

PENELITIAN PENGOLAHAN AIR SUNGAI YANG TERCEMAR OLEH BAHAN ORGANIK

Yayu Sofia ¹⁾ Tontowi ²⁾ Sukmawati Rahayu³⁾

^{1,2,3)}Peneliti, Puslitbang Sumber Daya Air
Jl.Ir.H.Juanda 193 No.193 Bandung

¹⁾E-mail: sofia_yayu@yahoo.com

²⁾E-mail: tontowibdg@yahoo.com

³⁾E-mail: sukmaimam@yahoo.com

Diterima: 8 Juli 2010; Disetujui: 5 Oktober 2010

ABSTRAK

Dalam rangka pengelolaan kualitas air, selain perlu dilaksanakan pemantauan kualitas air perlu juga dilakukan pengolahan terhadap air sungai yang sudah tercemar. Pengolahan air sungai yang tercemar dapat dilakukan dengan menggunakan cara fisika seperti reaerasi, pengendapan dan filtrasi. Penelitian untuk mengolah air sungai tercemar telah dilakukan di Desa Sukabirus, Kecamatan Margaasih, Kabupaten Bandung, yaitu terhadap air sungai Cimuka. Dalam percobaan ini telah dicoba 3 (tiga) sistem pengolahan yaitu: sistem saluran reaerasi, sistem pengendapan dan sistem penyaringan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem yang paling cocok untuk mengolah air sungai tersebut adalah sistem saluran reaerasi, yaitu mengalirkan melalui saluran reaerasi tipe dinding penghalang. Data yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan air sungai dengan sistem saluran reaerasi tersebut telah menaikkan kadar oksigen sebesar 300%, dan mengurangi kadar pencemar organik dalam bentuk nilai $KMnO_4$ sebesar 11%, BOD 20% dan COD sebesar 12%. Kadar bahan pencemar lain seperti zat tersuspensi juga turun sebesar 26%, kekeruhan turun sebesar 23% dan kadar amonia total turun 33%.

Kata kunci: Kualitas air, air sungai tercemar, reaerasi.

ABSTRACT

In the water quality management, besides monitoring it is also need to treat polluted river water. The treatment of polluted river water can be done by physical method such as reaeration, precipitation and filtration. The research on treatment of polluted river water (River Cimuka) was conducted at Desa Sukabirus, Kecamatan Margaasih, Kabupaten Bandung. There are 3 systems to be studied in this research that is reaeration, precipitation dan filtration. The result shows that the most suitable system for river water treatment is the aeration system, that is to pass to blocking wall reaeration chanel. Data from this research show that the river water treatment system can increase the dissolved oxygen up to 300% and decreasing the organic pollutant in the form of $KMnO_4$ value 11%, 20% of BOD and 12% of COD. The other pollutant such as suspended solid also decrease up to 26%, 23% for turbidity up to 23% and total ammonia up to 33%.

Keyword: Water quality, polluted river water, reaeration.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dengan berkembangnya bidang pemukiman serta bidang perindustrian maka kebutuhan air dengan kualitas yang baik akan semakin

bertambah. Di sisi lain, perkembangan kedua bidang tersebut cenderung mengakibatkan penurunan kualitas air pada sumber-sumber airnya. Mengingat hal tersebut maka perlu

dilakukan pengelolaan kualitas air serta pengendalian pencemaran air.

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dinyatakan bahwa Pengendalian Pencemaran Air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air.

Usaha untuk pencegahan dan penanggulangan pencemaran air dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan mengolah air limbah sebelum air limbah tersebut masuk ke sungai atau melakukan pengolahan air sungai yang sudah tercemar.

Teknologi pengolahan air limbah selama ini telah banyak dikembangkan, bahkan sudah banyak diterapkan di berbagai lokasi, sebaliknya teknologi pengolahan air sungai yang sudah tercemar relatif belum banyak diteliti. Mengingat hal-hal tersebut di atas maka perlu sekali dilakukan penelitian teknologi pengolahan air sungai yang sudah tercemar.

Maksud dan Tujuan

Maksud dari kegiatan ini adalah melakukan penelitian untuk mengolah air sungai yang sudah tercemar menggunakan metode fisika sehingga diperoleh kualitas air sungai yang lebih baik.

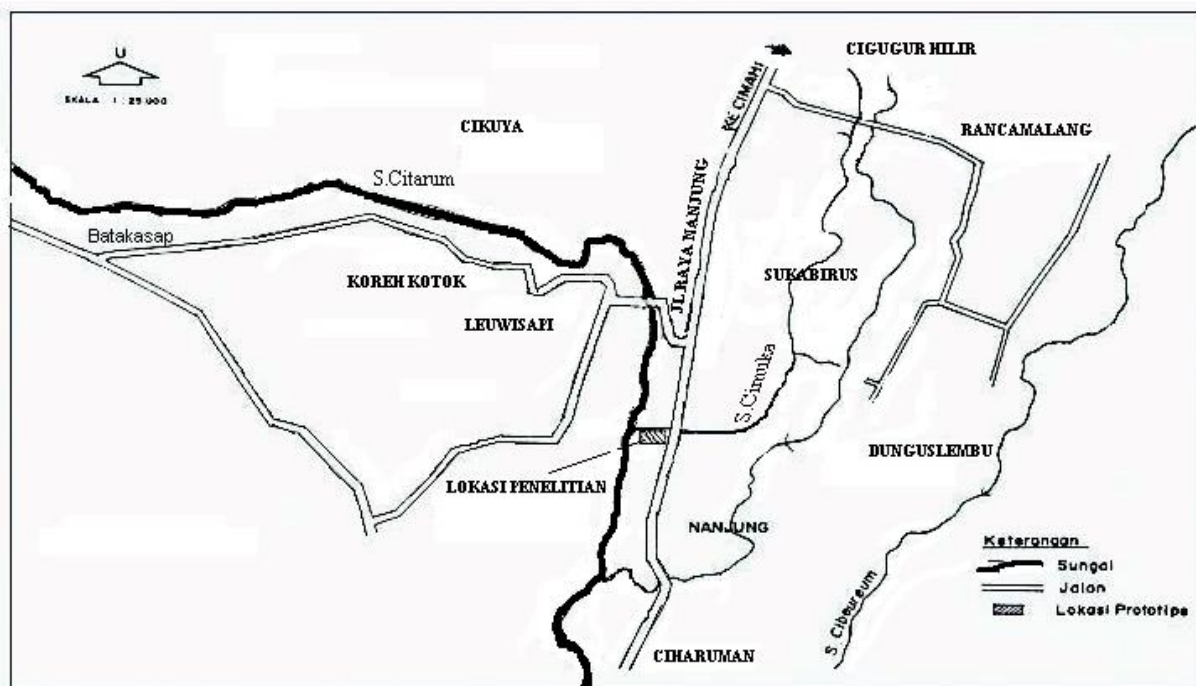
Tujuan dari kegiatan ini adalah diperolehnya teknologi pengolahan air sungai tercemar yang sederhana, praktis dan mudah diterapkan pada sungai-sungai di Indonesia.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada sungai Cimuka di Desa Sukabirus Kecamatan Margaasih, Kabupaten Bandung (lihat Gambar 1).

Pemilihan lokasi ini didasarkan pada alasan-alasan sebagai berikut:

- 1) Terdapat tanah milik PUSAIR yang lokasinya sangat cocok untuk penelitian karena terletak persis di pinggir S. Cimuka.
- 2) Lokasi penelitian merupakan lokasi yang pernah digunakan untuk penelitian pengolahan air sungai tahun 1987-1998 dan sisa bangunannya sebagian masih dapat dimanfaatkan.
- 3) Sungai Cimuka merupakan gabungan dari dua sungai yaitu sungai Cimindi dan sungai Cigugur yang menampung limbah kota dan limbah industri di Cimahi dan Leuwigajah sehingga kualitas airnya sangat tercemar.
- 4) Air sungai Cimuka dapat dialirkan ke lokasi penelitian tanpa pompa karena dapat dialirkan secara gravitasi.
- 5) Terdapat banyak tenaga yang siap membantu program penelitian.
- 6) Lokasinya mudah dijangkau dan segi keamanannya relatif terjamin



Gambar 1 Lokasi penelitian teknologi pengolahan air sungai yang tercemar

KAJIAN PUSTAKA

Pencemaran Air Sungai dan Proses Purifikasi

Air sungai yang keluar dari mata air biasanya mempunyai kualitas yang sangat baik. Namun dalam proses pengalirannya air tersebut akan menerima berbagai macam bahan pencemar, baik berupa bahan alamiah maupun bahan-bahan hasil buangan kegiatan manusia.

Air sungai secara alamiah sebenarnya mempunyai kemampuan untuk membersihkan diri dari bahan pencemar. Proses ini disebut proses purifikasi. Proses purifikasi ini telah berlangsung sepanjang perjalanan waktu tanpa perlu direkayasa oleh manusia. Sejak dahulu kala air sungai atau badan air telah menerima bahan pencemar, baik bahan pencemar yang alamiah seperti dedaunan dan ranting-ranting yang jatuh ke sungai, binatang yang mati tenggelam ataupun bahan pencemar yang dibuang manusia ke dalam sungai seperti kotoran atau sisa-sisa makanan. Keadaan ini telah berlangsung lama sekali tanpa terjadinya kasus pencemaran air. Hal ini disebabkan karena adanya proses purifikasi yaitu kemampuan air sungai untuk membersihkan diri terhadap bahan pencemar.

Kemampuan air sungai untuk membersihkan diri seperti disebutkan di atas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: temperatur, kecepatan aliran, kandungan bahan-bahan anorganik dalam air dan juga jenis tumbuhan yang ada di sungai tersebut (Ifabiyi, 2008). Apabila beban bahan pencemar yang masuk ke sungai lebih kecil dari batas kemampuan air sungai untuk membersihkan diri, maka bahan pencemar tersebut akan terus berkurang sehingga kualitas air sungai menjadi baik kembali dan tidak terjadi kasus pencemaran air. Sebaliknya, apabila beban bahan pencemar yang masuk ke sungai lebih besar dari batas kemampuan air sungai untuk membersihkan diri, maka bahan pencemar dalam air sungai akan terus bertambah sehingga terjadilah kasus pencemaran air.

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 didefinisikan bahwa pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Pemerintah R.I, 2001).

Dari berbagai penelitian dan pemantauan pada umumnya air sungai-sungai di Pulau Jawa, terutama di bagian hilirnya sudah mengalami pencemaran sehingga tidak sesuai untuk dipakai sebagai air baku air minum. Parameter yang umumnya melebihi kriteria yang berlaku adalah

oksigen terlarut, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand) dan bakteri koli (Januar, 2008). Untuk air sungai Citarum hulu, pencemaran air sungai umumnya disebabkan karena masuknya limbah domestik, industri dan pertanian di sepanjang alirannya (Sukmawati dan Tontowi, 2009).

Sumber Pencemaran Air di Sungai Cimuka

Sungai Cimuka merupakan gabungan dari dua sungai yaitu sungai Cimindi dan sungai Cigugur yang mengalir di daerah Cimahi Selatan. Oleh karena sungai-sungai tersebut mengalir melalui daerah pemukiman dan daerah industri di Cimahi selatan maka sumber pencemar yang utama di sungai Cimuka adalah limbah domestik dan limbah industri dari daerah tersebut.

Limbah domestik berasal dari kegiatan penduduk di daerah Cimahi selatan yang merupakan daerah paling padat di Cimahi. Data penduduk yang bermukim di daerah Cimahi selatan ini pada tahun 2002 sekitar 195.167 jiwa dan diperkirakan pada tahun 2010 mencapai 247.414 jiwa (BPS KotaCimahi, 2002).

Limbah industri yang masuk sungai Cimuka terutama juga berasal dari industri di Cimahi selatan. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan terdapat 119 industri di daerah tersebut yang terutama adalah industri tekstil (BPS KotaCimahi, 2002).

Pengolahan Air Sungai Tercemar

Pengolahan air sungai yang sudah tercemar memang belum banyak dilakukan di Indonesia. Usaha yang banyak dilakukan selama ini adalah mengurangi beban pencemaran yang terbangun ke badan sungai, yaitu melalui pengolahan air limbah, baik air limbah domestik maupun limbah industri sebelum air limbah tersebut masuk ke sungai.

Pengolahan air sungai yang sudah tercemar dapat dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip purifikasi yang terjadi di alam. Proses purifikasi air sungai yang tercemar terjadi terutama karena proses pengendapan, proses reaerasi dan proses dekomposisi bahan pencemar.

- 1) Proses pengendapan dapat menyebabkan zat tersuspensi dalam air berkurang sehingga air sungai menjadi lebih jernih dan kualitasnya membaik. Pada proses pengendapan selain zat tersuspensi yang mengendap biasa juga diikuti dengan dengan proses pengendapan bahan pencemar lain yang menempel dan terserap pada partikel tersuspensinya. Akibatnya terjadi pengurangan kadar bahan pencemar yang lain seperti bahan pencemar organik, logam berat, dan bahan pencemar lainnya.

- 2) Proses reaerasi merupakan proses masuknya oksigen dari udara ke medium air. Proses reaerasi dapat terjadi melalui terjunan air dan juga melalui aliran air sungai, terutama aliran yang bergejolak. Proses reaerasi dapat menyebabkan kadar oksigen dalam air meningkat sehingga air menjadi lebih segar. Peningkatan kadar oksigen dalam air sungai sangat berpengaruh terhadap perbaikan kualitas air karena oksigen dapat menyebabkan terjadinya proses dekomposisi bahan pencemar, terutama terjadi pada bahan pencemar organik. Terdapatnya unsur oksigen dalam air juga memungkinkan terjadinya proses oksidasi dan reaksi-reaksi tertentu tersebut antara lain: bahan pencemar organik, ammonia, nitrit dan sebagainya.
- 3) Pada proses penyaringan, selain kadar zat tersuspensinya berkurang kadar bahan pencemar lainnya umumnya juga ikut berkurang karena bahan pencemar ini dapat terserap oleh medium filternya. Proses penyerapan bahan pencemar pada sistem filtrasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya jenis bahan pencemarnya, jenis bahan filternya, diameter butiran filternya serta lamanya kontak antara bahan pencemar dengan medium filternya. Pada proses filtrasi kemungkinan juga terjadinya proses penyerapan atau penguraian bahan pencemar oleh mikroorganisme yang tumbuh dalam medium filternya.

Penelitian Pengolahan Air Sungai Tercemar

Penelitian pengolahan air sungai tercemar pernah dilakukan oleh Puslitbang Pengairan tahun 1997-1998. Metode yang digunakan adalah metode bendung lulus air yang prinsipnya adalah sistem penyaringan. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa bak yang bersifat meluluskan air dengan dimensi bangunan secara keseluruhan: panjang 11 meter, lebar 2 meter dan kedalaman 2 meter. Air yang diolah mula-mula masuk ke kolam pengendap kemudian masuk ke bak-bak yang masing-masing diisi dengan medium batu berdiameter 10 cm, 5 cm, 3 cm serta pasir.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan debit bervariasi antara 1,8-3,4 L/detik maka tingkat efisiensi pengolahan yang diperoleh untuk bahan pencemar organik COD dan BOD masing-masing sekitar 60,22% dan 61,74% (Badrudin, M., 1998).

Oleh karena volume keseluruhan bangunan pengolahan sebesar $11 \times 2 \times 2 = 44 \text{ m}^3$, maka efisiensi pengolahan per meter kubik

bangunan adalah sekitar : 1.4% untuk COD dan BOD.

Kelemahan yang sangat mencolok dari sistem penyaringan ini adalah terjadinya penyumbatan yang amat sangat mungkin terjadi mengingat air yang diolah sangat keruh dan mengandung kadar zat tersuspensi yang tinggi. Apabila terjadi penyumbatan maka medium yang berupa batu dan pasir harus dikeluarkan dan dicuci kembali, suatu pekerjaan yang sangat berat.

Di luar negeri pengolahan air sungai tercemar banyak diteliti dengan meningkatkan proses reaerasi sungai (Mohamed, M. et al., 2002, Reid, S.E. et al., 2007).

METODE PENELITIAN

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan melakukan berbagai pengukuran dan percobaan, baik di lapangan maupun di laboratorium.

Tahapan Kegiatan dan Metode yang Digunakan

Secara umum tahapan kegiatan dan metode yang digunakan dalam penelitian dapat diterangkan sebagai berikut:

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengkaji literatur dan bahan-bahan lain yang berhubungan dengan kualitas air sungai tercemar, proses reaerasi, proses purifikasi, sumber-sumber pencemaran dan proses pengolahan air. Selain itu dikaji juga penelitian pengolahan air sungai yang pernah dilakukan.

Pemilihan Lokasi Penelitian

Pemilihan lokasi penelitian dilakukan melalui survey lapangan, terutama di Daerah Aliran Sungai Citarum hulu. Dari hasil survey tersebut dipilih lokasi yang cocok untuk penelitian.

Percobaan Pengolahan Air Sungai

Percobaan pengolahan air sungai dilakukan dengan metode fisika yaitu melalui saluran reaerasi, bak pengendap dan medium filtrasi.

Pengambilan Contoh Air Sungai

Pengambilan contoh air sungai sebelum dan setelah proses pengolahan dilakukan untuk mendapatkan contoh air untuk diperiksa kualitasnya. Pengambilan contoh dilaksanakan sesuai metode standar yang berlaku.

Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran kualitas air, baik di lapangan maupun di laboratorium dilaksanakan menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.

Evaluasi Hasil Percobaan

Evaluasi hasil percobaan dilakukan dengan cara membandingkan kualitas air sebelum dan setelah pengolahan serta menghitung efisiensi pengolahan yang dihasilkan. Efisiensi pengolahan dihitung berdasarkan persen kenaikan oksigen atau persen penurunan kadar pencemar seperti BOD, COD, ammonium. Jika setelah diolah kadar oksigennya malah turun berarti efisiensinya negatif. Jika setelah diolah kadar pencemarnya malah naik berarti efisiensinya negatif.

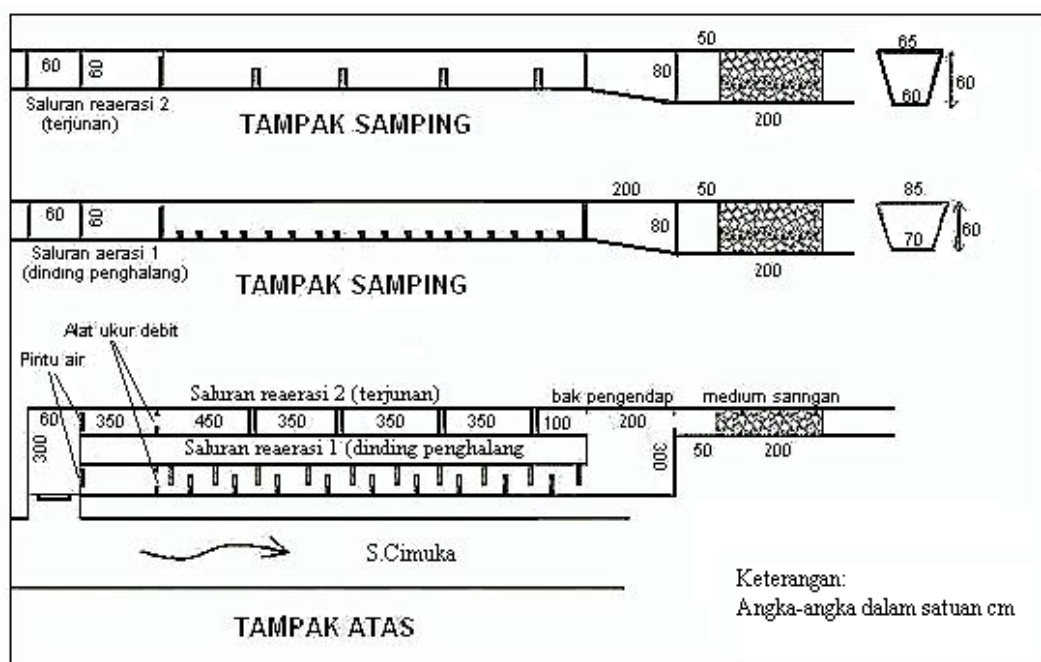
Percobaan Pengolahan Air Sungai Cimuka

Oleh karena air sungai Cimuka sangat tercemar dengan pH yang berfluktuasi dan umumnya bersifat sangat basa maka pengolahan yang cocok dan dicoba pada penelitian ini adalah pengolahan secara fisika. Pengolahan secara fisika ini dianggap sangat cocok untuk air sungai karena tidak menggunakan bahan-bahan kimia dan juga tidak tergantung pada mikroorganisme yang rentan terhadap perubahan pH.

Dalam penelitian ini dicoba 3 (tiga) sistem pengolahan air sungai secara fisika, yaitu:

- Saluran reaerasi
- Bak pengendap
- Medium filtrasi.

Skema model instalasi pengolahan air sungai yang dicoba dapat dilihat seperti Gambar 2.



Gambar 2 Gambar model Instalasi Pengolahan Air pada sungai Cimuka

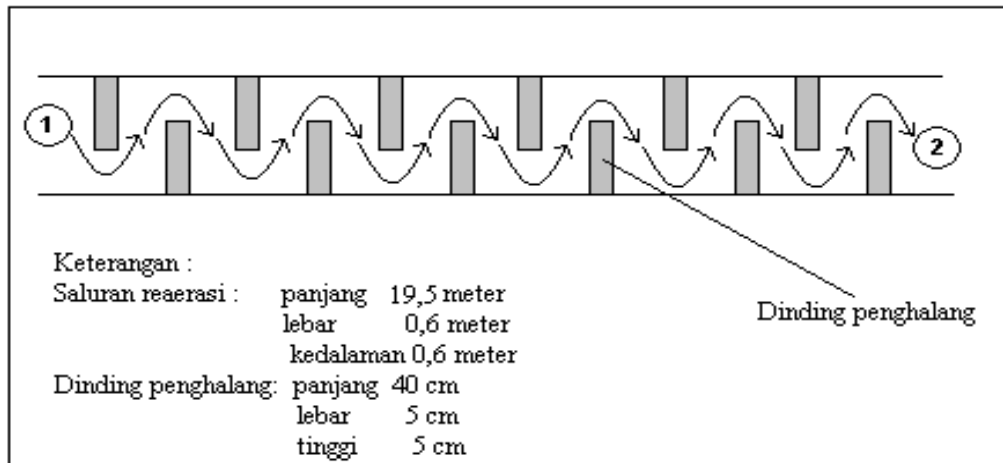
Keterangan dari skema ini adalah sebagai berikut:

Saluran reaerasi:

Sistem saluran reaerasi dimaksudkan untuk menaikkan kadar oksigen dan juga mengurangi kadar zat tersuspensi dan zat pencemar lainnya. Pada penelitian ini dicoba dua macam tipe saluran reaerasi yaitu saluran reaerasi tipe dinding penghalang dan saluran reaerasi tipe terjunan.

Saluran Reaerasi Tipe Dinding Penghalang.

Pada model IPA di sungai Cimuka, saluran reaerasi tipe dinding penghalang dibuat dengan ukuran sebagai berikut: panjang 19,5 meter, lebar 60 cm dan kedalaman 60 cm. Di sepanjang saluran tersebut dibuat dinding-dinding penghalang sehingga aliran air berbelok-belok karena menabrak dinding penghalang. Keadaan yang demikian diharapkan akan menimbulkan proses reaerasi yang lebih baik dan juga terjadinya proses pengendapan (lihat Gambar 3).

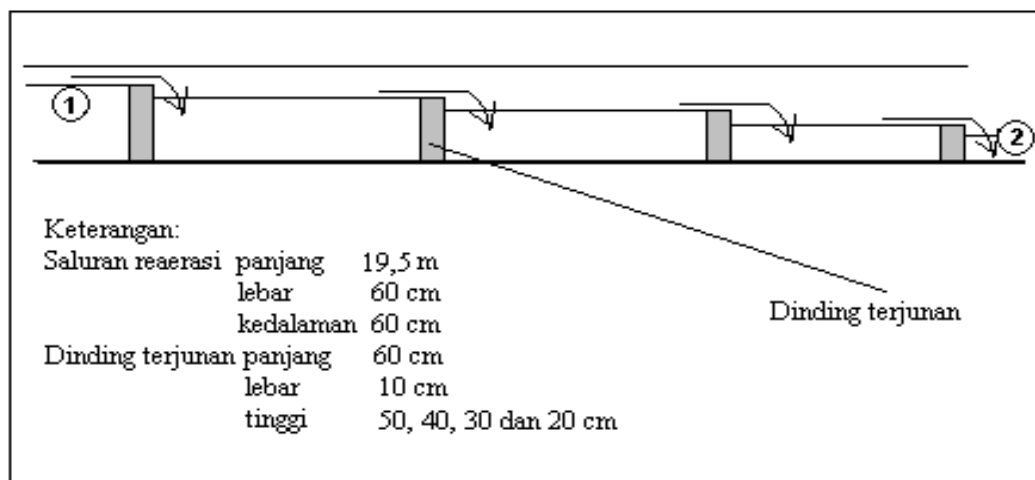


Gambar 3 Skema saluran reaerasi dinding penghalang tampak dari atas

Saluran Reaerasi Tipe Terjunan.

Pada model IPA di sungai Cimuka, saluran reaerasi tipe terjunan dibuat dengan ukuran sebagai berikut: panjang 19,5 meter, lebar 60 cm dan kedalaman 60 cm. Di sepanjang saluran

tersebut beberapa terjunan sehingga aliran air mengalami beberapa kali terjunan. Keadaan yang demikian diharapkan akan menimbulkan proses reaerasi yang lebih baik dan juga terjadinya proses pengendapan (lihat Gambar 4).

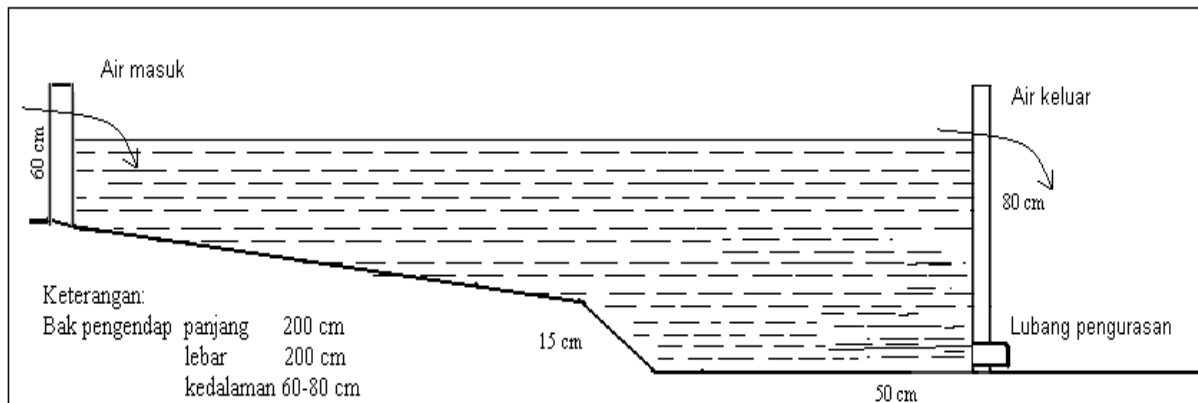


Gambar 4 Skema saluran reaerasi tipe terjunan tampak dari samping

Bak Pengendap:

Bak pengendap merupakan bak yang dibangun untuk mengendapkan zat-zat tersuspensi dalam air. Diharapkan dengan terjadinya pengendapan, maka bahan-bahan pencemar yang menempel dan terikat pada

partikel-partikel suspensi juga ikut mengendap sehingga kualitas air menjadi lebih baik. Pada model IPA di sungai Cimuka, bak pengendap dibuat dengan ukuran: panjang 200 cm, lebar 200 cm dan kedalaman 60-80 cm. (lihat Gambar 5)



Gambar 5 Skema bak pengendap tampak dari samping

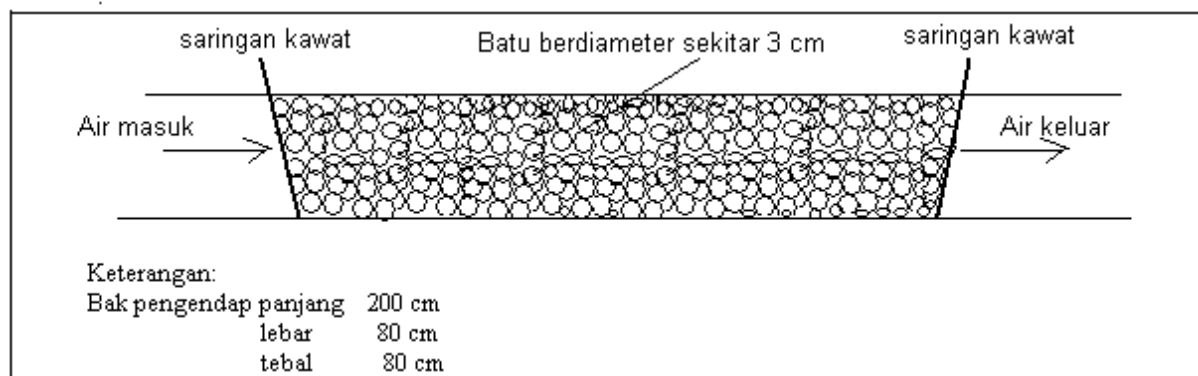
Medium Filtrasi:

Sistem filtrasi atau penyaringan juga dimaksudkan untuk mengurangi kadar zat tersuspensi dan bahan pencemar lainnya. Sistem filtrasi dilakukan dengan mengalirkan air sungai melalui medium filter yang berisi batu-batu kecil yang diameternya sekitar 3 cm.

Medium filter ini memang tidak diisi dengan pasir karena dari pengalaman sebelumnya ternyata saringan yang berisi pasir sangat rawan terhadap

penyumbatan. Rawannya penyumbatan ini disebabkan karena air sungai yang diolah sifatnya sangat keruh dan kotor serta mengandung kadar zat tersuspensi yang tinggi.

Medium filter pada penelitian ini dibuat dengan ukuran: panjang 200 cm, lebar 80 cm dan ketebalan 80 cm (lihat Gambar 6).



Gambar 6 Medium filter yang berisi batu-batu kecil

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Kualitas Air Sungai Cimuka

Kualitas air sungai Cimuka yang akan diolah perlu diperiksa secara lengkap. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui parameter-parameter yang bermasalah, yang merupakan

indikator terjadinya pencemaran. Pengambilan contoh air untuk pemeriksaan secara lengkap ini dilakukan di Jembatan Sukabirus pada 5 Mei 2009. Hasil pengukuran kualitas air sungai Cimuka tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengukuran kualitas air Sungai Cimuka di lokasi Jembatan Sukabirus

	Parameter	Satuan	Pengulangan			Rata-rata
			1	2	3	
1	Suhu	° C	25,4	30,0	30,8	28,7
2	Zat terlarut	mg/L	1308	1640	1528	1492
3	Zat tersuspensi	mg/L	144	140	160	148
4	pH	-	8,7	8,9	9,0	8,9
5	BOD	mg/L	48,2	43,6	44,7	45,5
6	COD	mg/L	152	154	143	150
7	Oksigen terlarut	mg/L O ₂	3,4	3,6	2,4	3,1
8	Amoniak total (NH ₃ -N)	mg/L	5,67	3,69	4,98	4,78
9	Fosfat total (PO ₄ -P)	mg/L	0,938	0,713	2,08	1,244
10	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	0,25	0,30	0,25	0,27
11	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0,099	0,119	0,133	0,117
12	Boron (B)	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
13	Kadmium (Cd)	mg/L	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
14	Kromium (Cr)	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
15	Tembaga (Cu)	mg/L	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016
16	Besi (Fe)	mg/L	0,799	0,768	0,753	0,773
17	Timbal (Pb)	mg/L	< 0,021	< 0,021	< 0,021	< 0,021
18	Mangan (Mn)	mg/L	0,799	0,090	0,066	0,318
19	Seng (Zn)	mg/L	0,027	0,024	0,015	0,022
20	Klorida (Cl)	mg/L	166	362	333	287
21	Fluorida (F)	mg/L	< 0,05	< 0,021	0,094	0,031
22	Sulfat (SO ₄)	mg/L	244	259	266	256
23	Minyak-lemak	mg/L	1,2	1,6	0,80	1,2
24	Detergen (MBAS)	mg/L	0,843	0,929	0,768	0,847
25	Fenol	mg/L	< 0,02	0,026	< 0,02	< 0,02

Dari hasil pengukuran kualitas air tersebut ternyata air sungai Cimuka memang sangat tercemar dan sangat berfluktuatif sehingga perlu sekali diolah sebelum masuk ke sungai penerima yaitu sungai Citarum. Pencemaran air sungai ini terutama terlihat dari beberapa indikator pencemaran air seperti kadar oksigen terlarut yang rendah berkisar antara 2,4-3,6 mg/L; nilai pH yang berfluktuasi, umumnya basa dengan nilai pH sekitar 9,0; kadar bahan pencemar organik yang tinggi dengan nilai BOD sekitar 43,6-48,2 mg/L dan nilai CODnya berkisar antara 143-154 mg/L; kadar zat tersuspensi yang tinggi antara 140-160 mg/L dan kadar ammonia total yang tinggi berkisar antara 3,69-5,67 mg/L.

Parameter-parameter yang lain seperti fosfat, nitrat, nitrit, boron, klorida dan juga logam berat seperti kadmium, kromium, besi, timbal dan seng kadarnya relatif kecil.

Berdasarkan kenyataan tersebut di atas dan juga agar penelitian dapat dilakukan secara efisien maka dalam percobaan pengolahan air sungai ini

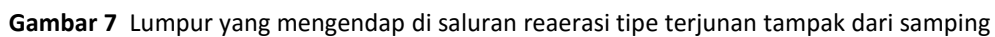
pemeriksaan kualitas air tidak dilakukan secara lengkap tetapi dipilih hanya parameter-parameter yang dianggap penting saja, seperti oksigen terlarut, zat organik dan sebagainya.

Hasil Percobaan Untuk Melilih Tipe Saluran Reaerasi

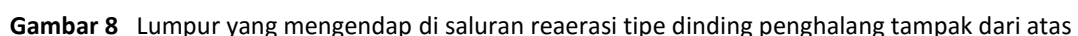
Pada penelitian ini dicoba 2 (dua) tipe saluran reaerasi yaitu tipe dinding penghalang dan tipe terjunan. Percobaan dilakukan dengan debit sebesar 0,8 L/detik dengan panjang saluran masing-masing 19,5 meter dan kemudian dihitung efisiensi pengolahannya. Efisiensi pengolahan air dihitung berdasarkan persen kenaikan oksigen atau persen penurunan kadar pencemar seperti zat organik (nilai KMnO₄) dan zat tersuspensi. Jika setelah diolah kadar oksigennya turun berarti efisiensinya negatif. Demikian juga jika setelah diolah kadar pencemarnya naik berarti efisiensinya negatif. Hasil percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 2.

No.	Parameter	Efisiensi pengolahan (%)	
		Tipe dinding penghalang	Tipe terjunan
1	Oksigen terlarut	86	40
2	Zat organik (nilai $KMnO_4$)	18	15
3	Zat tersuspensi	21	14
4	Kekeruhan	28	9,5

Pada tipe terjunan lumpur mengendap di dasar saluran di dekat dinding terjunan sehingga pembersihannya sangat sulit karena air harus dikeringkan dulu baru lumpurnya dapat dikeruk. (lihat Gambar 7).



airnya cepat mengering sehingga mudah dibersihkan (lihat Gambar 8).



Seperti telah diterangkan sebelumnya bahwa dalam penelitian ini akan dicoba 3 (tiga) sistem

pengolahan air sungai secara fisika, yaitu: sistem saluran reaerasi, sistem bak pengendap dan sistem filtrasi. Untuk sistem saluran reaerasi, berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, ternyata saluran tipe dinding penghalang menghasilkan hasil olahan yang lebih baik dan lebih mudah dirawat dan dibersihkan lumpurnya sehingga pada percobaan selanjutnya saluran reaerasi tipe dinding penghalang ini yang digunakan.

A. Efisiensi Sistem Saluran Reaerasi Tipe Dinding Penghalang,

Percobaan dilakukan dengan mengalirkan air sungai Cimuka melalui saluran reaerasi dengan debit 0,25 L/det, panjang saluran 19,5 meter dan waktu pengaliran sekitar 3-4 menit. Selanjutnya diamati kualitas air sebelum saluran dan setelah saluran serta dihitung persen efisiensinya.

Percobaan ini dilaksanakan selama 3 (tiga) hari dimana setiap harinya dilakukan 2 kali pengukuran dan pengambilan contoh air, yaitu pada pagi dan siang hari. Seperti telah diterangkan sebelumnya bahwa kualitas air sungai Cimuka sangat berfluktuasi, terutama kadar oksigen terlarutnya.

Pada hari pertama, percobaan 1 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum saluran reaerasi sebesar 0,85 mg/L dan setelah saluran reaerasi naik menjadi 0,96 mg/L sehingga efisiensinya sebesar 13%. Pada percobaan 2 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum saluran reaerasi sebesar 0,85 mg/L dan setelah saluran reaerasi naik menjadi 1,16 mg/L sehingga efisiensinya masing-masing sebesar 36%.

Pada hari kedua (percobaan 3 dan 4) kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum saluran reaerasi sebesar 0,00 mg/L dan setelah saluran reaerasi tetap 0,00 mg/L baik pada percobaan 3

maupun percobaan 4 sehingga efisiensinya masing-masing sebesar 0%.

Pada hari ketiga, percobaan 5 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum saluran reaerasi sebesar 0,13 mg/L dan setelah saluran reaerasi naik menjadi 1,80 mg/L sehingga efisiensinya sebesar 1285%. Pada percobaan 6 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum saluran reaerasi sebesar 0,25 mg/L dan setelah saluran reaerasi naik menjadi 1,42 mg/L sehingga efisiensinya sebesar 468%.

Hasil percobaan pengolahan air sungai dengan saluran reaerasi dinding penghalang untuk parameter kadar oksigen ini dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan hasil efisiensi pengolahannya untuk 7 parameter yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Dari data yang telah diperoleh terlihat bahwa air sungai yang sangat kotor dengan kadar oksigen nol (percobaan 3 dan 4) pada pengolahan ini masih belum dapat menambah kadar oksigennya, tetapi kadar bahan pencemar yang lain seperti zat organik, BOD, COD, zat tersuspensi, kekeruhan dan amoniumnya dapat berkurang. Pengurangan bahan pencemar tersebut kemungkinan disebabkan karena terjadinya proses pengendapan disekitar dinding penghalang tersebut.

Untuk air sungai yang kadar oksigennya nol mungkin diperlukan saluran yang lebih panjang lagi agar dapat menaikkan kadar oksigennya. Untuk air sungai yang kadar oksigennya tidak nol terlihat bahwa kenaikan kadar oksigen cukup besar apabila kadar permulaannya kecil. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Puslitbang Sumber Daya Air tahun 2004 (Puslitbang Sumber Daya Air 2005).

Tabel 3 Hasil percobaan pengolahan air sungai dengan saluran reaerasi dinding penghalang untuk parameter kadar oksigen

Nomor percobaan	Kadar oksigen terlarut air sungai (mg/L)		Efisiensi pengolahan (%)
	Sebelum sal.reaerasi	Setelah sal.reaerasi	
Percobaan-1	0,85	0,96	13
Percobaan-2	0,85	1,16	36
Percobaan-3	0,00	0,00	0
Percobaan-4	0,00	0,00	0
Percobaan-5	0,13	1,80	1285
Percobaan-6	0,25	1.42	468

Tabel 4 Efisiensi pengolahan air sungai dengan sistem saluran reaerasi tipe dinding penghalang

No	Parameter	Efisiensi (%)						
		1	2	3	4	5	6	Rata-rata
1.	Oksigen terlarut	13	36	0	0	1285	468	300
2.	Nilai KMnO_4	8	9	3,6	21	15	7	11
3.	BOD	14	37	21	11	15	21	20
4.	COD	10	10	8	6	13	26	12
5.	Zat tersuspensi	12	65	22	16	30	54	33
6.	Kekeruhan	6	67	25	13	31	35	30
7.	Amonia Total	-10	52	26	15	52	64	33

B. Sistem Bak Pengendap,

Percobaan dilakukan dengan mengalirkan air sungai Cimuka melalui bak pengendap dengan debit 0,25 L/det dan diamati kualitas air sebelum dan setelah bak pengendap serta dihitung persen efisiensinya pengolahannya.

Percobaan ini dilaksanakan selama 3 (tiga) hari dan seperti telah diterangkan sebelumnya bahwa kualitas air sungai Cimuka sangat berfluktuasi, terutama kadar oksigen terlarutnya.

Pada hari pertama, percobaan 1 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum bak pengendap sebesar 0,96 mg/L dan setelah bak pengendap malah turun menjadi 0,33 mg/L sehingga efisiensinya -66%. Pada percobaan 2 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum bak pengendap sebesar 1,16 mg/L dan setelah bak pengendap turun menjadi 0,19 mg/L sehingga efisiensinya -84%.

Pada hari kedua, percobaan 3 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum bak pengendap sebesar 0,00 mg/L dan setelah bak pengendap tetap 0,00 mg/L sehingga efisiensinya 0 %. Pada percobaan 4 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum bak pengendap sebesar 1,80 mg/L

dan setelah bak pengendap turun menjadi 1,30 mg/L sehingga efisiensinya -28%.

Pada hari ketiga, pada percobaan 5 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum bak pengendap sebesar 1,42 mg/L dan setelah bak pengendap turun menjadi 0,39 mg/L sehingga efisiensinya -73%.

Hasil percobaan pengolahan air sungai dengan bak pengendap untuk parameter kadar oksigen ini dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan hasil efisiensi pengolahannya untuk 7 parameter yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

Pada percobaan dengan bak pengendap ini terlihat bahwa untuk parameter kadar oksigen pada umumnya efisiennya negatif, artinya kadar oksigen setelah pengolahan menjadi lebih kecil. Hal ini disebabkan karena kadar oksigen digunakan oleh bakteri untuk menguraikan bahan-bahan pencemar, terutama bahan pencemar organik. Pada proses ini kemungkinan terjadi juga pembentukan amonium sehingga efisiensinya pada umumnya menjadi negatif.

Tabel 5 Hasil percobaan pengolahan air sungai dengan bak pengendap untuk parameter kadar oksigen

Nomor percobaan	Kadar oksigen terlarut air sungai (mg/L)		Efisiensi pengolahan (%)
	Sebelum bak pengendap	Setelah bak pengendap	
Percobaan-1	0,96	0,33	-66
Percobaan-2	1,16	0,19	-84
Percobaan-3	0,00	0,00	0
Percobaan-4	1,80	1,30	-28
Percobaan-5	1,42	0,39	-73

Tabel 6 Efisiensi pengolahan air sungai dengan sistem bak pengendap

No	Parameter	Efisiensi (%)					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
1.	Oksigen terlarut	-66	-84	0	-28	-73	-50
2.	Nilai KMnO_4	8	7	4	2	4	5
3.	BOD	2	6	11	3	6	6
4.	COD	-3	-1	2	-2	8	1
5.	Zat tersuspensi	-21	-14	8	14	10	-1
6.	Kekeruhan	-17	-13	8	15	18	2
7.	Amonia Total	-69	-48	13	-83	-101	-58

C. Sistem Filtrasi

Percobaan dilakukan dengan mengalirkan air sungai Cimuka melalui medium filtrasi sepanjang 200 cm yang diisi batu-batu kecil yang diameternya kira-kira 3 cm dengan debit 0,25 L/detik. Selanjutnya diamati kualitas air sebelum medium filtrasi dan setelah medium filtrasi dan dihitung persen efisiensinya.

Percobaan ini dilaksanakan selama 2 (dua) hari karena setelah hari kedua sistim filtrasinya mengalami penyumbatan. Pada hari pertama, percobaan 1 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum medium filtrasi sebesar 0,33 mg/L dan setelah medium filtrasi naik menjadi

0,45 mg/L sehingga efisiensinya 36%. Pada percobaan 2 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum medium filtrasi sebesar 0,19 mg/L dan setelah medium filtrasi naik menjadi 0,75 mg/L sehingga efisiensinya 295%.

Pada hari kedua, percobaan 3 kadar oksigen terlarut air sungai Cimuka sebelum medium filtrasi sebesar 0,00 mg/L dan setelah medium filtrasi tetap 0,00 mg/L sehingga efisiensinya 0 %.

Hasil percobaan pengolahan air sungai dengan sistem filtrasi untuk parameter kadar oksigen ini dapat dilihat pada Tabel 7, sedangkan hasil efisiensi pengolahannya untuk 7 parameter yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7 Hasil percobaan pengolahan air sungai dengan sistem filtrasi dengan batu kecil untuk parameter kadar oksigen

Nomor percobaan	Kadar oksigen terlarut air sungai (mg/L)		Efisiensi pengolahan (%)
	Sebelum medium filtrasi	Setelah medium filtrasi	
Percobaan-1	0,33	0,45	36
Percobaan-2	0,19	0,75	295
Percobaan-3	0,00	0,00	0

Tabel 8 Efisiensi pengolahan air sungai sistem filtrasi batu kecil

No	Parameter	Efisiensi (%)			
		1	2	3	Rata-rata (%)
1.	Oksigen terlarut	36	295	0	110
2.	Nilai KMnO_4	0	0	2	1
3.	BOD	6	-6	5	2
4.	COD	9	0	2	4
5.	Zat tersuspensi	26	4	4	11
6.	Kekeruhan	23	-7	2	6
7.	Amonia Total	22	-31	-13	-7

Seperti hasil percobaan dengan saluran reaerasi, data yang diperoleh pada percobaan ini juga memperlihatkan bahwa air sungai yang sangat kotor dengan kadar oksigen nol (percobaan 3) masih belum dapat dinaikkan kadar oksigennya, tetapi kadar bahan pencemar yang lain seperti nilai KMnO_4 , BOD, COD, zat tersuspensi dan kekeruhan dapat berkurang. Pengurangan bahan pencemar tersebut kemungkinan disebabkan karena terjadinya proses pengendapan disekitar butiran-butiran batu yang merupakan media filter tersebut.

Perbandingan Efisiensi Ketiga Instalasi Pengolahan Air Sungai

Dari hasil percobaan-percobaan yang telah dilaksanakan untuk mengolah air sungai Cimuka dengan menggunakan 3 (tiga) sistem, yaitu sistem saluran reaerasi, sistem bak pengendap dan sistem filtrasi dapat dibuat perbandingannya seperti pada Tabel 9.

Tabel 9 Perbandingan efisiensi ketiga sistem Pengolahan Air Sungai Cimuka

No	Parameter	Efisiensi pengolahan rata-rata (%)		
		Sistem saluran reaerasi	Sistem bak pengendap	Sistem filtrasi batu kecil
1.	Oksigen terlarut	300	-50	110
2.	Nilai KMnO_4	11	5	1
3.	BOD	20	6	2
4.	COD	12	1	4
5.	Zat tersuspensi	33	-1	11
6.	Kekeruhan	30	2	6
7.	Amonia Total	33	-58	-7

Dari Tabel 9 di atas terlihat bahwa saluran reaerasi tipe dinding penghalang ternyata menghasilkan proses pengolahan yang sangat efektif dibanding dengan sistem yang lainnya, yaitu sistem bak pengendap dan filtrasi, Pengolahan dengan saluran reaerasi dinding penghalang yang telah dicoba telah dapat menaikkan kadar oksigen terlarut rata-rata sebesar 300%, sedangkan sistem bak pengendap oksigennya malahan turun rata-rata sebesar 50% dan sistem filtrasi hanya menaikkan oksigen terlarut sebesar 110%,

Kadar zat pencemar organik, baik sebagai nilai KMnO_4 , BOD maupun COD semua sistem yang dicoba mengalami penurunan, namun sistem saluran reaerasi penurunannya paling besar yaitu nilai KMnO_4 rata-rata sebesar 11%, BOD 20% dan COD sebesar 12% .

Pemeriksaan terhadap amonia total juga menunjukkan bahwa sistem saluran reaerasi mampu menurunkan kadar bahan pencemar tersebut lebih besar dibandingkan dengan sistem lainnya. yaitu sebesar 33%, sementara sistem yang lain malahan mengalami penambahan. Kadar zat tersuspensi juga memperlihatkan bahwa dengan sistem saluran reaerasi penurunannya paling besar dibandingkan dengan sistem lainnya.

Selain menghasilkan proses pengolahan yang lebih baik, saluran reaerasi tipe dinding

penghalang juga mempunyai keuntungan lain, yaitu kemudahan dalam pembersihan lumpur. Pada saluran reaerasi tipe dinding penghalang, lumpurnya mengendap di samping dinding penghalang yang airnya cepat mengering sehingga mudah dibersihkan. Pada sistem bak pengendap pembersihan lumpurnya sangat sulit karena harus dikeringkan dulu baru dibersihkan, sementara untuk sistem penyaringan pembersihannya lebih sulit lagi karena saringan yang terdiri dari batu-batu harus diangkat dahulu dan dicuci sampai bersih.

KESIMPULAN

- 1) Karakteristik kualitas air Sungai Cimuka menunjukkan kadar oksigen terlarut yang rendah yaitu antara 0 – 0.85 mg/L, sedangkan parameter pencemar seperti BOD, COD, amonia total dan residu tersuspensi relatif tinggi masing-masing BOD 47 – 83 mg/L ; COD 143 – 188 mg/L; amonia total 2,01 – 5,17 mg/L dan zat tersuspensi 66 – 280 mg/L. Kadar beberapa logam berat seperti Cd, Cr, Cu dan Pb masing-masing tidak terdeteksi.
- 2) Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan ternyata pengolahan air sungai Cimuka dengan sistem saluran reaerasi tipe dinding penghalang merupakan sistem yang

- paling baik dibandingkan dengan sistem bak pengendap dan sistem filtrasi.
- 3) Dengan sistem pengolahan melalui saluran reaerasi tipe dinding penghalang, maka efisiensi pengolahan yang diperoleh dalam percobaan ini adalah sebagai berikut:
 - Oksigen terlarutnya mengalami kenaikan rata-rata 300 %. Meskipun demikian untuk air sungai yang kadar oksigennya nol pada percobaan ini masih belum dapat dinaikkan, mungkin perlu saluran yang lebih panjang lagi.
 - Bahan pencemar organik (nilai KMnO₄) turun rata-rata sebesar 11 %
 - Bahan pencemar organik (BOD) mengalami penurunan rata-ratanya sebesar 20 %
 - Bahan pencemar organik (COD) mengalami penurunan rata-rata sebesar 12%
 - Zat tersuspensi mengalami penurunan rata-rata sebesar 33%
 - Kekerusihan mengalami penurunan rata-rata sebesar 30%,
 - Kadar ammonia total mengalami penurunan rata-rata sebesar 33%
 - 4) Meskipun efisiensi pengolahan dengan sistem reaerasi tipe dinding penghalang untuk parameter oksigen terlarut rata-ratanya cukup signifikan yaitu sebesar 300 %, namun kadar oksigen terlarutnya belum mencapai 3 mg/L yang merupakan kriteria minimum untuk klasifikasi kelas III pada PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
 - 5) Pengolahan air sungai tercemar melalui saluran reaerasi dinding penghalang sangat menguntungkan untuk diterapkan di Indonesia sebab tanpa bahan kimia, tanpa listrik, dan mudah pengoperasiannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak, terutama kepada para petugas di Laboratorium Kualitas Air Balai Lingkungan Keairan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, atas kerjasamanya dan bantuannya sehingga terwujudnya tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Cimahi, 2002, *Data Statistik Kota Cimahi Tahun 2002*, Cimahi.
- Badruddin, M, 1998, *Prototip Bendung Lolos Air*, Puslitbang pengairan, Bandung.
- Ifabiyi, I. P. , 2008. *Self Purification of a freshwater Stream in Ile-Ife: Lessons for Water Management*, Journal of Human Ecology 24(2).
- Januar dkk, 2008, *Kualitas Air Sungai-sungai di Pulau Jawa Tahun 2008*, Prosiding Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Bidang Sumber Daya Air, Tanggal 23-24 Juli 2008 di Bandung
- Pusat Litbang Sumber Daya Air, 2005, *Laporan Akhir Penelitian Teknologi Pengendalian dan Pengelolaan Kualitas Air*, Bandung.
- Mohamed,M., J.D. Stednick and F.M. Smith, 2002, *Comparison of field measurements to predicted reaeration coefficients, k₂, in the application of a water quality model, QUAL2E, to a tropical river*, Water Science & Technology Vol.46,No.9.
- Pemerintah Republik Indonesia, 2001, *Peraturan Pemerintah Nomor: 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*, Jakarta.
- Reid, S.E., P.A. Mackinnon and T.Elliot, 2007, *Direct measurements of reaeration rates using noble gas tracers in the River Lagan, Northern Ireland*, Water and Environment Journal Volume 21 Issue 3.
- Sukmawati,R. dan Tontowi, 2008, *Pengaruh Bahan Pencemar Dari Anak-anak Sungai Terhadap Penurunan Kualitas Air Sungai Citarum Bagian Hulu*, Buletin Pengairan, Vol. 1 , No.2, Desember 2008
- Tontowi, 2006, *Peranan Unsur Oksigen Terlarut Pada Kualitas Air Sungai*, Prosiding Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Bidang Sumber Daya Air, Tanggal 27-28 November 2006, Bandung.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil pengolahan air sungai dengan sistem saluran reaerasi type dinding penghalang

No. Percobaan	Parameter	Debit (L/detik)	Sebelum Saluran	Setelah Saluran	Efisiensi pengolahan (%)
1	Kadar Oksigen (mg/L)	0.25	0.85	0.96	13
2		0.25	0.85	1.16	36
3		0.25	0.00	0.00	0
4		0.25	0.00	0.00	0
5		0.25	0.13	1.80	1285
6		0.25	0.25	1.42	468
Rata-rata					300
1	Nilai KMnO ₄ (mg/L)	0.25	201	185	8
2		0.25	212	192	9
3		0.25	274	264	3.6
4		0.25	274	217	21
5		0.25	161	137	15
6		0.25	182	170	7
Rata-rata					11
1	BOD (mg/L)	0.25	58	50	14
2		0.25	83	52	37
3		0.25	78	62	21
4		0.25	68	60	11
5		0.25	47	40	15
6		0.25	61	48	21
Rata-rata					20
1	COD (mg/L)	0.25	174	156	10
2		0.25	161	145	10
3		0.25	186	172	8
4		0.25	180	170	6
5		0.25	143	125	13
6		0.25	188	140	26
Rata-rata					12
1	Zat tersuspensi (mg/L)	0.25	66	58	12
2		0.25	280	98	65
3		0.25	110	86	22
4		0.25	102	86	16
5		0.25	126	88	30
6		0.25	136	62	54
Rata-rata					33
1	Kekeruhan (NTU)	0.25	32	30	6
2		0.25	160	53	67
3		0.25	69	52	25
4		0.25	62	54	13
5		0.25	80	55	31
6		0.25	75	49	35
Rata-rata					30
1	Ammonia Total (mg/L)	0.25	2.77	3.05	-10
2		0.25	3.53	1.70	52
3		0.25	3.03	2.24	26
4		0.25	2.01	1.71	15
5		0.25	4.68	2.23	52
6		0.25	5.17	1.88	64
Rata-rata					33

Lampiran 2 Hasil pengolahan air sungai dengan sistem bak pengendap

No. Percobaan	Parameter	Debit (L/detik)	Sebelum Saluran	Setelah Saluran	Efisiensi pengolahan (%)
1	Kadar Oksigen (mg/L)	0.25	0.96	0.33	-66
2		0.25	1.16	0.19	-84
3		0.25	0.00	0.00	0
4		0.25	1.8	1.3	-28
5		0.25	1.42	0.39	-73
Rata-rata					-50
1	Nilai KMnO ₄ (mg/L)	0.25	185	171	8
2		0.25	192	178	7
3		0.25	264	254	4
4		0.25	137	134	2
5		0.25	170	164	4
Rata-rata					5
1	BOD (mg/L)	0.25	50	49	2
2		0.25	52	49	6
3		0.25	62	55	11
4		0.25	40	39	3
5		0.25	48	45	6
Rata-rata					6
1	COD (mg/L)	0.25	156	161	-3
2		0.25	145	146	-1
3		0.25	172	168	2
4		0.25	125	127	-2
5		0.25	140	129	8
Rata-rata					1
1	Zat tersuspensi (mg/L)	0.25	58	70	-21
2		0.25	98	112	-14
3		0.25	86	79	8
4		0.25	88	76	14
5		0.25	62	56	10
Rata-rata					-1
1	Kekeruhan (NTU)	0.25	30	35	-17
2		0.25	53	60	-13
3		0.25	52	48	8
4		0.25	55	47	15
5		0.25	49	40	18
Rata-rata					2
1	Ammonia Total (mg/L)	0.25	3.05	5.16	-69
2		0.25	1.70	2.51	-48
3		0.25	2.24	1.96	13
4		0.25	2.23	4.08	-83
5		0.25	1.88	3.77	-101
Rata-rata					-58