} = 4,96$, sehingga signifika. Sedangkan pada pengujian partial untuk parameter β_0 di dapatkan $t_{hitung} = 2,15 < t_{tabel} = 2,228$ sehingga parameter β_0 tidak signifikan. Untuk parameter β_1 didapatkan $t_{hitung} = 7,76 > t_{tabel} = 2,228$, sehingga ada hubungan nyata secara linier dengan persamaan / regresi:

$$Y = 134,3 + 8,55 X + e$$

Dimana Y = konsentrasi limbah

X = kadar BOD (lihat lampiran V(A).1).

Pengujian BOD_{5hari} merupakan pengukuran jumlah oksigen yang akan dihabiskan oleh mikroorganisme

Pada kadar BOD 44,72 angka kematian 2 ekor. dan pada kada BOD 151,28 mg/l jumlah kematian menunjukkan 10 ekor. Pada pengamatan ke 96 jam kadar BOD 27,0 jumlah kematian menunjukkan 3 dan pada kadar BOD 82,5 jumlah kematian sebanyak 10 ekor. lihat lampiran V(A).1.

Kematian ini diduga disebabkan oksigen yang tersedia sebagai besar digunakan oleh microoganisme guna menguraikan bahan organik yang ada, sehingga oksigen yang ada menjadi terbatas. Keterbatasan inilah yang akan mempengaruhi kelangsungan hidup ikan uji.

B.2.c Kebutuhan Oksigen kimia (COD)

Kenaikan kadar polutan ada pengaruh nyata terhadap kadar COD. Haal ini ditunjukkan oleh hasil perhitungan Anova satu arah pada saat ke 48 jam 96 dengan masing-masing $F_{hitung} = 65,39 > F_{tabel} = 4,39$ dan $F_{hitung} 259,23 > F_{tabel} = 4,39$, sehingga signifikan.

Pada pengujian lebih lanjut guna mengetahui hubungannya dari pengujian serentak didapat $F_{hitung} = 290,31 > F_{tabel} = 4,96$ dan $F_{hitung} = 62,47 > F_{tabel} = 4,96$, sehingga signifikan sedangkan pada pengujian partial, parameter β_0 didapatkan $T_{hitung} = 0,79 < T_{tabel} = 2,2281$ sehingga tidak signifikan dan $T_{hitung} = 2,23 < T_{tabel} = 2,228$,

sehingga tidak signifikan (pada pengamatan ke 96 jam). Dari parameter β_1 didapatkan $T_{hitung} = 17,04 > T_{tabel} = 2,228$ dan $T_{hitung} = 7,90 > T_{tabel} = 2,228$, sehingga signifikan dan layak masuk dalam model (ada hubungan nyata) dengan persamaan regresi $Y = 136 + 0,686 X + \epsilon$.

Dimana $Y =$ Konsentrasi limbah

$X =$ Kadar COD. (lihat analisa statistik lampiran V (A).2.)

Diduga hal ini ada hubungannya dengan materi yang terdapat pada limbah rumah sakit yang tergolong limbah organik. Kandungan bahan-bahan organik diperkirakan begitu banyak, dengan demikian, semakin besar kadar polutan, semakin besar pula bahan-bahan yang harus diuraikan dengan bantuan oksigen.

COD yang sangat tinggi ini diduga juga mempengaruhi kematian hewan uji. Pada kadar COD 868,60 mg/l kematian berjumlah 2 ekor dan kadar COD 1354,2 mg/l kematian berjumlah 10 ekor (pengamatan saat ke 48 jam). Pada pengamatan ke 96 jam COD dengan kadar 270 mg/l kematian hewan uji berjumlah 3 ekor dan pada kadar 20,27 mg/l kematian hewan mencapai 10 ekor. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel hasil pengamatan. Lampiran IV.1

Bentuk hubungan yang erat antara naiknya

konsentrasi polutan dengan kadar COD ini diduga bahan organik maupun anorganik yang membutuhkan waktu urai lebih lama ini tetap memerlukan oksigen untuk mengoksidasiannya, Karena uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari pada uji BOD sebab bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dengan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. Sebagai contoh selulosa sering tidak terukur melalui uji BOD, karena sukar dioksidasi melalui reaksi biokimia, dapat terukur melalui uji COD ini (Sistrawijaya, 1991). Akibatnya kandungan oksigen untuk respirasi hewan ujipun berkurang. selain itu partikel dalam limbah yang belum terurai tersebut akan ikut masuk ke Intestinum atau terakumulasi pada branchia pada saat ikan mengadakan inspirasi dan ekspirasi, sehingga menimbulkan gangguan pernapasan dan pencernaan yang kelak akan berlanjut menjadikan kematian hewan uji.

B.3. Tolak Ukur Biologi

B.3.a. Penyerapan logam berat Pb dalam tubuh ikan

Jumlah penyerapan logam berat Pb dipengaruhi oleh kenaikan konsentrasi limbah. Dari hasil perhitungan anova satu arah diketahui F_{hitung} saat 96 jam = tak terhitung $> F_{tabel} = 4,39$ sehingga ada pengaruh perlakuan yang

sangat nyata terhadap respon.

Semakin tinggi konsentrasi air limbah semakin tinggi pula penyerapan logam berat dalam tubuh ikan. Pada konsentrasi rendah (0 cc/l) tidak ada logam berat sama sekali, semakin besar konsentrasi limbah (500 cc/l) potensi penyerapan logam berat Pb 0,00042 mg/l, dan penyerapan terbesar pada konsentrasi limbah 820 cc/l yaitu besar 0,00071 mg/gr Pb. Untuk lebih jelasnya lihat data hasil pengamatan. Pada pengujian lebih lanjut, untuk mengetahui hubungan dari pengaruh tersebut, dengan pengujian secara serentak diperoleh $F_{hitung} = 422,38 > F_{tabel} = 4,96$. (signifikan). Sedangkan pada pengujian partial, untuk parameter β_0 diperoleh $T_{hitung} = 0,58 < T_{tabel} = 2,228$ sehingga tidak signifikan. Untuk parameter β_1 didapatkan $T_{hitung} = 20,55 > T_{tabel} = 2,228$, sehingga layak masuk dalam modal regresi dengan persamaan garis Regresi:

$$Y = 20,55 X + e$$

dimana Y = Konsentrasi limbah

X = Kadar Pb (lihat lampiran V(A).5)

Dari hubungan regresi linier yang tidak nyata tersebut diduga logam berat Pb yang ikut terakumulasi dalam tubuh ikan uji tidak terlalu mempengaruhi mortalitasnya. Tetapi apabila

akumulasi Pb semakin tinggi karena hewan uji dipelihara dalam air uji lebih lama. Diduga bisa menimbulkan toksikan pada ikan uji. Hasil penelitian Fardias, 1992) menyatakan Pb masuk kedalam tubuh melalui saluran pernapasan, membran kulit atau membran mucosa dan saluran pernapasan. Daya racun Pb di dalam tubuh diantaranya disebabkan oleh penghambatan enzim pembentuk hemoglobin oleh ion-ion Pb^{2+} dengan asam-asam amino cistein dan lain-lain dari enzim tersebut, akibatnya bisa menimbulkan anemia.

Apabila ikan hidup di perairan limbah buangan mengandung Pb, akumulasi Pb dalam tubuh ikan akan semakin tinggi. Apabila ikan-ikan dikonsumsi oleh hewan lain atau manusia, akan mengakibatkan keracunan Pb walupun kerentanan secara faal terhadap plumbum dipengaruhi oleh umur, nutrisi dan kehamilan (hamid) R.Z, 1991). Anak - anak jauh lebih rentan terhadap keracunan plumbum dibandingkan orang dewasa. Hal ini disebabkan saluran cerna anak-anak lebih besar mengosobsi plumbum dan disimpan di jaringan lunak dan cairan tubuh . Kekurangan gizi meningkatkan kemungkinan terjadinya keracuan plumbum bebas dalam darah. Makanan tinggi lemak meningkatkan absobsi plumbum disaluran cerna.

Plumbun dapat juga melalui sawar uri. Ibu hamil yang terdapat oleh plumbum meningkatkan terjadinya keguguran, lahir mati, dan kelahiran prematur serta mengurangi tingkat kesuburan wanita (Ratcliffe, (1981) dalam hamid R.Z. 1971)

B.3.b. Pengaruh plumbun terhadap beberapa sistem organ tubuh.

B.3.b.1. Efec plumbum terhadap sistim Hematologis. yaitu gangguan pada haem dan sintesa homoglobin, serta mempengaruhi bentuk ketahanan sel-sel darah. Gangguan pada haem dan sintesa homoglobin karena Aminoloevulinic Acid Dehyaratese (ALAD) merupakan enzym penbentukan heam dan sintesis hemoglobin yang sensitif terhadap penghambatan plumbum. Dan pembatasan ini terjadi pada jaringan Eritropoetik di sumsum tulang, sel darah merah yang berada dalam sirkulasi hati. ginjal dan otak. Aktivitas ALAD memerlukan gugus sulfidril seperti reduced Glutathion (GSH). Menurut aktivitas ALAD. Pada keracunan plumbum dikaitkan dengan menurunkannya kadar GSH akibat terikatnya GSH ini pada plumbum. Sedangkan pengaruh plumbum terhadap ketahanan sel darah merah karena plumbun menyebabkan kebocoran ion kalsium pada sel darah merah yang terpapar

terhadap plumbum. Karena itu plumbum menyebabkan anemia dan memperpendek umur sel darah merah.

Kadar plumbum darah yang berkisar 20-40 mg/l darah merah (Hamid D.R.Z, 1991)

3.b.2. Efec plumbum terhadap sistem neurologis/Syaraf.

Plumbum sangat toksik terhadap sistem syaraf. Gejala-gejala neurologis yang ditimbulkannya antara lain atropi syaraf optik, dan lemahnya pergelangan tangan (Ratcliffe (1981) dalam Hamid R.Z, 1971).

Plumbum dapat mempengaruhi fungsi otak. anak-anak dengan kadar plumbum yang tinggi dalam darahnya menunjukkan kelambanan atau reterdasi mental, kelainan tingkah laku, IQ rendah, hiperaktivitas (Odenbro et.al, 1983 dalam hamid R.Z., 1991). Menurut Ratcliffe (1981), kadar plumbum di dalam darah yang melebihi 90-100 mg/ 100 mg sering dihubungkan dengan timbulnya serangan enselopati yang ringan seperti muntah, sangat peka terhadap rangsangan kejang, dan cairan cerebrospinal yang abnarmal.

b.3. Efek plumbum terhadap ginjal.

Keracunaan plumbum dapat menyebabkan kegagalan

ginjal, sel-sel pada tubulus proximal paling sering terkena plumbum menunjukkan gejala sindroma amina-aciduria, Glyosuria, dan hyperphosphaturia. Kegagalan ginjal kronik ini sering dihubungkan dengan paparan terhadap plumbum dosis tinggi (lebih dari 70 mg/100 ml dalam jangka waktu yang lama.

Frekwensi Respirasi Hewan Uji.

Kenaikan konsentrasi air limbah ada pengaruh sangat nyata terhadap frekwensi Respirasi ikan permenit. Hasil perhitungan Anova satu arah diketahui $F_{hitung} = 21,84 > F_{tabel} = 4,39$. Dan hasil perhitungan Anova satu arah pada hari ke 96 jam. $F_{hitung} 262,20 > F_{tabel} = 4,39$, sehingga ada pengaruh sangat nyata terhadap frekwensi respirasi ikan.

Hal ini diduga karena saat ikan melakukan ekspirasi lembaran insang terhalang oleh partikel-partikel terlarut ataupun tersuspensi, Sehingga untuk membuang partikel-partikel secara terlarut ataupun tersuspensi, sehingga untuk membuang partikel-partikel tersebut di perlukan proses ekspirasi lebih banyak. Di samping itu kecepatan frekwensi respirasi ikan ini diduga karena jumlah oksigen yang terlarut kurang tercukupi sehingga untuk memenuhi kebutuhan akan oksigen dalam tubuhnya di perlukan proses

respirasi lebih banyak.

D. Tingkah Laku Hewan Uji.

Pada pengamatan tingkah laku hewan uji, setelah durasi 48 jam, Ikan yang berada pada bejana uji berkadar 500 cc/l mulai memucat warnanya dan terjadi sedikit pendarahan pada pangkal pinnae caudalisnya. Terkadang ikan menyembunyikan diri pada endapan limbah, sehingga pada saat inspirasi ada endapan maupun partikel-partikel dalam limbah yang masuk ke intestinum (abdomen tampak membiru). Sebagian endapan limbah tersebut ada yang berhasil di muntahkan kembali, diduga rigi-rigi branchia mampu menyaring endapan yang berukuran besar, sedangkan partikel-partikel dalam bentuk koloid atau tersuspensi tetap bisa melewatinya. Aktifitas pengembalian O_2 di permukaan bejana meningkat dan ikan masih tetap berenang dalam kelompok (terjadi pada 48 - 96 jam). Diperkirakan DO yang tersedia masih mencukupi kebutuhan respiratorik minimal bagi ikan. Untuk mempertahankan hidupnya makhluk hidup yang tinggal di air tergantung kepada oksigen terlarut minimal 5 mg/l air (Sastiawijaya, 1991).

Gejala tingkah laku di atas juga dijumpai pada ikan yang berada pada bejana berkadar 580 cc/l. Hanya saja disini ikan tidak lagi berenang dalam satu kelompok, melainkan mulai menyebar. Pada kadar 660

cc/l, ikan tampak sedikit beringas dan frekwensi pengambilan O_2 di permukaan semakin sering (83-87,5/menit) lihat tabel III. Juga ditemukan adanya pendarahan pada pangkal pinnae dorsalis dan pinnae caudalis. Keadaan yang lebih parah dapat dijumpai pada ikan-ikan yang berada pada bejana uji berkadar 740 cc/l. Selain ciri di atas, ditemukan pula bahwa organon visus dan bronchia mengalami sedikit pendarahan. Ikan tidak akan berenang dalam kelompok. Diduga hal ini merupakan usaha bagi ikan untuk mendapatkan O_2 lebih banyak. Selain itu, ikan juga sering mengambil O_2 langsung dari udara dengan lebih sering berenang di permukaan air bejana. Gerakan pinnae pectoralis dan pinnae caudalis nampak lemah dan aktivitas berenangnya nampak berkurang.

Melihat seringnya ikan mengambil O_2 dari permukaan air ini diperkirakan bahwa ikan kekurangan oksigen yang masuk ke dalam tubuh, sedangkan metabolit yang harus dibuang cukup banyak. Untuk mendapatkan O_2 sebanyak-banyaknya dari air diduga darah yang menuju ke bronchia semakin banyak, akhirnya pembuluh darah membesar, membengkak, kemudian pecah sehingga terjadi pendarahan. Pecahnya pembuluh darah diduga dapat pula disebabkan oleh tersumbatnya pembuluh darah yang keluar dari branchia atau penyempitan pembuluh darah yang keluar dari bronchia akibat

introduksi bahan toksik yang terkandung dalam limbah ke dalam pembuluh darah. Pendarahan pada organon visus diduga ada hubungan vascular antara choroidea pada Organon visus dengan branchia (Lagler et.al, 1977).

Ikan uji yang akan berada dalam kondisi sublethal menunjukkan gejala kehilangan keseimbangan tubuh. Ikan tersebut berenang tanpa arah yang jelas, terkadang oleng, dan lebih suka merapat ke dinding bejana. Pada keadaan yang lebih parah, ikan berenang lemah sesekali menjadi beringas. selanjutnya akan berada dalam posisi tegak lurus, terdapat di permukaan bejana, frekwensi pengambilan O_2 menurun (pada konsentrasi air uji 740 cc/l frekwensi respirasi menjadi 70,5 - 75,5/menit) lihat Tabel III. Dan pada saat inspirasi akan membuka mulutnya lebar-lebar, ikan masih sedikit bereaksi terhadap sentuhan rangsang. Menurut Mason(1981), perubahan tingkah laku maupun kondisi sublethal hewan sangat di pengaruhi oleh seberapa besar kadar bahan pencemar yang ada di perairan tempat hidupnya. Pada kadar rendah, ikan masih mampu mempertahankan kondisinya melalui mekanisme HOMEOSTATIK. Jika kadar dinaikan, akan timbul kompensasi, tetapi fungsi organ tetap berjalan tanpa kerugian metabolik yang berarti. Pada kadar maksimum, organisme mengalami stress dan mulai

terjadi gangguan fisiologik maupun kerusakan organ, di mana organisme itu tidak mampu lagi memperbaikinya. Dengan demikian, diperkirakan kondisi sublethal hewan uji disebabkan oleh gangguan fungsi organ dan juga kemungkinan timbulnya kerusakan organ yang tidak mampu diperbaiki.

K E S I M P U L A N

Berdasarkan hasil pengamatan, penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Penentuan Toksisitas LC_{50} -96 jam limbah cair RSUD Dr. Soedono Madiun dengan hewan uji ikan Tombro pada uji Pendahuluan sebesar 651,66 cc/liter dan Penentuan Toksisitas LC_{50} -96 jam pada uji Sesungguhnya sebesar 653,83 cc/liter.
2. Hasil analisa kualitas air limbah RSUD Dr. Soedono Madiun yang dilakukan di Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta diketahui bahwa sebagian komponen penyusun limbah tersebut belum memenuhi Baku Mutu Effluent Air Limbah yaitu BOD dan COD.
3. Konsentrasi air limbah buangan berpengaruh terhadap mortalitas ikan Tombro (Cyprinus carpio,L) dimana efek sublethalnya ditandai dengan hilangnya keseimbangan tubuh, pendarahan pada beberapa basis pinnae dan diakhiri dengan kematian.
Kematian ikan Tombro dipengaruhi oleh Peningkatan kadar BOD, COD, TSS, pH dan mungkin diduga juga disebabkan oleh logam berat Pb, hal ini perlu diadakan penelitian lebih lanjut, tentang pengaruh Pb terhadap kematian ikan Tombro.
Semakin tinggi konsentrasi air limbah semakin meningkatkan kecepatan respirasi ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- a. Anonymous, 1979/1980, Pencemaran Air dan Kehidupan Ikan, Balai Informasi Pertanian, Ciawi, pp. 2-11, 17-20.
- b. Bend, J.R., M.O. James and J.B. Pritchard, 1980, Aquatic Toxicology, dalam Introduction to Environmental Toxicology, F.E. Guthrie and J.J. Parry, eds., Elsevier North Holland, Inc., New York, pp. 173-184.
- c. Blumer, M., 1972. Oil Contamination and the Living Resources of the Sea, in Marine Pollution and Sea Life, M. Rivo, ed. Fishing News (Books) Ltd., Surrey, England pp : 476 - 480.
- d. Boyd. C.E dan F. Lichtkoppler, 1980. Water Quality Management in Pond Fish Culture. pp : 3-4.
- e. Durham, W.F., 1975. Toxicology. Dalam Dangerous Properties of Industrial Materials, N.I. Sax, ed., Van Nostrand Reinhold Co., New York. pp : 189 - 198.
- f. Eden, G.E., 1975. Waste Wastres and Their Teatment, dalam Chemistry and Pollution, F.R. Benn dan C.A. Mc Auliffe, Eds. The Mc Millan Press, Ltd London. pp : 103 - 129.
- g. Comougis, G., 1981, Environmental Biology for Engineers : A. Guide to Enviromental Assement, Mc.Graw Hill Book Company, New York, pp. 39-41, 72-88
- h. Clarke, E.G.C. and M.L. Clarke, 1978, Veterinary Toxicology, The English Language Book Society and Bailliere Tindall, London, pp. 2-15, 29-31, 89-91.
- i. Dix, H. M., 1981, Environmental Polution : Atmosphere, Land, Water and Noise, John Wiley and Sons, New York, pp. 3-22, 129, 140-158, 161-180.
- j. Durman, W.F. 1975, Taxicology, dalam Dengerous Properties of Industrial Materials, N.I. Sax, ed., Van Nostrand Rainhold Co. New York, pp. 189, 195.
- k. Fardiaz, S dan F. G. Winarno, 1974, Polusi dan Analisa Air, Fatemeta IPB, Bogor, pp. 1-12, 16-64.
- l. Lagler, K.F. J.E. Bardach, R.R. Miller and D.R.M. Pasino, 1977, Lchtyology, Second edition, John Wiley and Sons, New York, pp. 9.

- m. Leidy, R. B. 1980, Aquatic Organisms, dalam Introduction to Environmental Toxicology, F.E. Guthrie and J.J. Perry, eds., Elsevier North Holland, Inc., New York, pp. 120-128.
- n. Mahida, U.N. 1984, Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri, C.V. Rajawali, Jakarta, pp. xi-iii, 1-3, 16-44.
- o. Mason, C.F. 1981, Biology of Freshwater Pollution, Longman Group Limited, New York., pp. 1-9, 14-16, 34, 100-133, 172.
- p. Odum, E.P., 1971, Fundamentals of Ecology, Third, edition, W.R. Soundders Company, Philadelphia, pp. 195-299, 432-434, 440-443.
- q. Tanjung H.S.D., 1985, Lampiran Pedoman Laboratorium Biologi, kursus Dasar-dasar analisis Mengenai Dampak lingkungan, April 1985, Lembaga Penelitian Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Yogyakarta, p 40.
- z. Tanjung S.H.D., 1983, Penentuan Tosisitas, Kursus Analisa Dampak Lingkungan I, Mei 1983, Pusat Studi Lingkungan UGM, Yogyakarta, pp. 1, 7, 10-14.