

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan pada kolam fakultatif 2B Instalasi Pengolahan Air Kotor Bojongsoang yaitu instalasi yang mengolah air buangan rumah tangga (domestik) dari sistem perpipaan yang berasal dari wilayah Bandung Timur dan Bandung Tengah-Selatan. Instalasi Pengolahan Air Kotor Bojongsoang memiliki 2 seri kolam pengolahan, masing-masing terdiri dari 3 kolam anaerob yang dipasang paralel, dua kolam fakultatif yang dipasang paralel dan kolam maturasi yang dipasang seri.

Kolam fakultatif ini terdapat 3 zone: aerobik, anaerobik dan maturasi. Pengambilan sampel dilakukan 3 kali dalam 3 minggu sebanyak 45 sampel. Untuk pengamatan parameter suhu, pH dan DO dilakukan langsung di lapangan. Untuk pemeriksaan parameter BOD dan COD dilakukan di Laboratorium Pengembangan Kesehatan, Jalan Sederhana No 5 Bandung.

Penelitian tertunda selama 4 bulan, dikarenakan kondisi lapangan yang benar-benar tidak dapat dilakukan penelitian karena kolam kering dan menunggu kolam hingga siap di teliti.

4.1 Analisis Kualitas Limbah Domestik Fakultatif 2B Instalasi Pengolahan Air Limbah Bojongsoang Bandung

4.1.1 Penurunan Konsentrasi BOD₅ (Kebutuhan Oksigen Biologi)

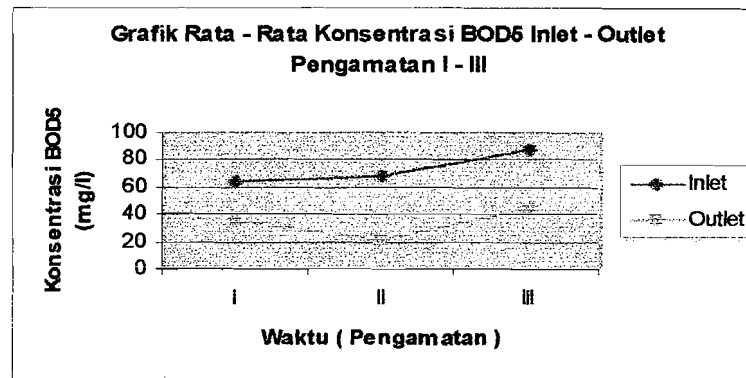
Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri selama penguraian senyawa organik.

Dalam hal ini dapat diinterpretasikan bahwa senyawa organik merupakan makanan bagi bakteri. Parameter BOD digunakan untuk menentukan tingkat pencemar oleh senyawa organik yang dapat diuraikan oleh bakteri. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penurunan konsentrasi BOD₅ selama 3 kali pengamatan. Penurunan konsentrasi BOD₅ juga terjadi pada permukaan kolam hingga ke dasar kolam. Hal ini disebabkan semakin ke dasar, semakin sedikit sinar matahari yang masuk, sehingga kadar BOD₅ semakin kecil.

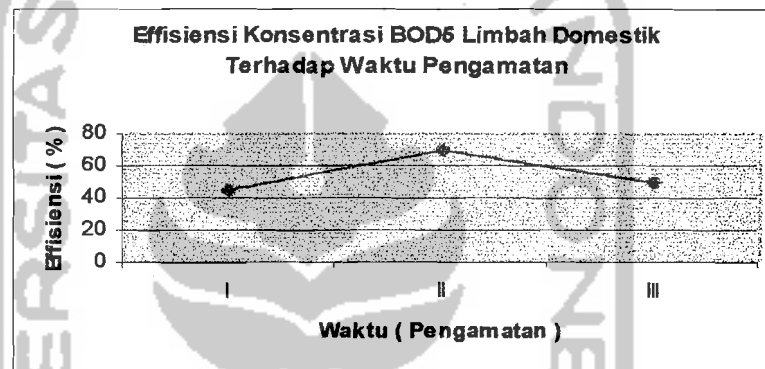
Tabel 4.1 Efisiensi Penurunan Konsentrasi BOD₅ Kolam Fakultatif 2B

Pengamatan	Konsentrasi Inlet (mg/l)	Konsentrasi Outlet (mg/l)	Efisiensi (%)
I	63,59	34,90	45
II	68,52	21,30	70
III	87,70	44,70	50

(Sumber: Hasil Penelitian, 2005)



Gambar 4.1 Grafik Rata-Rata Kadar BOD₅ Inlet-Outlet Pengamatan I-III



Gambar 4.2 Grafik Efisiensi Penurunan Kadar BOD₅ Kolam Fakultatif 2B

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada pengamatan I terdapat penurunan kadar BOD₅ sebesar 45 % dengan konsentrasi pada inlet sebesar 63,59 mg/l menjadi 34,90 mg/l pada outlet. Untuk pengamatan II mengalami penurunan kadar BOD₅ sebesar 70% dengan konsentrasi pada inlet adalah 68,52 mg/l menjadi 21,30 mg/l pada outlet. Untuk pengamatan III terdapat penurunan kadar BOD₅ sebesar 50% dengan konsentrasi inlet sebesar 87,70 mg/l dan 44,70 mg/l pada outlet. Dimana nilai tersebut masih memenuhi kriteria desain BOD pada inlet dan outlet kolam fakultatif 2B.

Dari grafik efisiensi penurunan kadar BOD₅ terlihat sangat fluktuatif, hal ini dikarenakan pada saat penelitian kolam berada pada peralihan hujan ke musim kemarau. Nilai rata-rata BOD selama tiga kali pengamatan, di dapat nilai rata-rata BOD pada inlet sebesar 73,27 mg/L dan BOD pada outlet sebesar 33,63 mg/L sehingga dapat dihitung nilai efisiensi penurunan COD sebesar:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{73,27 - 33,63}{73,27} \times 100 \% = 54 \%$$

Penurunan konsentrasi BOD₅ pada kolam fakultatif 2B terjadi karena adanya hubungan simbiosis mutualisme antara algae dan bakteri dalam kolam. Selain *algae* dan bakteri, terdapat faktor lain yang mendukung proses penguraian bahan organik karbon yang terkandung di dalam limbah, sehingga terjadi penurunan konsentrasi BOD₅ pada kolam fakultatif.

Pada kolam fakultatif ini, *algae* yang tumbuh di kolam memanfaatkan nutrisi dan sinar matahari untuk proses fotosintesis dan bakteri menggunakan oksigen yang dihasilkan oleh *algae* untuk mengoksidasi bahan buangan organik. Karbondioksida yang berasal dari metabolisme bakteri digunakan oleh *algae* untuk fotosintesis kembali.

Dapat dilihat pada pengamatan I, didapat penurunan kadar BOD₅ yang kecil dibandingkan pengamatan II dan III. Hal ini diakibatkan kondisi kolam pada pengamatan I air terlihat berwarna hijau pekat, terdapat *blooming algae* pada kolam sehingga proses fakultatif terganggu.. Hal ini dikarenakan juga pada saat pengamatan I merupakan masa peralihan dari musim hujan ke musim kemarau, sehingga penetrasi cahaya masih sedikit.

Kolam fakultatif merupakan pengolahan secara biologis sehingga proses yang berlangsung tergantung pada kondisi alam sekitar. Sehingga benar-benar ada pemilihan lokasi serta perencanaan yang menunjang dalam pembuatan kolam pengolahan biologis. Dari segi humanis sendiri, untuk menunjang proses fakultatif (diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penurunan kadar BOD₅) dapat dilakukan peningkatan pengawasan dan pemeliharaan kolam seperti pemantauan terhadap rumput-rumput liar sekitar kolam dan pemantauan terhadap perkembangbiakan *algae* diatas kolam sehingga proses fakultatif dapat berjalan dengan baik.

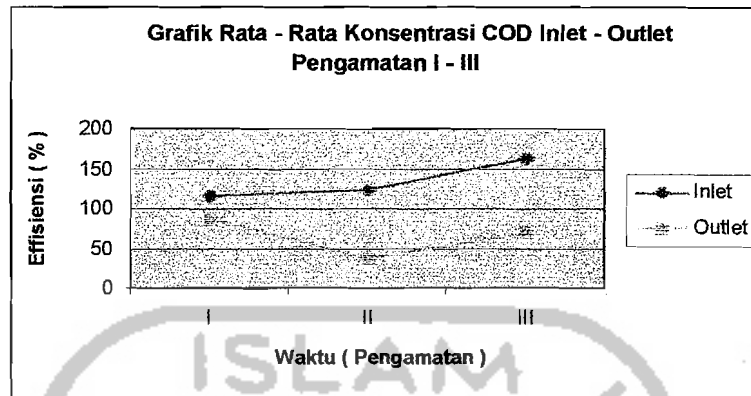
4.1.2 Efisiensi Penurunan Konsentrasi Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)

Adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Pengukuran nilai COD sangat diperlukan untuk mengukur bahan organik pada air limbah domestik yang mengandung unsur yang beracun bagi mikroorganisme (Metcalf and Eddy, 1991). Di bawah ini dapat dilihat konsentrasi COD selama 3 kali pengamatan.

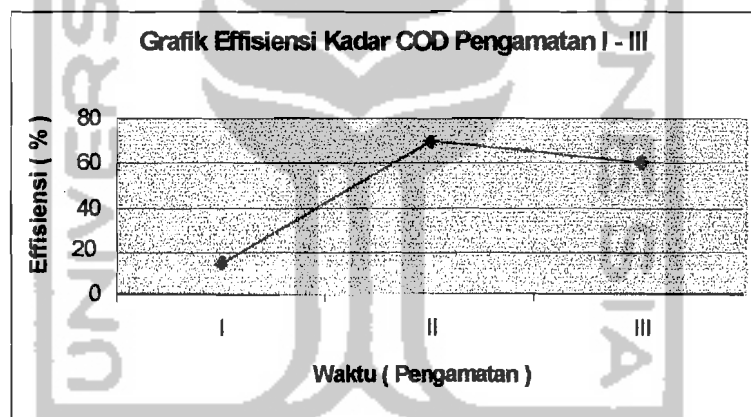
Tabel 4.2 Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD Kolam Fakultatif 2B

Pengamatan	Konsentrasi Inlet (mg/l)	Konsentrasi Outlet (mg/l)	Efisiensi (%)
I	116,40	86,75	25
II	122,18	37,38	70
III	163,64	68,78	60

(Sumber: Hasil Penelitian, 2005)



Gambar 4.3 Grafik Rata-Rata Kadar COD Inlet-Outlet Pengamatan I-III



Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Penurunan Kadar COD Kolam Fakultaif 2B

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada pengamatan I terdapat penurunan kadar COD sebesar 25 % dengan konsentrasi pada inlet sebesar 116,40 mg/l menjadi 86,75 mg/l pada outlet. Untuk pengamatan II mengalami penurunan kadar COD sebesar 70% dengan konsentrasi pada inlet adalah 122,18 mg/l menjadi 37,38 mg/l pada outlet. Untuk pengamatan III

163,64 mg/l dan 68,78 mg/l pada outlet. Dimana nilai tersebut masih memenuhi kriteria desain COD pada inlet dan outlet kolam fakultatif 2B. Efisiensi penurunan kadar COD pada pengamatan I sangatlah kecil bila dibandingkan pada pengamatan II dan III, dikarenakan kondisi kolam pada saat pengamatan I adalah kolam sangat pekat berwarna hijau dan banyak timbul genangan *algae* (*blooming algae*) sehingga proses penguraian senyawa pada kolam fakultatif terganggu selain itu juga tumbuh jenis *algae* yang menghasilkan toksin..

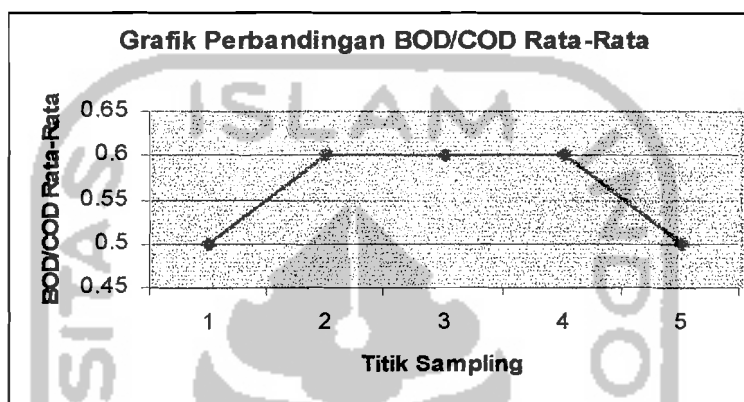
Penguraian bahan organik berlangsung secara cepat dalam kondisi aerobik. Dalam kondisi aerobik terjadi juga proses mineralisasi bahan organik yang menghasilkan karbondioksida dan air. Karbondioksida dan air diperlukan *algae* untuk proses fotosintesis. Dengan bantuan sinar matahari sebagai energi maka proses fotosintesis dapat berlangsung dan menghasilkan karbondioksida dan oksigen. Karbohidrat dan oksigen digunakan mikroorganisme untuk respirasi yang menghasilkan karbondioksida, air dan energi.

Pada pengamatan I, kadar penurunan efisiensi COD lebih kecil dibandingkan pengamatan II dan III. Kolam fakultatif pada saat pengamatan terlihat hijau pekat dengan banyak genangan *algae* (*blooming algae*) dipinggir kolam dan permukaan kolam.

Walaupun proses fotosintesis menghasilkan oksigen tetapi ada kemungkinan suplai oksigen dari atmosfer lebih kecil dibandingkan dengan masuknya karbon organik ke dalam kolam. Proses fakultatif dapat berjalan seimbang apabila jumlah bahan organik yang masuk ke dalam kolam sebanding

dengan jumlah persediaan oksigen. Kekurangan oksigen dalam air serta adanya pelarutan karbondioksida dapat menghambat proses penguraian bahan organik.

Dari ketiga pengamatan, dapat dihitung nilai rata-rata dari BOD dan COD untuk setiap titik sampel. Dapat dilihat pada grafik di bawah ini perbandingan nilai rata-rata BOD dan COD kolam fakultatif 2B:



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Rata-Rata Kadar BOD dengan COD Pada Kolam Fakultatif 2B

Keterangan:

(Titik 1: Inlet, Titik 2 : Permukaan kolam, Titik 3 :Tengah kolam, Titik 4 : Dasar kolam, Titik 5 : Outlet).

Dari pemeriksaan BOD dan COD selama penelitian, dapat dihitung angka perbandingan antara BOD dengan COD pada air buangan. Angka perbandingan COD dan BOD dapat menunjukkan tingkat kemudahan air buangan tersebut untuk diolah secara biologis. Angka perbandingan yang mendekati satu (1) dapat diolah secara biologis, sedangkan bila angka perbandingan mendekati nol (0) berarti tidak sesuai dilakukan pengolahan secara biologis (Wisnuprpto, 1988). Dari hasil

penelitian didapat angka perbandingan BOD/COD mendekati 1, yang berarti cocok untuk diolah secara biologis.

Nilai rata-rata COD selama tiga kali pengamatan, di dapat nilai rata-rata COD pada Inlet sebesar 134,07 mg/L dan COD pada Outlet sebesar 64,30 mg/L sehingga dapat dihitung nilai efisiensi penurunan COD sebesar:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{134,07 - 64,30}{134,07} \times 100 \% = 54 \%$$

4.2 Deskripsi Hasil Analisis Beberapa Parameter Penunjang Pada Kolam Fakultatif 2B Instalasi Pengolahan Air Kotor Bojongsoang

4.2.1 Suhu

Pengukuran suhu dilakukan bersamaan dengan pengukuran DO, menggunakan DO meter model YSI. Suhu merupakan faktor abiotik yang sangat berpengaruh dalam proses fakultatif. Suhu mempengaruhi produksi oksigen. Batas untuk melakukan produksi oksigen secara minimum berkisar 20⁰ C dan optimum pada 45⁰ C, tetapi ada toleransi diantara suhu optimum dan minimum tersebut agar *algae* dapat tetap bisa hidup dan memproduksi oksigen (Pearson,1890).

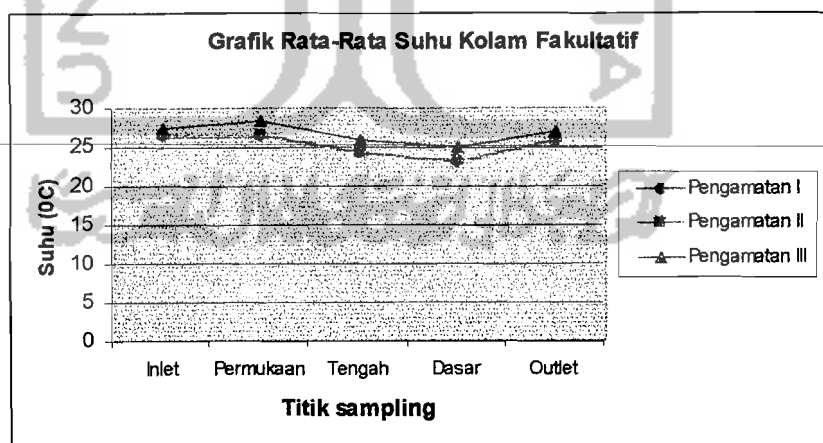
Berdasarkan hasil penelitian suhu air pada beberapa titik sampel menunjukkan angka 23⁰ C – 29⁰ C (dapat dilihat pada Lampiran II). Pengambilan pada satu titik dilakukan sebanyak tiga sampling menurut kedalaman. Berdasar hasil pengamatan pertama rata-rata suhu tertinggi terletak pada titik Inlet dan permukaan, sedangkan suhu terendah ada pada dasar kolam. Berdasarkan pengamatan kedua suhu tertinggi terletak pada titik Inlet dan permukaan,

sedangkan suhu terendah ada pada titik outlet. Berdasarkan pada pengamatan ketiga suhu tertinggi terdapat pada permukaan kolam, sedangkan suhu terendah terdapat pada dasar kolam. Hasil penelitian menunjukkan semakin bertambahnya kedalaman kolam nilai suhu semakin turun diakibatkan semakin berkurangnya sinar matahari yang masuk ke bagian dalam kolam.

Tabel 4.3 Rata-Rata Suhu Kolam Fakultatif 2B Pengamatan I - III

Lokasi Sampling	I	II	III
Inlet	26,5	26,5	27,5
Permukaan	26,5	26,5	28,5
Tengah	24,25	24,25	26
Dasar	23,25	23,25	25
Outlet	26	26	27

(Sumber: Hasil Penelitian, 2005)



Grafik 4.6 Rata-Rata Suhu Kolam Fakultatif 2B Pengamatan I - III

Besarnya suhu pada outlet lebih besar bila dibandingkan inlet dikarenakan intensitas cahaya matahari lebih banyak pada outlet dibandingkan pada inlet. Hal ini dikarenakan pengambilan sampel pada outlet jauh lebih siang dibandingkan pada saat pengambilan sampel pada inlet, sehingga intensitas matahari jauh lebih besar dan akibatnya suhu bertambah besar.

Sampel air diambil pada kondisi permukaan, tengah dan dasar kolam. Dalam hal ini, letak permukaan merupakan titik yang paling memiliki intensitas cahaya tertinggi dibandingkan tengah dan dasar kolam. Tetapi apabila matahari benar-benar terik pada siang hari, matahari dapat menembus hingga dasar kolam, tetapi tetap ada stratifikasi besarnya suhu dalam kolam fakultatif.

Kolam dengan suhu tinggi lebih sensitif terhadap perubahan mendadak kuantitas zat organik dan memiliki laju penyisihan BOD yang lebih tinggi. Aktivitas bakteri menjadi lebih besar pada suhu tinggi dimana digunakan oksigen pada laju yang tinggi. Perubahan temperatur, kadar nutrient, garam-garam terlarut, bentuk geometri kolam punya efek terhadap *blooming* algae. Interaksi antar faktor-faktor tersebut sangatlah kompleks dan sulit dimengerti. Efek dari adanya *blooming* tersebut adalah terjadinya sistem ekologi kolam yang tidak seimbang.

4.2.2 pH

Pemeriksaan pH menggunakan pH universal. pH pada kolam fakultatif berkisar antara 6-8 (dapat dilihat pada Lampiran II). pH menunjukkan tingkat keasaman dan kebasaan dari air. pH dapat mempengaruhi aktivitas organisme

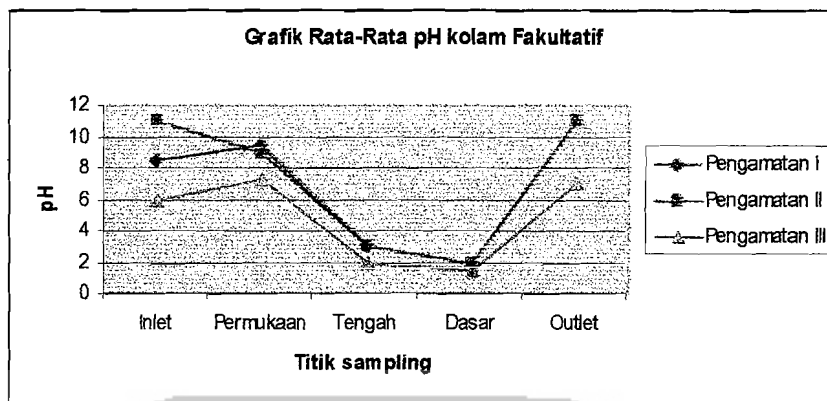
aquatik dan keberadaan suatu senyawa dalam air. Dimana bakteri pengurai dapat melakukan aktivitasnya secara optimum pada pH berkisar 6,5– 8,5 (Krekel, 1980).

Tabel 4.4 Rata-Rata pH Kolam Fakultatif 2B Pengamatan I-III

Lokasi Sampling	I	II	III
Inlet	8,5	11,0	6,0
Permukaan	9,5	9,0	7,25
Tengah	3,0	3,0	2,0
Dasar	2,0	2,0	1,5
Outlet	11	11,0	7

(Sumber: Hasil Penelitian, 2005)

Berdasarkan hasil pengamatan pertama rata-rata pH tertinggi terdapat pada titik outlet sebesar 11 dan pH terendah terdapat pada titik dasar kolam yaitu sebesar 2. Berdasarkan pengamatan II, pH tertinggi terdapat pada titik Inlet dan outlet yaitu sebesar 11. pH terendah pada pengamatan III terdapat pada titik dasar kolam yaitu sebesar 2. Berdasarkan pada pengamatan III, pH tertinggi terdapat pada permukaan kolam sebesar 7,25 sedangkan untuk pH terendah terdapat pada titik dasar kolam yaitu 1,5.



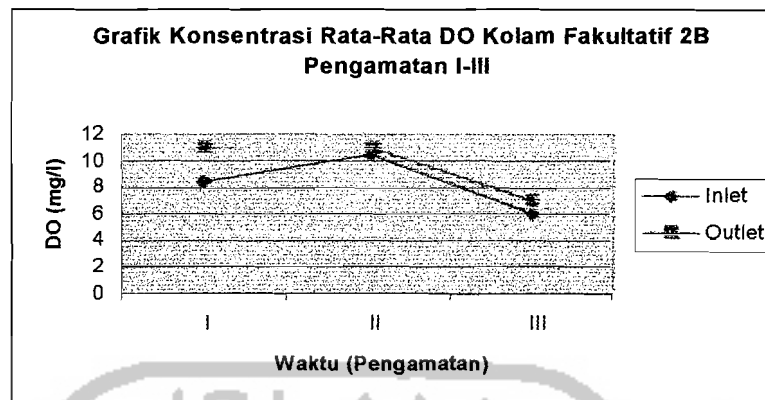
Gambar 4.7 Grafik Rata-Rata pH Kolam Fakultatif 2B Pengamatan I-III

Proses fotosintesis yang terjadi pada kolam fakultatif tergantung pada cahaya, terdapat variasi harian dalam jumlah DO yang ada dalam kolam dan fluktuasi dibawah permukaan bernilai nol dapat terjadi. pH kolam juga mengikuti siklus harian yang meningkat bersama fotosintesis sampai suatu batas maksimal yang mungkin mencapai 10. Hal ini terjadi karena pada kebutuhan puncak *algae* memakai karbondioksida larutan lebih cepat daripada pergantian oleh respirasi bakteri dan akibatnya ion bikarbonat terurai tidak hanya memberikan banyak karbondioksida tetapi juga ion hidroksilalkali yang dapat menaikkan pH:



4.2.3 Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen)

Pemeriksaan oksigen terlarut menggunakan DO meter. Stratifikasi pada kolam fakultatif terjadi karena perbedaan besarnya intensitas sinar matahari untuk tiap kedalaman.



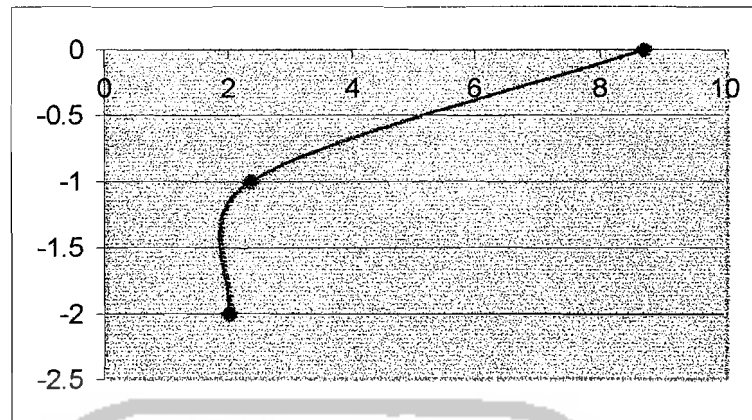
Gambar 4.8 Grafik Konsentrasi Rata-Rata DO Kolam Fakultatif 2B

Tabel 4.5 Rata-Rata Konsentrasi DO Pada Kolam Fakultatif 2B

Titik Sampling	Permukaan Kolam (0 m)	Tengah Kolam (1 m)	Dasar Kolam (2 m)
1	8,67	2,33	2,00
2	6,67	2,67	2,00
3	8,00	2,33	1,67
4	8,00	3,00	2,33

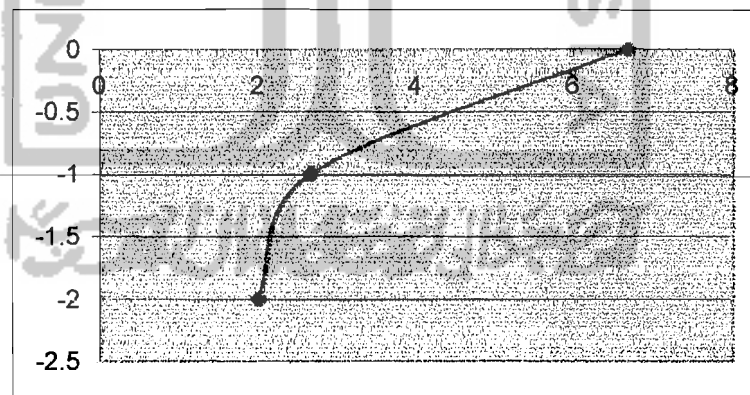
(Sumber: Hasil Penelitian, 2005)

Pengambilan pada satu titik sampel dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu pada permukaan kolam, tengah kolam dan dasar kolam. Dari hasil penelitian didapat kadar rata-rata DO titik 1 pada permukaan adalah 8,67 mg/l, pada tengah kolam adalah 2,33 mg/l dan pada dasar kolam adalah 2 mg/l. Dapat dilihat kadar DO pada permukaan permukaan kolam lebih besar dari kadar DO tengah dan dasar kolam.

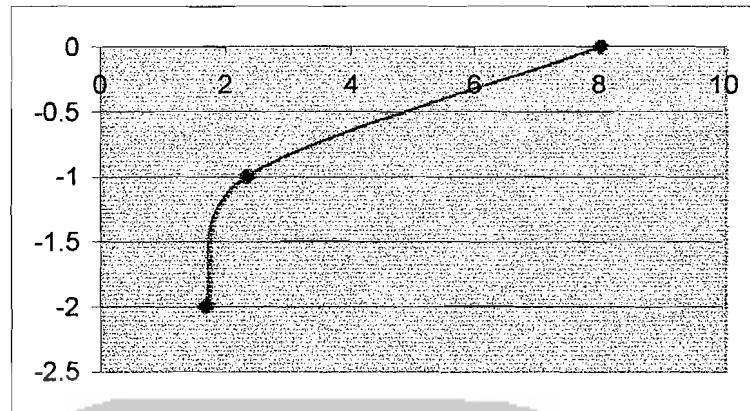


Gambar 4.9 Stratifikasi DO Titik 1 Kolam Fakultatif 2B

Pengamatan pada titik 1 didapat kadar DO pada permukaan adalah 8,67 mg/l, pada tengah kolam kadar DO adalah 2,33 mg/l dan pada dasar kolam sebesar 2,00 mg/l. Pengamatan pada titik 2 didapat kadar DO pada permukaan adalah 6,67 mg/l, pada tengah kolam kadar DO adalah 2,67 mg/l dan pada dasar kolam sebesar 2,00 mg/l.

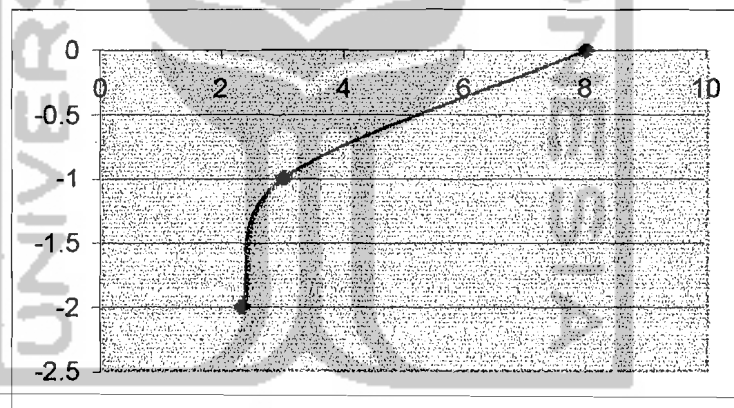


Gambar 4.10 Stratifikasi DO Titik 2 Kolam fakultatif 2B



Gambar 4.11 Stratifikasi DO Titik 3 Kolam Fakultatif 2B

Pengamatan pada titik 3, kadar DO pada permukaan adalah 8,00 mg/l, pada tengah permukaan adalah 2,33 mg/l dan dasar kolam adalah 1,67 mg/l.



Gambar 4.12 Stratifikasi DO Titik 4 Kolam Fakultatif 2B Pengamatan I-III

Pengamatan pada titik 4, konsentrasi DO pada permukaan kolam adalah 8,00 mg/l, pada tengah kolam adalah 3,00 mg/l dan pada dasar kolam adalah 2,33 mg/l. Kadar DO pada titik 4 lebih besar daripada kadar DO pada titik 1, hal ini

dikarenakan semakin banyaknya oksigen yang diperlukan oleh *algae* untuk proses pengolahan biologis.

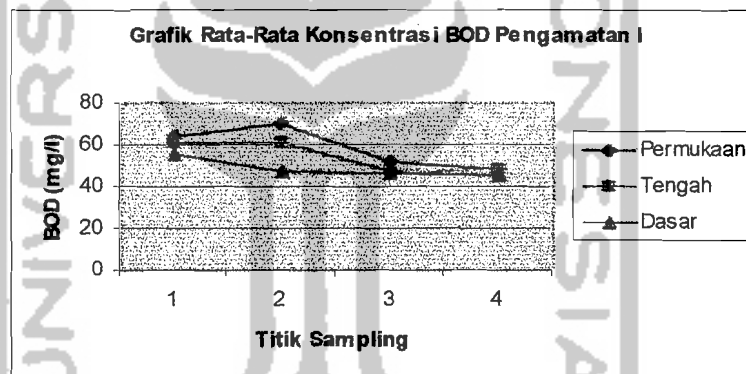
Hal ini terjadi karena adanya stratifikasi pada kolam fakultatif. Pada kondisi ini suhu yang tinggi akan berada dekat permukaan dan suhu yang rendah pada dasar permukaan. Kerapatan air akan dipermukaan kolam akan menurun dengan bertambahnya suhu, maka kerapatan cairan dipermukaan kolam berkurang dengan meningkatnya suhu. Oleh karena itu, *nonmotile algae* akan bergerak dari suhu yang tinggi dan menjadi lapisan yang letaknya lebih dalam. Lapisan *algae* yang tebal akan mencegah penetrasi cahaya ke dalam kolam, sehingga mengurangi jumlah *algae* di zona fotik. Akibatnya nilai DO permukaan lebih besar dari DO tengah dan dasar kolam.

Terlihat bahwa nilai kadar DO dipermukaan kolam bisa melebihi kadar jenuhnya karena selain dioksigenasi oleh proses fotosintesis juga di aerasi oleh angin yang berkontribusi total DO. Adanya stratifikasi akibat fotosintesis terjadi gradien DO.

Oksigen terlarut (DO) dapat berasal dari proses fotosintesis tanaman air dan difusi gas. Konsentrasi air murni dalam keadaan jenuh bervariasi tergantung suhu dan tekanan (sebagaimana dijelaskan pada Bab II). Fotosintesis dalam kolam fakultatif dapat meningkatkan DO air buangan yang telah terolah hingga 50 % dari DO air murni (Middlebrooks, 1982).

4.2.4 Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD)

Dari hasil pengamatan I, konsentrasi BOD₅ untuk titik 1, pada permukaan konsentrasi BOD₅ adalah sebesar 63,20 mg/l, pada tengah kolam sebesar 60,80 mg/l dan pada dasar kolam yaitu 55,30 mg/l. Untuk titik 2, pada permukaan kolam sebesar 70,40 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 61,20 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 47,47 mg/l. Untuk titik 3, pada permukaan kolam sebesar 51,60 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 47,50 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 46,80 mg/l. Untuk titik 4, pada permukaan kolam sebesar 48,50 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 48,00 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 45,10 mg/l.

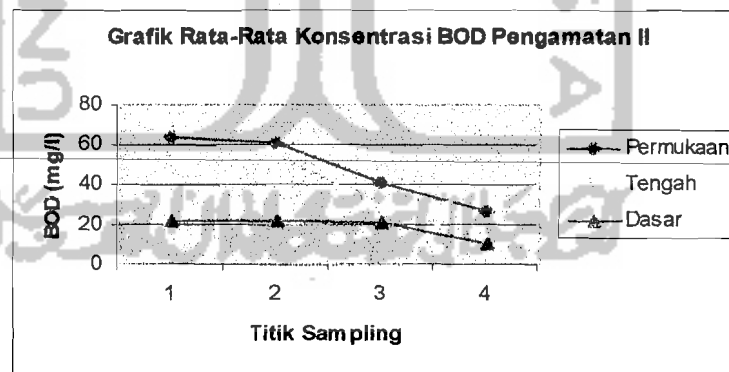


Gambar 4.13 Grafik Konsentrasi BOD₅ Kolam Fakultatif 2B Pengamatan I

Dari hasil penelitian didapat bahwa konsentrasi BOD₅ pada permukaan lebih besar dari tengah dan dasar kolam. Konsentrasi BOD₅ untuk titik 1 dan 2 hampir berdekatan, karena pengambilan sampel pada titik 1 & 2 sejajar berjarak 10 m dari Inlet 1 dan Inlet 2. Kondisi kolam pada saat pengambilan sampel dapat dikatakan belum fit, dikarenakan masih dalam peralihan musim hujan ke musim

kemarau. Air limbah berwarna hijau pekat, banyak timbulnya genangan *algae* dipermukaan dan pinggir kolam serta timbul bau yang menyengat dari kolam. Pengambilan sampel untuk titik 3 dan 4 berjarak 250 m dari titik 1 dan 2. Pada titik ini, air kolam masih berwarna hijau pekat tapi jarang sekali ada genangan *algae*.

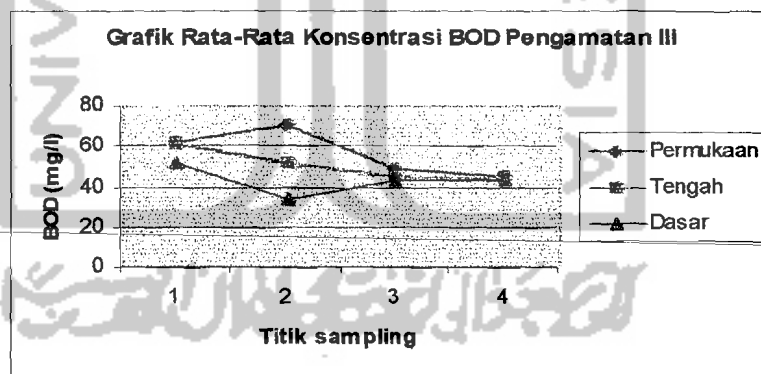
Berdasarkan pengamatan II, konsentrasi BOD₅ untuk titik 1, pada permukaan konsentrasi BOD₅ adalah sebesar 63,90 mg/l, pada tengah kolam sebesar 41,90 mg/l dan pada dasar kolam yaitu 40,70 mg/l. Untuk titik 2, pada permukaan kolam sebesar 60,95 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 53,3 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 22,00 mg/l. Untuk titik 3, pada permukaan kolam sebesar 40,50 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 30,50 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 21,00 mg/l. Untuk titik 4, pada permukaan kolam sebesar 26,43 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 11,10 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 10,70 mg/l.



Gambar 4.14 Grafik Konsentrasi BOD₅ Kolam Fakultatif 2B Pengamatan II

Dalam kolam fakultatif ini juga terjadi pengadukan. Dimana pengadukan ini dapat meminimalkan pembentukan daerah stagnasi dalam kolam. Dengan adanya pengadukan *algae* yang tidak bergerak (*non mobile algae*) dapat terangkat ke zona yang menerima penetrasi cahaya secara efektif (zona fotik).

Dari hasil pengamatan III, konsentrasi BOD₅ untuk titik 1, pada permukaan konsentrasi BOD₅ adalah sebesar 61,80 mg/l, pada tengah kolam sebesar 60,85 mg/l dan pada dasar kolam yaitu 51,50 mg/l. Untuk titik 2, pada permukaan kolam sebesar 70,69 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 52,20 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 33,50 mg/l. Untuk titik 3, pada permukaan kolam sebesar 48,6 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 44,74 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 44,60 mg/l. Untuk titik 4, pada permukaan kolam sebesar 45,00 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 44,00 mg/l dan pada dasar kolam sebesar 43,00 mg/l.



Gambar 4.15 Grafik Konsentrasi BOD₅ Kolam Fakultatif 2B Pengamatan III

Kadar BOD dipermukaan kolam lebih besar daripada kadar BOD pada tengah dan dasar kolam. Pada permukaan kolam terdapat *algae* yang menghalangi

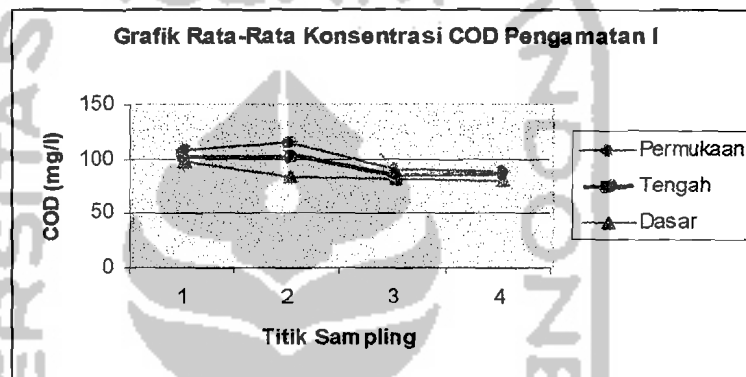
proses pengadukan secara alami oleh angin sehingga tidak dapat meminimalkan daerah stagnasi dan tidak menjamin distribusi vertikal yang seragam dari BOD dan oksigen. Kondisi aerob dalam kolam dipengaruhi oleh beban BOD. Zone aerob terjadi pada siang hari sampai dasar kolam, pada malam hari hingga zone setengah kedalaman kolam dianggap proporsi BOD yang disisihkan secara aerob lebih besar (Arceivala, 1973).

Kadar BOD dapat naik (dapat dilihat pada Inlet 1 dan titik 1A) diakibatkan karena adanya degradasi zat organik yang minim terjadi karena kondisi pH yang tinggi meskipun nilai DO turun. Pada sore hari nilai DO turun, mengakibatkan nilai BOD naik karena ditambah dengan kebutuhan oksigen untuk respirasi algae. Selama musim panas tingkatan degradasi tinggi dan menurut teori terjadi keseimbangan BOD yang rendah di dalam kolam dengan beban BOD yang tinggi dari lumpur. Selama musim dingin tingkatan degradasi adalah rendah menyebabkan keseimbangan BOD yang relatif tinggi dalam kolam tetapi beban BOD dari lumpur rendah. Kedua proses bekerja secara simultan, cenderung untuk menghapuskan dan menurunkan variasi siklik dari BOD kolam.

4.2.5 Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)

Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik yang dapat teroksidasi dapat diukur dengan menggunakan senyawa oksidator kuat dalam kondisi asam (Metcalf and Eddy, 1991). Berdasarkan pengamatan I, konsentrasi COD untuk titik 1, pada permukaan konsentrasi COD adalah sebesar 107,64 mg/l, pada tengah kolam sebesar 99,70 mg/l dan pada dasar kolam yaitu

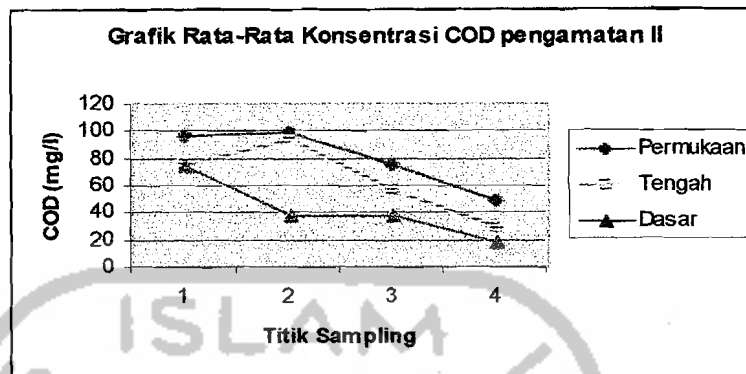
107,64 mg/l , pada tengah kolam sebesar 99,70 mg/l dan pada dasar kolam yaitu 97,51 mg/l. Untuk titik 2, pada permukaan kolam sebesar 115,38 mg/l , pada tengah kolam adalah sebesar 104,35 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 83,62 mg/l. Untuk titik 3, pada permukaan kolam sebesar 91,12 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 87,92 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 82,50 mg/l. Untuk titik 4, pada permukaan kolam sebesar 88,52 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 85,15 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 79,51 mg/l.



Gambar 4.16 Grafik Konsentrasi COD Kolam Fakultatif 2B Pengamatan I

Berdasarkan pengamatan II, konsentrasi COD untuk titik 1, pada permukaan konsentrasi COD adalah sebesar 96,67 mg/l, pada tengah kolam sebesar 75,19 mg/l dan pada dasar kolam yaitu 74,19 mg/l. Untuk titik 2, pada permukaan kolam sebesar 98,77 mg/l , pada tengah kolam adalah sebesar 93,99 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 37,59 mg/l. Untuk titik 3, pada permukaan kolam sebesar 75,19 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 56,39 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 37,59 mg/l. Untuk titik 4, pada

permukaan kolam sebesar 48,79 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 28,80 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 18,80 mg/l.

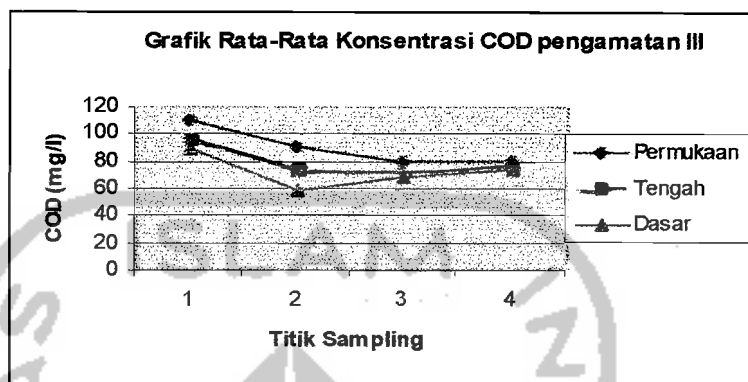


Gambar 4.17 Grafik Konsentrasi COD Kolam Fakultatif 2B Pengamatan II

Besar kecilnya COD akan mempengaruhi jumlah pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air. Penurunan konsentrasi COD dapat secara optimal terjadi dengan waktu detensi yang cukup, bahan organik yang terdapat dalam limbah cair mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup sehingga akan memberikan kesempatan yang lebih lama antara mikroorganisme, *algae* dan air limbah.

Berdasarkan pengamatan III, konsentrasi COD untuk titik 1, pada permukaan konsentrasi COD adalah sebesar 109,90 mg/l, pada tengah kolam sebesar 96,54 mg/l dan pada dasar kolam yaitu 89,76 mg/l. Untuk titik 2, pada permukaan kolam sebesar 90,91 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 72,73 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 59,06 mg/l. Untuk titik 3, pada permukaan kolam sebesar 78,84 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 69,74

mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 68,64 mg/l. Untuk titik 4, pada permukaan kolam sebesar 78,88 mg/l, pada tengah kolam adalah sebesar 75,65 mg/l dan pada dasar kolam adalah sebesar 73,44 mg/l.



Gambar 4.18 Grafik Konsentrasi COD Kolam Fakultatif 2B Pengamatan III

Nilai COD sangat fluktuasi sama dengan nilai BOD karena biasanya nilai COD lebih besar daripada nilai BOD. Dimana nilai-nilai nilai tersebut mempunyai perbandingan yang konstan antara 0,65 - 0,85.

4.3 Evaluasi Desain Kolam Fakultatif 2B

4.3.1 Tinjauan Efisiensi Penyisihan Beban BOD & COD Berdasarkan Dimensi dan Debit Desain

Instalasi Pengolahan Air Kotor Bojongsoang Bandung merupakan instalasi pengolahan air limbah domestik yang bernaung di bawah PDAM Bandung. Sebagaimana diketahui IPAL Bojongsoang merupakan pengolahan limbah domestik yang berupa kolam stabilisasi terdiri dari kolam anaerobik, fakultatif dan maturasi. Kriteria desain masing-masing kolam dapat dilihat pada Lampiran I.

Berikut adalah perhitungan dimensi kolam dan penyisihan BOD berdasarkan kriteria desain kolam fakultatif:

Diketahui:

- Debit rata-rata : 80.835 m³/hari
- Luas permukaan : 86.407 m²
- BOD influen : 144 mg/L
- BOD efluen : 50 mg/L
- COD influen : 200 mg/L
- COD efluen : 100 mg/L

Maka:

$$- K_T = K_{30} \times 1,085^{T-30}$$

$$K_{23} = 0,80 \times 1,085^{23-30} = 0,452 \text{ /hari}$$

$$- \text{Waktu detensi (td)} = \frac{(S_o/S_e) - 1}{K_T} = \frac{(144/50) - 1}{0.452} = 4.16 = 5 \text{ hari}$$

- Efisiensi penyisihan BOD

$$N = [(S_o - S_e) / S_o] \times 100\%$$

$$= [(144 - 50) / 144] \times 100\% = 65\%$$

- Efisiensi penyisihan COD

$$N = [(S_o - S_e) / S_o] \times 100\%$$

$$= [(200 - 100) / 100] \times 100\% = 50 \%$$

4.3.2 Tinjauan Efisiensi Penyisihan Beban BOD & COD Berdasarkan Debit

Aktual

Evaluasi desain kolam fakultatif 2B meliputi: evaluasi efisiensi dan waktu detensi terhadap desain awal kolam Fakultatif 2B dan dibandingkan dengan pemeriksaan secara rutin IPAL (Sept'03 – Juni'04) adalah dibawah ini:

Perhitungan waktu detensi dan efisiensi penyisihan BOD berdasarkan debit aktual

PENGAMATAN I

Diketahui:

- Debit : 9095 m³/hr
- BOD influen : 63,59 mg/L
- BOD efluen : 34,9 mg/L
- COD influen : 116,4 mg/L
- COD efluen : 86,75 mg/L
- K_T : 0,542 /hr

Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{- Waktu detensi td} &= \frac{L \times H}{Q} \\
 \text{- Waktu detensi td} &= \frac{86.407 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}}{9095 \text{ m}^3/\text{hr}} \\
 &= 19 \text{ hari} \\
 \text{- Efisiensi penyisihan BOD} &= \frac{63,59 - 34,9}{63,59} \times 100 \% = 45 \%
 \end{aligned}$$

$$\text{- Efisiensi penyisihan COD} = \frac{116,4 - 86,75}{116,4} \times 100 \% = 25 \%$$

PENGAMATAN II

Diketahui:

- Debit : 18.725 m³/hr
- BOD influen : 68,02 mg/L
- BOD efluen : 21,30 mg/L
- COD influen : 112,18mg/L
- COD efluen : 37,38 mg/L
- K_T : 0,542 /hr

Maka:

$$\begin{aligned} \text{- Waktu detensi td} &= \frac{L \times H}{Q} \\ \text{- Waktu detensi td} &= \frac{86.407 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}}{18.725 \text{ m}^3/\text{hr}} \\ &= 9 \text{ hari} \\ \text{- Efisiensi penyisihan BOD} &= \frac{68,02 - 21,30}{68,02} \times 100 \% = 68 \% \end{aligned}$$

$$\text{- Efisiensi penyisihan COD} = \frac{112,18 - 37,38}{112,18} \times 100 \% = 67 \%$$

PENGAMATAN III

Diketahui:

- Debit : 21.000 m³/hr
- BOD influen : 87,7 mg/L
- BOD efluen : 44,70 mg/L

- COD influen : 163,64 mg/L
- COD efluen : 68,76 mg/L
- K_T : 0,542 /hr

Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{- Waktu detensi } t_d &= \frac{L \times H}{Q} \\
 \text{- Waktu detensi } t_d &= \frac{86.407 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}}{21.000 \text{ m}^3/\text{hr}} \\
 &= 8 \text{ hari} \\
 \text{- Efisiensi penyisihan BOD} &= \frac{87,7 - 44,70}{87,70} \times 100 \% = 50 \% \\
 \text{- Efisiensi penyisihan COD} &= \frac{163,64 - 68,76}{163,64} \times 100 \% = 60 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil penelitian dilakukan evaluasi terhadap parameter BOD, COD dan waktu detensi yang dapat dilihat pada Tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4.6 Data Evaluasi Pada Kolam Fakultatif 2B

Parameter	Desain	Aktual
BOD ₅ (%)	65	Pengamatan I: 45 Pengamatan II: 68 Pengamatan III: 50
COD (%)	50	Pengamatan I: 25 Pengamatan II: 67 Pengamatan III: 60
Waktu Detensi (hari)	5 - 7	Pengamatan I: 19 Pengamatan II: 9 Pengamatan III: 8

(Sumber: Hasil Penelitian, 2005)

Dari pengamatan I, masih merupakan masa peralihan dari musim hujan ke musim kemarau. Pengambilan sampel pada pengamatan pertama dimulai pukul 09.00 pagi, tetapi matahari sudah menyengat. BOD₅ dan COD mengalami penurunan kadar sebesar 45% dan 25%. Angka ini masih dibawah angka kriteria desain kolam fakultatif 2B. hal ini disebabkan :

- Pada saat penelitian berada pada masa hujan dengan intensitas tinggi yang berlangsung terus-menerus sehingga lumpur naik karena terjadi flotasi akibat udara yang ditimbulkan pada zone anaerob (terbentuk gas), hal ini mengganggu kondisi kolam.
- Terjadinya pencampuran akibat penambahan air hujan yang mengakibatkan naiknya *hydraulic loading* (penambahan debit) dan waktu detensi berkurang. Dalam kondisi seperti ini, kondisi fakultatif tidak tercapai dan pengembalian ke kondisi efisiensi optimum memerlukan waktu.

Pada pengamatan II, terlihat efisiensi BOD₅ dan COD sebesar 68% dan 67%. Angka ini menunjukkan adanya kenaikan efisiensi BOD₅ dan COD dibandingkan kriteria desain fakultatif 2B. Pada pengamatan III, untuk parameter BOD₅ terjadi penurunan sebesar 50%. Angka ini masih berada dibawah kriteria desain, walaupun dalam rentang sedikit. Sedangkan untuk penurunan COD adalah sebesar 60%. Angka ini menunjukkan angka yang lebih besar dari kriteria desain kolam fakultatif 2B.

Kolam fakultatif merupakan pengolahan limbah secara biologis, sehingga proses yang terjadi sangat bergantung pada alam. Untuk menunjang proses

fakultatif dapat dilakukan monitoring terhadap proses pengolahan sebelum masuk kolam fakultatif, diantaranya monitoring pada alat penyaringan sampah pada pengolahan fisik hingga monitoring pada kolam anaerobik. Pemeliharaan pada kolam fakultatif sendiri dapat dilakukan dengan monitoring genangan *algae* dan rumput liar sekitar kolam.

Evaluasi waktu detensi terhadap kriteria desain kolam fakultatif 2B, untuk pengamatan I adalah sebesar 19 hari. Hal ini diakibatkan debit yang masuk jauh lebih kecil dari dari kriteria desain yaitu sebesar $9095 \text{ m}^3/\text{hr}$. Sehingga ketinggian air tidak mencapai permukaan kolam, terlihat air kolam sangat hijau pekat dan timbul bau. Dalam hal ini proses kolam kurang berjalan dengan baik karena kurangnya pengenceran, sehingga penurunan konsentrasi BOD_5 dan COD sangatlah kecil. IPAL Bojongsoang telah memiliki panel debit pada saluran masuk IPAL, sehingga tidak akan terjadi over debit, tetapi limit debit dapatlah terjadi.