

UJI PERFORMANCE BIOFILTER ANAEROBIK UNGGUN TETAP MENGUNAKAN MEDIA BIOFILTER SARANG TAWON UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH POTONG AYAM

Oleh :
Nusa Idaman Said *) dan Firly **)

*) Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.

**) Jurusan Kimia, Universitas Negeri Jakarta.

Abstract

An experiment of anaerobic biofilter using honeycomb plastic media was conducted in semi-pilot scale. This paper describes the pilot plan study of chicken's slaughterhouse wastewater treatment using anaerobic and aerobic submerged biofilter using honeycomb plastic media. The main research was conducting by continuous operation under condition 4 days, 2 days and 1 day retention time. The result of experiment shows that within the anaerobic process under conditions 1- 4 days retention time, the removal efficiency of COD were 78 – 87 %, BOD were 78 – 89 %, 73 – 83 % , and Total Suspended Solids (TSS) were 83 – 96 % respectively.

Using combined anaerobic and aerobic process under same conditions 1 - 4 days retention time shows increasing of removal efficiency. The removal efficiency of COD were 86 – 90 %, BOD were 85 – 90 %, Organics (KMnO₄) were 81 – 88 % and Total Suspended Solids (TSS) were 94 – 96 % respectively. The longer retention time has resulted in higher removal efficiency.

Kata Kunci : Biofilter anaerobik, media sarang tawon, air limbah, rumah potong ayam.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Industri pemotongan ayam akan menghasilkan limbah cair organik yang memiliki tingkat COD (*Chemical Oxygen Demand*), kandungan zat organik, dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) yang sangat tinggi. Untuk itu pengolahan limbahnya haruslah sangat baik, sehingga saat dibuang ke lingkungan akuatik tidak akan menimbulkan masalah lingkungan, yaitu pencemaran air yang dapat membahayakan kehidupan biotik termasuk manusia di dalamnya.

Proses pengolahan limbah memiliki beberapa cara, salah satunya dengan proses biologis. Pengolahan limbah secara biologis terbagi atas proses aerobik dan anaerobik. Adapun proses secara anaerobik umumnya digunakan untuk limbah cair dengan beban bahan organik yang tinggi, pengolahan lumpur, dan penyisihan NH₃ pada proses denitrifikasi. Selain itu proses anaerobik ini memiliki banyak keuntungan dan kelebihan dibandingkan dengan proses aerobik.

Pengolahan limbah dengan secara anaerobik dalam aplikasinya menggunakan media biofilter dalam reaktor anaerob. Media

biofilter yang digunakan bertujuan untuk tempat melekatnya mikroorganisme sehingga berguna untuk pengembangbiakan mikroorganisme tersebut. Hal ini dikarenakan, pengolahan limbah secara anaerobik merupakan suatu metabolisme tanpa menggunakan oksigen yang dilakukan oleh bakteri anaerobik. Dalam proses, anaerobik ini, yang sangat berperan adalah aktifitas mikroba dalam multi tahap pengolahan limbah secara anaerobik, yaitu tahap hidrolitik, asidifikasi, dan methanasi.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan, di antaranya yang dilaporkan oleh Musfil (1999) telah berhasil melakukan pengolahan limbah cair dari pabrik bahan makanan ternak dengan reaktor anaerobik, menggunakan media filter dacron dan pipa plastik. Kemudian Triyono (1997) melaporkan telah berhasil melakukan pengolahan limbah cair industri tahu secara anaerobik dengan menggunakan media potongan pipa PVC. Peneliti berhasil mengetahui volume gas metana yang dihasilkan dari reaktor anaerobik berdasarkan parameter bioreaksi dari suatu model reaktor, agar gas metana tersebut dapat digunakan untuk kebutuhan energi sehari-hari. Sedangkan Yunardi (1998) melaporkan telah berhasil mengolah limbah cair dari industri kelapa sawit dan limbah sintesis secara anaerobik menggunakan media karang laut.

Dengan melihat pengaruh perubahan komposisi fosfor sebagai nutrisi untuk mikroorganisme terhadap efisiensi pengolahan limbah tersebut. Demikian pula yang dilaporkan oleh Ciptadi (2003), bahwa telah berhasil mengolah limbah cair industri kelapa sawit dengan menggunakan reaktor biofilter anaerobik bermedia sarang tawon. Hal yang sama dilaporkan oleh Said dan Tresnawaty (2001), bahwa telah berhasil menurunkan konsentrasi ammonia pada air baku air minum menggunakan bioreaktor lekat diam bermedia plastik sarang tawon.

Berdasarkan pada latar belakang tersebut di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengolahan limbah cair dari industri pemotongan ayam dengan proses anaerobik menggunakan media biofilter sarang tawon (*honeycomb tube*).

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui kinerja media biofilter sarang tawon (*honeycomb tube*) pada reaktor *Upflow Filter* dalam mengolah limbah cair industri pemotongan ayam dengan proses anaerobik, ditinjau dari efisiensi penurunan kadar COD, zat organik (KMnO_4), BOD, dan TSS terhadap variasi waktu tinggal hidrolis.

2. KAJIAN TEORI

2.1 Limbah Cair

Istilah pencemaran air atau polusi air cenderung semakin mengemuka sekarang ini, dan mungkin juga di masa-masa mendatang, mengingat masalah penurunan kualitas air semakin dirasakan oleh masyarakat pada umumnya. Pencemaran air pada lingkungan hidup masyarakat, dapat diakibatkan oleh banyak hal, terutama yang berkaitan dengan aktifitas hidup manusia. Limbah cair dari pabrik atau industri merupakan faktor terbesar yang sangat signifikan dalam mencemarkan lingkungan akuatik dan sekaligus menurunkan kualitas air di lingkungan tersebut.

Limbah cair dari pabrik dalam proses pengeluaran sisa hasil produksi biasa disebut dengan efluen. Efluen limbah cair pabrik yang dikeluarkan ke lingkungan sangat menentukan dan mempengaruhi kualitas air. Oleh karena itu, efluen limbah cair yang akan dibuang ke lingkungan akuatik seperti sungai misalnya, harus sudah melalui proses pengolahan limbah.

Seperti halnya pencemaran udara, pencemaran air sangatlah kompleks. Dalam proses produksi sebuah industri pada umumnya dipergunakan berbagai bahan material dengan berbagai jenis dan bentuk. Limbah cair industri, pertanian, perkotaan dan rumah tangga selain

mengandung logam berat (Cd, Cu, Hg, Zn dll.), juga mengandung berbagai macam senyawa organik, seperti dioxin, phenol, benzene, PCB, dan DDT (Sugiarto, 2002).

Sistem pengolahan limbah cair yang ada sekarang umumnya mempergunakan cara kombinasi antara pemakaian chlorine serta sistem kondensasi, sedimentasi, dan filtrasi, sedangkan untuk pengolahan limbah organik banyak mempergunakan mikrobiologi, karbon aktif atau membran filtrasi.

Air limbah industri kalau tidak diolah terlebih dahulu akan menimbulkan banyak masalah. Air sungai, danau, atau badan air lain akan menurun jumlah oksigen terlarutnya, di samping meningkatnya jumlah mikroorganisme tertentu.

Secara umum kualitas air limbah industri berbeda dengan air limbah rumah tangga. Kandungan organik dalam air limbah rumah tangga sebagian besar bersifat *biodegradable* artinya bisa diurai secara biologis. Sedangkan air limbah industri belum tentu, kecuali industri-industri pemroses hasil pertanian dan industri peternakan.

Sifat limbah industri lain yang perlu memperoleh perhatian adalah pH, temperatur, dan unsur-unsur yang bersifat toksik bagi mikroorganisme seperti logam berat. Masuknya limbah cair ke dalam lingkungan akuatik dapat menyebabkan pencemaran air, jika limbah tersebut tidak melalui proses pengolahan limbah yang baik terlebih dahulu. Masuknya unsur asing ke dalam air disebut kontaminasi. Pencemaran adalah kontaminasi yang mencapai tingkat yang dapat mengganggu penggunaan air tersebut.

Dengan demikian, maka pencemaran air dapat didefinisikan yaitu 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 berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Untuk itu, setiap industri diwajibkan mengolah limbahnya sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh pemerintah daerah, maupun oleh pemerintah pusat. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi penurunan kualitas dan keseimbangan ekosistem khususnya lingkungan biotik, termasuk di dalamnya adalah manusia.

2.2 Limbah Cair Industri Pemotongan Ayam

Setiap industri memiliki karakteristik sendiri, dan untuk industri pemotongan ayam termasuk dalam kriteria industri rumah pemotongan hewan (RPH). Limbah industri RPH merupakan limbah industri organik, karena limbah berasal dari sisa pemotongan hewan

berupa organ, darah, dan bagian-bagian tubuh hewan yang tidak terpakai. Untuk itu perkiraan karakteristik limbah industri pemotongan hewan yang merupakan limbah industri organik adalah dengan nilai COD, zat organik (KMnO_4), dan BOD_5 yang sangat tinggi. Untuk itu dibutuhkan pengolahan limbah dengan melibatkan mikroorganisme sebagai faktor dominan dalam pengolahan limbah dengan beban bahan organik yang tinggi.

2.3 Proses Pengolahan Limbah

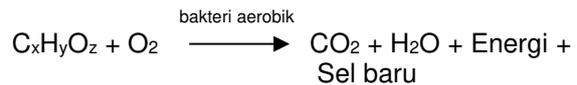
Limbah cair baik berasal dari industri maupun domestik harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan akuatik. Proses pengolahan limbah memiliki banyak cara dan metode, dan secara umum pengolahan limbah terdiri dari proses fisika, kimia, dan biologi. Namun dalam aplikasinya ketiga proses tersebut dapat terintegrasi dalam satu unit pengolahan limbah.

Pengolahan limbah secara biologis adalah suatu cara pengolahan yang diarahkan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam limbah cair dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme untuk melakukan perombakan substrat tersebut. Proses pengolahan limbah secara biologis dapat dilakukan pada kondisi aerobik, anaerobik, atau kombinasi aerobik-anaerobik. Proses aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan limbah dengan beban organik yang tidak terlalu besar, sedangkan proses anaerobik digunakan umumnya untuk limbah dengan beban organik yang sangat tinggi.

Proses pengolahan limbah cair secara biologis, secara umum dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), biakan melekat (*attached culture*), dan dengan sistem *lagoon* atau kolam. Secara singkat dapat diuraikan proses pengolahan aerobik dan anaerobik, sebagai berikut:

a. Proses Pengolahan secara Aerobik

Proses pengolahan limbah secara aerobik adalah proses pengolahan limbah yang memanfaatkan mikroorganisme aerobik, dengan menggunakan oksigen sebagai energi untuk metabolisme dari bakteri tersebut. Polutan-polutan organik tersebut diurai oleh bakteri-bakteri aerobik, menjadi karbon dioksida, air, dan energi serta sel baru. Proses aerobik ini umumnya digunakan untuk limbah dengan beban polutan organik yang tidak terlalu tinggi.



Pengolahan dengan kondisi aerobik ini memberikan keuntungan yaitu dapat menghilangkan bau dan menjernihkan efluen air limbah. Namun, kelemahan dari proses ini adalah dihasilkan buangan lumpur biologis yang cukup banyak, membutuhkan energi untuk aerasi, dan biaya operasional yang cukup tinggi.

b. Proses Pengolahan secara Anaerobik

Proses pengolahan limbah secara anaerobik adalah suatu metabolisme tanpa menggunakan oksigen yang dilakukan oleh bakteri anaerobik. Ciri khas dari proses secara anaerobik adalah terbentuknya gas metan (CH_4). Di dalam proses anaerobik yang sangat berperan adalah aktifitas mikroorganisme anaerob.

Proses anaerobik memiliki beberapa keuntungan dan kelebihan daripada menggunakan proses anaerob. Kelebihan proses anaerobik adalah :

- Derajat stabilitas yang tinggi.
- Produk lumpur buangan biologis rendah.
- Kebutuhan nutrien rendah.
- Dihasilkan gas metan yang dapat digunakan sebagai sumber energi.

3. MATERIAL DAN PERCOBAAN

3.1 Material

A. Air Limbah

Air limbah yang digunakan untuk penelitian diambil dari air limbah yang bersasal dari Rumah Potong Ayam di Kawasan Industri Pulo Gadung, Jakarta Timur.

B. Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan adalah media dari bahan plastik PVC tipe sarang tawon dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1.

3.2 Prosedur Analisis

Seluruh prosedur analisis yakni COD, BOD, Angka Permanganat, dan Total Padatan Tersuspensi (*total suspended solids*, TSS) didasarkan pada " *American Standard Method*. Analisis pH dilakukan dengan menggunakan pH-meter pH/ORP Digital meter UC.23.

Tabel 1 : Spesifikasi media Sarang Tawon yang digunakan untuk percobaan.

Tipe	: Sarang Tawon, cross flow.
Material	: PVC
Ukuran Modul	: 30 ^{cm} x 25 ^{cm} x 30 ^{cm}
Ukuran Lubang	: 2 cm x 2 cm
Ketebalan	: 0,5 mm
Luas Spesifik	: ± 226 m ² /m ³
Berat	: 30-35 kg/m ³
Porositas Rongga	: 0,98
Warna	: Bening Transparant



3.3 Prosedur percobaan

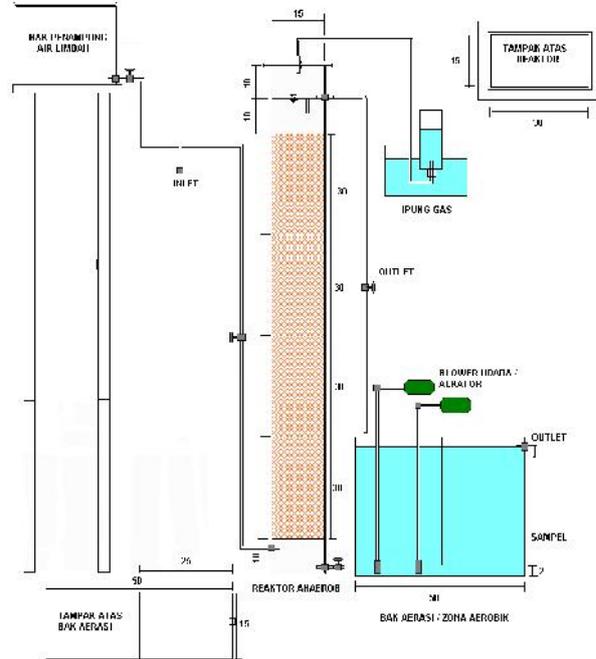
Pengolahan air limbah dilakukan dengan cara mengoperasikan reaktor biologis yang terdiri dari bak penampung air limbah, biofilter anaerob dan bak aerasi dan bak pengendapan akhir. Skema proses pengolahan serta ukuran reaktor ditunjukkan seperti pada Gambar 1. Reaktor biofilter yang digunakan terbuat dari bahan akrilik dengan ukuran lebar 15 cm, panjang 30 cm dan tinggi 150 cm dengan volume efektif 63 liter. Spesifikasi teknis reaktor biofilter anaerob ditunjukkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi teknis reaktor anaerobik

No	Item	Spesifikasi
1	Ukuran Reaktor	15 cm x 30 cm x 150 cm (volume efektif 63 liter)
2	Tinggi bed media	120 cm
3	Volume media	15 cm x 30 cm x 120 cm (54 liter)
4	Tinggi ruang lumpur	10 cm
5	Tinggi kolom air di atas media	10 cm
6	Tinggi ruang bebas	10 cm
7	Bahan	Akrilik- bening transparan

Air limbah di tampung ke dalam tangki penampung limbah, selanjutnya dialirkan ke ke biofilter anaerob dengan aliran dari bawah ke

atas. Biofilter anaerob diisi dengan media plastik tipe sarang tawon. Air limpasan dari biofilter anaerob selanjutnya masuk ke bak aerasi sambil dihembus dengan udara, selanjutnya dialirkan ke bak pengendapan akhir. Air limpasan dari bak pengendapan akhir merupakan air olahan.



Gambar 1 : Diagram proses percobaan.

A. Proses Pengembang-biakan Mikroorganisme (Seeding)

Pada saat baru dipasang, media biofilter sarang tawon belum ada mikroorganisme yang menempel pada permukaan media. Oleh karena itu perlu dilakukan proses pengembang-biakan (seeding) mikroorganisme agar tumbuh melekat pada permukaan media.

Proses *seeding* yang dilakukan adalah secara alami, yaitu dengan cara mengalirkan limbah secara kontinyu ke dalam reaktor biofilter dengan debit limbah untuk waktu tinggal hidrolis 6 hari, debit 0,007 liter per menit. Hal ini terus berlangsung sampai didapatkan kondisi pertumbuhan mikroorganisme yang optimum.

B. Percobaan Inti

Pada percobaan inti, reaktor dioperasikan secara kontinyu dengan debit limbah disesuaikan dengan pemilihan waktu tinggal hidrolis yaitu 96 jam, 48 jam, dan 24 jam. Untuk tahap penelitian ini, pengoperasian reaktor dimulai dengan waktu tinggal hidrolis 96 jam, kemudian 48 jam, dan terakhir 24 jam.

Pada tahap waktu tinggal hidrolis 48 jam dan 24 jam, proses pengolahan limbah dikombinasikan dengan proses secara aerobik.

Dengan cara menambahkan bak aerasi setelah outlet biofilter anaerob. Efluen biofilter anaerob diaerasi di bak aerasi dengan kecepatan aerasi sebesar 2 liter per menit, dan terakhir menghasilkan efluen aerobik. Sehingga pada tahap waktu tinggal 48 jam dan 24 jam, titik pengambilan sampel menjadi tiga titik, yaitu inlet, outlet anaerobik, dan outlet aerobik.

Penambahan kombinasi dengan proses aerobik ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan efisiensi yang dihasilkan antara proses anaerobik dan proses aerobik. Pada tahap percobaan inti parameter yang diperiksa yakni parameter zat organik yakni COD, BOD dan angka permanganat (KMnO₄), dan total padatan tersuspensi (TSS) air limbah sebelum dan sesudah pengolahan.

C. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel untuk tahap seeding dilakukan setiap jam 09.00 wib. Kemudian untuk tahap percobaan inti pengambilan sampel dilakukan setelah reaktor sudah dalam keadaan stabil (setelah seeding). Pengambilan sampel pada tahap percobaan inti juga dilakukan setiap jam 09.00 pagi. Sampel diambil pada titik inlet dan outlet dari biofilter anaerob. Untuk waktu tinggal hidrolis 2 hari dan 1 hari, dengan adanya penambahan proses aerobik, maka sampel diambil juga dari titik outlet aerobik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

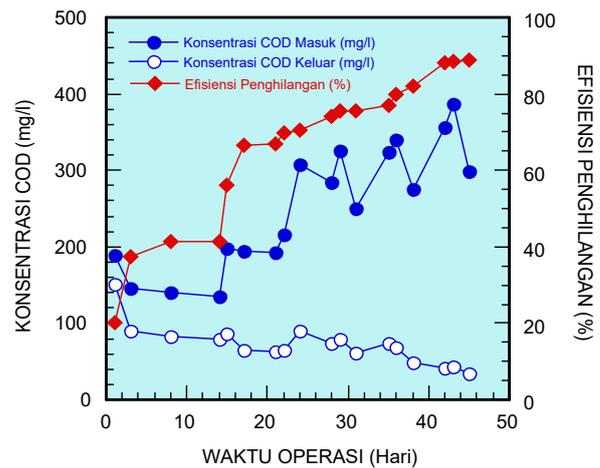
4.1 HASIL PENGEMBANGBIAKAN MIKROORGANISME (SEEDING)

Dalam proses pengembangbiakan mikroorganismenya atau *seeding* dilakukan secara alami, dengan cara mengalirkan limbah RPH ayam secara teratur dengan debit untuk WTH 6 hari ke dalam reaktor anaerobik yang dilakukan secara terus-menerus.

Untuk mengetahui tingkat pertumbuhan mikroorganismenya, dilakukan analisis COD, dan menghitung tingkat efisiensi penurunan COD. Efisiensi penurunan pada awal pengoperasian sangatlah kecil yaitu hanya 20,0 %, namun dengan bertambahnya waktu operasi bioreaktor, efisiensi penurunan COD menunjukkan kenaikan yang cukup signifikan. Hal ini membuktikan bahwa telah terjadi pertumbuhan mikroorganismenya dalam bioreaktor. Hasil analisa penurunan konsentrasi COD serta efisiensi penurunan COD selama proses *seeding* dapat dilihat seperti pada Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3 : Hasil seeding dengan WTH 6 hari

Waktu Operasi (hari)	COD		
	Masuk (mg/l)	Keluar (mg/l)	Efisiensi Penghilangan (%)
1	188,60	150,88	20,00
3	145,44	90,88	37,51
8	140,25	82,32	41,30
14	134,68	78,40	41,79
15	198,03	87,04	56,05
17	194,46	64,82	66,67
21	192,40	63,49	67,00
22	215,60	65,45	69,64
24	307,84	90,43	70,63
28	284,20	73,11	74,27
29	326,40	79,64	75,60
31	250,02	61,12	75,56
35	323,40	74,08	77,09
36	340,00	68,68	79,80
38	274,40	49,00	82,14
42	357,00	42,00	88,24
43	387,60	44,00	88,65
45	298,22	33,66	88,71



Grafik 2 : Grafik Seeding Penurunan COD

Dari hasil tersebut dapat terlihat dengan jelas adanya penurunan konsentrasi COD sebelum dan sesudah proses pengolahan. Hal ini menunjukkan adanya perkembangbiakan mikroorganismenya di dalam reaktor. Selain itu secara fisik terlihat pada media biofilter sarang tawon terbentuknya lapisan biofilm yang awalnya tipis, namun dengan berjalannya waktu operasi bioreaktor lapisan biofilm semakin menebal. Peningkatan nilai efisiensi penurunan COD juga menunjukkan adanya aktifitas bakteri atau mikroorganismenya dalam mendegradasi senyawa-senyawa organik dalam limbah tersebut.

Dari Tabel 3 dan Gambar 2 dapat terlihat bahwa proses seeding mulai mengalami kestabilan pada waktu operasi pada hari ke-45, dan mengalami kondisi stabil pada efisiensi

penurunan COD 88,71 %. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa kinerja bioreaktor cukup baik, dan bisa digunakan untuk tahap penelitian selanjutnya.

4.2 HASIL PERCOBAAN INTI BERDASARKAN VARIASI WAKTU TINGGAL

Setelah proses seeding selesai dengan menghasilkan nilai efisiensi penurunan COD sebesar 88,71 % dan bioreaktor sudah dalam kondisi stabil atau tunak, selanjutnya dilakukan percobaan dengan melakukan variasi waktu tinggal air limbah di dalam reaktor biofilter. Hasil karakterisasi limbah untuk tahap penelitian ini dapat dilihat seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 : Karakteristik air limbah rumah potong ayam yang digunakan untuk percobaan inti.

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	COD	mg/l	235 – 558
2	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	128 – 304
3	BOD ₅	mg/l	96 – 261
4	TSS	mg/l	136 – 373
5	pH	—	6,98 – 7,65

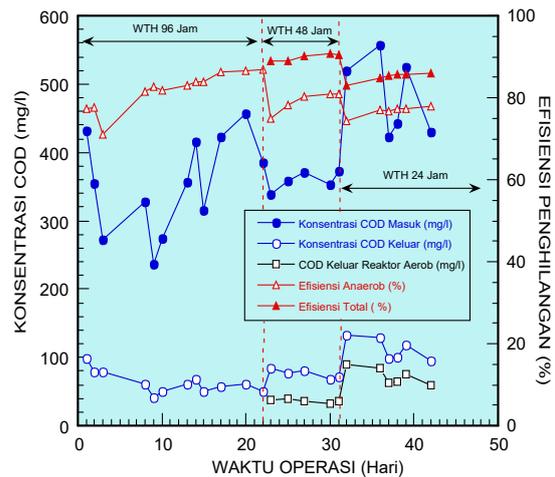
4.1.1 Penurunan Kadar COD

Pada proses penurunan kadar COD terlihat efisiensi mengalami penurunan saat terjadi penggantian waktu tinggal. Penurunan efisiensi terjadi disebabkan adanya proses adaptasi dari mikroorganisme yang tumbuh melekat di media biofilter dalam reaktor terhadap perubahan debit aliran dari waktu tinggal sebelumnya. Efisiensi penurunan COD mulai mencapai tingkat stabil setelah 5 sampai 8 hari pengoperasian reaktor. Hasil analisa penurunan konsentrasi COD selama percobaan serta efisiensi penghilangan dapat dilihat seperti pada Tabel 5 dan Gambar 3.

Tabel 5 : Penurunan konsentrasi COD sebelum dan sesudah pengolahan selama percobaan inti.

Penurunan COD					
Waktu Operasi (hari)	Influen Reaktor Anaerob (mg/l)	Keluar Reaktor Anaerob (mg/l)	Efisiensi Reaktor Anarob (%)	Efluen Reaktor Aerob (%)	Efisiensi Aerob (total) (%)
Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 96 Jam					
1	431,20	98,07	77,26	-	-
2	354,28	79,00	77,70	-	-

3	271,88	78,88	70,99	-	-
8	327,08	60,35	81,55	-	-
9	235,75	40,55	82,80	-	-
10	274,40	50,00	81,78	-	-
13	365,56	61,86	83,08	-	-
14	414,92	68,60	83,47	-	-
15	314,84	50,49	83,96	-	-
17	423,36	57,97	86,31	-	-
20	456,37	61,81	86,46	-	-
22	384,80	50,96	86,76	-	-
Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 48 Jam					
23	339,48	84,870	75,00	37,720	88,89
25	358,34	77,770	78,30	39,390	89,01
27	371,28	73,112	80,31	36,556	90,15
30	352,24	67,340	80,88	32,708	90,71
31	372,40	71,668	80,76	35,834	90,38
Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 24 Jam					
32	519,40	132,66	74,46	89,100	82,85
36	557,96	128,52	76,97	84,728	84,81
37	423,28	98,06	76,83	61,880	85,38
38	442,52	99,96	77,41	63,784	85,59
39	524,34	118,80	77,34	75,240	85,65
42	429,05	95,060	77,84	59,780	86,07



Gambar 3 : Penurunan konsentrasi COD sebelum dan sesudah pengolahan berdasarkan variasi waktu tinggal.

Dari Tabel 5 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa bahwa untuk waktu tinggal hidrolik (WTH) 96 jam atau 4 hari, mampu menurunkan COD dari konsentrasi influen sekitar 384,80 mg/l menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 50,96 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 86,76%. Untuk waktu tinggal hidrolik 48 jam konsentrasi influen sekitar 372,40 mg/l dapat diturunkan menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 71,67 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 79,11%. Kemudian dengan adanya penambahan proses secara aerobik, COD dapat diturunkan lagi menjadi konsentrasi efluen aerobik sekitar 35,83

mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 90,38%. Untuk waktu tinggal hidrolis 24 jam dapat menurunkan COD dari konsentrasi influen sekitar 429,05 mg/l menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 95,06 mg/l, dengan efisiensi penurunan mencapai 77,84%. Dengan penambahan proses aerobik, COD dapat diturunkan lagi mencapai konsentrasi efluen aerobik sekitar 59,78 mg/l dan efisiensi penurunan sebesar 86,07%.

Dari hasil penelitian tersebut, diketahui bahwa proses degradasi senyawa-senyawa organik yang menghasilkan adanya penurunan COD, sebagian besar terjadi di dalam bioreaktor anaerobik, sedangkan dengan proses aerobik tidak terlalu besar. Ini bisa dilihat, pada waktu tinggal hidrolis 24 jam dan 48 jam, di mana untuk zona anaerobik efisiensi penurunan COD berkisar antara 78 – 81 %. Sedangkan pada zona aerobik efisiensi total penurunan COD berkisar antara 86 – 90 %. Ini berarti kontribusi proses secara aerobik terhadap penghilangan COD pada limbah, hanya sekitar 10 %, sedangkan proses anaerobik memberikan kontribusi yang terbesar dalam pengolahan limbah untuk menghilangkan COD.

4.3 Penurunan Kadar Zat Organik (KMnO₄)

Dalam proses penurunan kadar zat organik (Angka KMnO₄) memiliki kecenderungan yang sama dengan proses penghilangan COD. Efisiensi mengalami penurunan di saat terjadi perubahan waktu tinggal hidrolis, sehingga debit aliran pun berubah. Efisiensi penurunan baru mulai stabil pada waktu operasi reaktor antara 3-10 hari. Hasil analisa penurunan konsentrasi Zat Organik (KmnO₄) selama percobaan serta efisiensi penghilangan dapat dilihat seperti pada Tabel 6 dan Gambar 4.

Dari data dan grafik yang dihasilkan menunjukkan untuk waktu tinggal hidrolis 96 jam mampu menurunkan kandungan zat organik (KMnO₄) dari konsentrasi influen sekitar 184,85 mg/l menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 31,90 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 82,74 %. Untuk waktu tinggal hidrolis 48 jam dapat menurunkan kandungan zat organik (KMnO₄) dari konsentrasi influen 215,33 mg/l menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 45,95 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 78,66 %. Sebenarnya konsentrasi efluen anaerobik berkisar antara 42 – 47 mg/l, namun karena terjadi kenaikan konsentrasi influen yang cukup drastis pada hari ke-31, maka konsentrasi efluen anaerobik juga mengalami kenaikan menjadi 65,12 mg/l, dengan efisiensi penurunan 78,56 %.

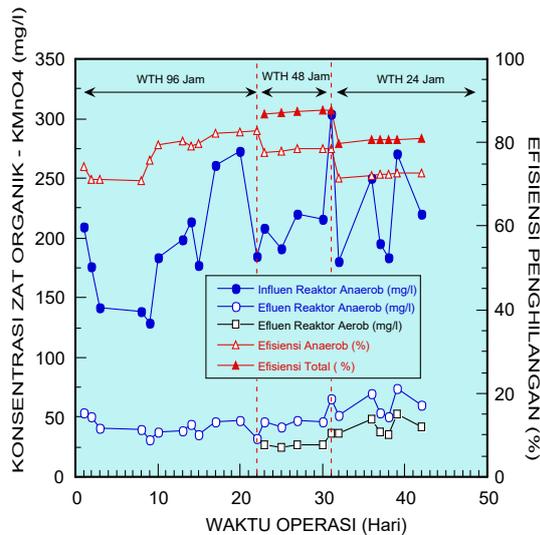
Kemudian dengan adanya penambahan proses secara aerobik, penurunan zat organik

(KMnO₄) dapat diturunkan menjadi konsentrasi efluen aerobik sekitar 26,37 mg/l, dengan efisiensi penurunan sekitar 87,75 %. Sama dengan proses anaerobik, dikarenakan adanya kenaikan konsentrasi influen yang cukup drastis pada hari ke-31, maka konsentrasi efluen aerobik juga mengalami kenaikan menjadi 36,81 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 87,88 %. Namun secara rata-rata konsentrasi efluen aerobik berkisar antara 27 – 26 mg/l.

Tabel 6 : Penurunan Zat Organik (KMnO₄)

Penurunan Zat Organik (KMnO ₄)					
Waktu Operasi (hari)	Influen Reaktor Anaerob (mg/l)	Keluar Reaktor Anaerob (mg/l)	Efisiensi Reaktor Anarob (%)	Efluen Reaktor Aerob (%)	Efisiensi Aerob (total) (%)
Waktu Tinggal Hidrolis (WTH) 96 Jam					
1	209,81	53,83	74,34	-	-
2	176,14	50,94	71,08	-	-
3	141,81	40,88	71,14	-	-
8	138,47	40,27	70,92	-	-
9	128,35	31,26	75,64	-	-
10	183,81	38,02	79,32	-	-
13	198,47	38,98	80,36	-	-
14	213,77	44,49	79,19	-	-
15	177,57	36,00	79,73	-	-
17	261,45	46,22	82,30	-	-
20	272,52	47,22	82,67	-	-
22	184,85	31,90	82,74	-	-
Waktu Tinggal Hidrolis (WTH) 48 Jam					
23	208,21	46,46	77,69	27,40	86,84
25	191,22	42,22	77,92	24,67	87,10
27	220,16	47,40	78,47	27,38	87,56
30	215,33	45,95	78,66	26,37	87,75
31	303,76	65,12	78,56	36,81	87,88
Waktu Tinggal Hidrolis (WTH) 24 Jam					
32	180,36	51,54	71,43	36,36	79,84
36	250,46	69,53	72,24	48,47	80,65
37	195,54	53,94	72,41	37,64	80,75
38	183,62	50,67	72,40	35,40	80,72
39	270,99	74,19	72,62	52,13	80,76
42	220,16	59,79	72,84	42,14	80,86

Selanjutnya untuk waktu tinggal hidrolis 24 jam penurunan zat organik (KMnO₄) dari konsentrasi influen sekitar 220,16 mg/l dapat diturunkan menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 59,79 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 72,84 %. Dengan adanya penambahan proses aerobik penurunan zat organik (KMnO₄) dapat lebih diturunkan lagi menjadi konsentrasi efluen aerobik sekitar 42,14 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 80,86 %.



Gambar 4 : Efisiensi Penurunan Zat Organik (KMnO₄) berdasarkan Variasi waktu tinggal (WTH).

Dari hasil penelitian juga menunjukkan bahwa proses anaerobik memiliki kontribusi yang sangat besar dalam mendegradasi zat-zat organik yang terkandung dalam limbah dan mampu menurunkan kandungan zat organik (KMnO₄) lebih besar daripada proses aerobik. Hal ini ditunjukkan bahwa untuk waktu tinggal hidrolis 24 jam dan 48 jam, efisiensi penurunan pada zona anaerobik dapat dicapai antara 73 – 79 %. Sedangkan pada waktu tinggal hidrolis yang sama untuk zona aerobik, efisiensi penurunan total mencapai 81 – 88 %. Hal ini menunjukkan bahwa kontribusi proses aerobik dalam penurunan kandungan zat organik (KMnO₄) hanya sekitar 10 %.

4.4 Penurunan Kadar BOD

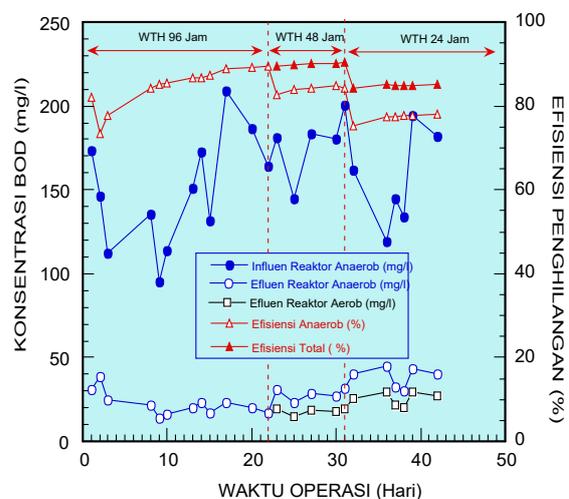
Hasil analisa penurunan konsentrasi BOD selama percobaan serta efisiensi penghilangan dapat dilihat seperti pada Tabel 7 dan Gambar 5. Proses penurunan kadar BOD dilakukan dengan variasi waktu tinggal hidrolis, dan juga memiliki kecenderungan yang sama dengan proses penurunan COD maupun kandungan zat organik (KMnO₄). Efisiensi penurunan BOD mengalami penurunan ketika terjadi perubahan waktu tinggal hidrolis dikarenakan berubahnya debit aliran limbah ke dalam reaktor. Efisiensi penurunan mulai mencapai stabil setelah 5 – 10 hari reaktor berjalan pada waktu tinggal tersebut. Proses analisis BOD ini menggunakan parameter BOD₅²⁰, yang berarti proses analisis sampel dilakukan untuk waktu nol hari dan inkubasi selama lima hari pada temperatur 20 °C.

Dari data dan grafik yang dihasilkan, menunjukkan bahwa untuk waktu tinggal hidrolis 96 jam mampu menurunkan BOD dari

konsentrasi influen sekitar 163,85 mg/l menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 17,30 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 89,44 %.

Tabel 7 : Penurunan BOD untuk WTH 4 hari (96 jam)

Penurunan Zat Organik (BOD)					
Waktu Operasi (hari)	Influen Reaktor Anaerob (mg/l)	Efluen Reaktor Anaerob (mg/l)	Efisiensi Reaktor Anaerob (%)	Efluen Reaktor Aerob (%)	Efisiensi Aerob (total) (%)
Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 96 Jam					
1	173,31	31,08	82,07	-	-
2	146,62	39,05	73,36	-	-
3	112,16	25,00	77,71	-	-
8	135,48	21,35	84,24	-	-
9	95,61	14,33	85,02	-	-
10	113,52	16,35	85,60	-	-
13	151,01	20,14	86,67	-	-
14	172,30	23,11	86,59	-	-
15	131,46	16,72	87,28	-	-
17	209,12	23,11	88,95	-	-
20	186,82	20,00	89,29	-	-
22	163,85	17,30	89,44	-	-
Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 48 Jam					
23	181,08	31,22	82,76	19,26	89,37
25	144,59	23,24	83,93	14,70	89,84
27	183,10	28,65	84,35	18,35	89,98
30	180,41	27,43	84,79	17,74	90,17
31	200,34	31,49	84,28	19,50	90,29
Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 24 Jam					
32	161,83	40,00	75,28	25,64	84,15
36	119,33	45,14	77,36	29,29	85,30
37	144,60	32,70	77,38	21,99	84,79
38	134,12	29,86	77,73	20,27	84,89
39	194,25	43,11	77,81	29,25	84,94
42	181,76	40,14	77,92	26,76	85,28



Grafik 5 : Grafik Efisiensi Penurunan BOD dengan variasi waktu tinggal (WTH).

Untuk waktu tinggal hidrolis 48 jam dapat menurunkan BOD dari konsentrasi influen sekitar 200,33 mg/l menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 31,49 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 84,28 %. Kemudian dengan adanya penambahan proses secara aerobik BOD dapat lebih diturunkan lagi menjadi konsentrasi efluen aerobik sekitar 19,46 mg/l, dengan efisiensi sebesar 90,29 %. Selanjutnya, untuk waktu tinggal hidrolis 24 jam konsentrasi BOD dapat diturunkan dari konsentrasi influen sekitar 181,76 mg/l menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 40,17 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 77,92%. Namun dengan ditambah proses aerobik konsentrasi BOD dapat lebih ditekan menjadi konsentrasi efluen aerobik sekitar 26,76 mg/l, dengan efisiensi sebesar 85,28 %.

Dari hasil penelitian ini juga diketahui bahwa proses anaerobik memberikan kontribusi terbesar dalam proses penurunan BOD daripada secara proses aerobik. Terlihat bahwa untuk waktu tinggal hidrolis 24 jam dan 48 jam, efisiensi penurunan BOD pada zona anaerobik dapat mencapai kisaran 78 – 84 %. Sedangkan pada zona aerobik, efisiensi penurunan total mencapai 85 – 91 %. Ini berarti kontribusi proses aerobik dalam mengolah limbah untuk menurunkan konsentrasi BOD hanya sekitar 7 %. Meskipun demikian proses aerobik juga sangat signifikan untuk membantu lebih menghilangkan sisa polutan-polutan organik yang belum terdegradasi lewat proses anaerobik, dan juga dapat menghilangkan bau serta meningkatkan DO pada efluen akhir. Secara nyata bahwa beban pengolahan pada proses aerobik lebih rendah dibandingkan dengan proses anaerobik, karenanya proses aerobik ditempatkan setelah pengolahan secara proses anaerobik.

4.5 Penurunan Kadar TSS

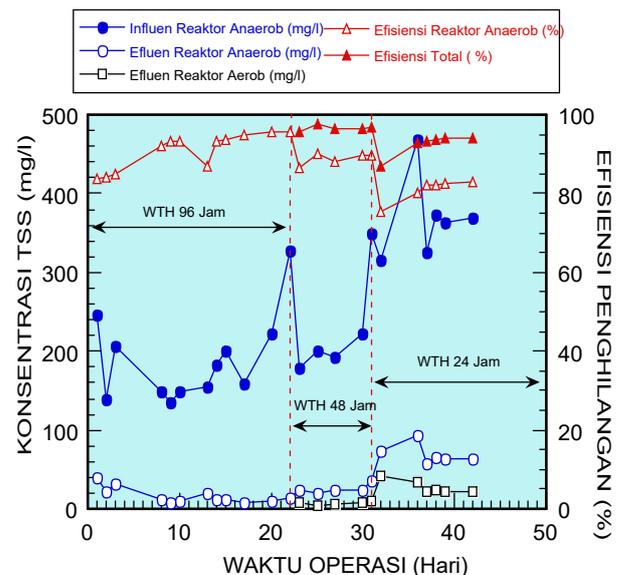
Proses penurunan kadar TSS dengan proses anaerobik menghasilkan efisiensi penurunan yang sangat baik. Adanya penambahan proses secara aerobik, menambah peningkatan nilai efisiensi penurunan TSS. Hasil analisa penurunan konsentrasi TSS selama percobaan serta efisiensi penghilangan dapat dilihat seperti pada Tabel 8 dan Gambar 6.

Dari data dan grafik yang dihasilkan terlihat adanya penurunan efisiensi penurunan saat terjadinya perubahan waktu tinggal hidrolis, dikarenakan adanya perubahan debit aliran limbah. Efisiensi penurunan mencapai stabil setelah waktu operasi berjalan sekitar 5 – 10 hari. Untuk waktu tinggal hidrolis 96 jam mampu menurunkan konsentrasi TSS dari konsentrasi influen sekitar 328,0 mg/l menjadi konsentrasi

efluen anaerobik sekitar 14,0 mg/l dengan efisiensi sebesar 95,73 %.

Tabel 8 : Penurunan TSS untuk WTH 4 hari (96 jam)

Penurunan TSS					
Waktu Operasi (hari)	Influen Reaktor Anaerob (mg/l)	Keluar Reaktor Anaerob (mg/l)	Efisiensi Reaktor Anaerob (%)	Efluen Reaktor Aerob (%)	Efisiensi Aerob (total) (%)
Waktu Tinggal Hidrolis (WTH) 96 Jam					
1	247,0	40,0	83,81	-	-
2	140,0	22,0	84,29	-	-
3	206,0	31,0	84,95	-	-
8	149,0	12,0	91,95	-	-
9	136,0	9,0	93,38	-	-
10	149,0	10,0	93,29	-	-
13	154,0	20,0	87,01	-	-
14	182,0	12,0	93,40	-	-
15	200,0	13,0	93,50	-	-
17	158,0	8,0	94,93	-	-
20	222,0	10,0	95,50	-	-
22	328,0	14,0	95,73	-	-
Waktu Tinggal Hidrolis (WTH) 48 Jam					
23	178,0	24,0	86,52	8,0	95,51
25	201,0	20,0	90,05	5,0	97,51
27	192,0	23,0	88,02	7,0	96,35
30	223,0	23,0	89,69	8,0	96,41
31	350,0	36,0	89,71	11,0	96,86
Waktu Tinggal Hidrolis (WTH) 24 Jam					
32	316,0	74,0	75,58	41,0	87,03
36	468,0	93,0	80,13	33,0	92,95
37	325,0	58,0	82,15	22,0	93,23
38	373,0	66,0	82,31	24,0	93,57
39	364,0	63,0	82,69	22,0	93,96
42	370,0	63,0	82,97	22,0	94,05



Gambar 6 : Efisiensi Penurunan TSS dengan variasi WTH.

Untuk waktu tinggal 48 jam konsentrasi TSS dapat dihilangkan dari konsentrasi influen sekitar 223,0 mg/l menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 23,0 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 89,69 %. Namun pada waktu operasi hari ke-31 terjadi kenaikan konsentrasi influen yang cukup drastis sebesar 350,0 mg/l, hal ini menyebabkan kenaikan juga pada konsentrasi efluen anaerobik sebesar 36,0 mg/l.

Adanya penambahan proses secara aerobik mampu menurunkan lebih baik lagi dimana konsentrasi efluen aerobik sekitar 8,0, dengan efisiensi penurunan sebesar 96,41 %. Sama dengan proses anaerobik, dikarenakan adanya kenaikan konsentrasi influen pada waktu operasi hari ke-31 yang cukup drastis, menyebabkan konsentrasi efluen total atau aerobik juga mengalami kenaikan menjadi 11,0 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 96,86 %. Selanjutnya untuk waktu tinggal hidrolis 24 jam dapat menurunkan TSS dari konsentrasi influen sekitar 370,0 mg/l menjadi konsentrasi efluen anaerobik sekitar 63,0 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 82,97 %. Penambahan proses aerobik mampu menekan lebih rendah nilai TSS menjadi sekitar 22,0 mg/l, dengan efisiensi penurunan sebesar 94,05 %.

Dari hasil penelitian ini, juga diketahui tidak berbeda dengan parameter uji yang lain, bahwa proses anaerobik memberikan kontribusi terbesar dalam proses penurunan konsentrasi TSS dibandingkan dengan proses aerobik. Untuk waktu tinggal hidrolis 24 jam dan 48 jam pada zona anaerobik mampu menghasilkan efisiensi penurunan sekitar 83 – 90 %, sedangkan pada zona aerobik mampu meningkatkan efisiensi penurunan sekitar 94 – 96 %. Hal ini menunjukkan bahwa proses aerobik memberikan kontribusi untuk pengolahan limbah dalam hal penurunan TSS hanya sekitar 6 – 10 %.

Dari hasil yang didapatkan pada proses penurunan COD, zat organik (KMnO_4), BOD_5 , dan TSS pada setiap waktu tinggal hidrolis, diketahui bahwa semakin kecil waktu tinggal hidrolis di dalam reaktor biofilter anaerobik, maka akan semakin kecil pula efisiensi penurunan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan dengan waktu tinggal hidrolis yang lama di dalam reaktor biofilter, maka akan terjadi kontak dengan mikroorganisme dalam biofilter secara lebih optimal. Aliran limbah yang cenderung naik melewati kolom, menyebabkan terjadi kontak dengan media yang di atasnya tumbuh bakteri anaerobik yang tidak dapat lepas ke dalam efluen (Metcalf & Eddy, 2003). Sehingga semakin lama waktu tinggal hidrolis dalam reaktor, akan semakin banyak pula senyawa-senyawa organik yang dapat didegradasi oleh bakteri anaerobik. Dikarenakan secara garis besar mekanisme proses pengolahan limbah

secara anaerobik adalah konversi zat organik atau organik karbon menjadi gas bio atau gas metana dan karbondioksida.

Kemudian dapat kita lihat pula bahwa pada setiap proses penurunan baik untuk COD, zat organik, BOD_5 , dan TSS pada setiap waktu tinggal hidrolis, proses anaerobik memberikan kontribusi terbesar dalam proses penurunan tersebut, sedangkan proses aerobik secara rata-rata hanya memberikan kontribusi sebesar 10 %. Ini dapat dipahami, karena proses anaerobik adalah proses multi tahap yang melibatkan bakteri anaerobik. Beban pengolahan limbah pada proses anaerobik sangat besar, dan senyawa-senyawa organik yang terkandung di dalam limbah didegradasi secara mikrobiologis menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana, dengan melalui tahapan hidrolisis, asetogenesis, dan metanogenesis. Di mana hasil akhir dari proses ini adalah dihasilkannya gas metana dan karbondioksida. Berbeda dengan proses anaerobik, proses aerobik lebih sederhana, dengan beban pengolahan limbah yang jauh lebih ringan, proses aerobik melanjutkan upaya untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik. Dikarenakan hasil pengolahan pada proses anaerobik masih mengandung zat organik dan nutrisi yang dapat diubah menjadi sel-sel baru, hidrogen, gas karbon dioksida, dan produk-produk akhir lainnya (Said, 2002). Perlu dilaporkan dan diketahui bahwa hasil pengolahan dengan proses anaerobik masih menimbulkan sedikit bau dan efluen agak keruh serta berwarna kuning muda, namun dengan adanya penambahan proses secara aerobik kualitas efluen menjadi lebih baik lagi dengan tidak ada lagi bau dan lebih bening.

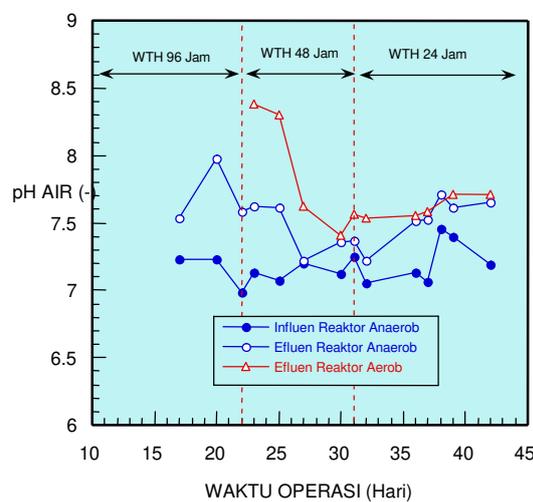
4.6 Parameter pH

Dalam proses pengolahan limbah secara anaerobik, pada setiap pengambilan sampel, juga dilakukan analisis pH pada setiap waktu tinggal hidrolis. Begitu pula untuk sampel efluen dari zona aerobik pada waktu tinggal hidrolis 48 jam dan 24 jam. Perubahan pH air limbah sebelum dan sesudah pengolahan secara lengkap ditunjukkan seperti pada Tabel 9 dan Gambar 7.

Dari data yang dihasilkan dapat diketahui bahwa pH pada setiap waktu tinggal hidrolis memiliki kecenderungan yang sama, di mana semakin limbah melewati tahapan proses pengolahan limbah, maka pH akan semakin naik. Pada influen pH lebih rendah dibandingkan dengan pH dari efluen anaerobik, dan kemudian mengalami peningkatan pada efluen aerobik.

Tabel 9 : Data pH untuk WTH 4 hari (96 jam)

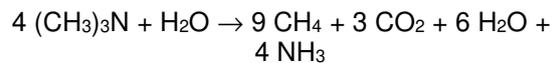
Perubahan pH			
Waktu Operasi (hari)	Influen Reaktor Anaerob	Keluar Reaktor Anaerob	Efluen Reaktor Aerob
Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 96 Jam			
1	—	—	—
2	—	—	—
3	—	—	—
8	—	—	—
9	—	—	—
10	—	—	—
13	—	—	—
14	—	—	—
15	—	—	—
17	7,23	7,54	—
20	7,23	7,98	—
22	6,98	7,58	—
Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 48 Jam			
23	7,13	7,62	8,38
25	7,07	7,61	8,30
27	7,20	7,22	7,62
30	7,12	7,36	7,41
31	7,25	7,37	7,56
Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 24 Jam			
32	7,05	7,22	7,54
36	7,13	7,52	7,55
37	7,06	7,53	7,58
38	7,15	7,46	7,71
39	7,40	7,61	7,71
42	7,19	7,65	7,71



Gambar 7 : Perubahan pH berdasarkan variasi waktu tinggal (WTH).

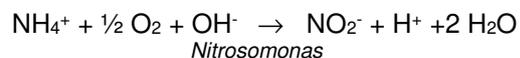
Hal ini dapat dipahami, bahwa limbah dari RPH ayam mengandung beban bahan organik yang cukup tinggi, sebagaimana yang telah ditunjukkan dalam berbagai parameter uji di atas. Sehingga, zat-zat organik yang didegradasi oleh bakteri anaerobik dalam biofilter sarang tawon, menghasilkan banyak senyawa-senyawa

sederhana. Tahap terakhir dari proses anaerobik adalah metanogenesis, yang hasil akhirnya adalah gas metan dan karbon dioksida. Namun menurut Metcalf & Eddy (2003), sekarang ini diketahui bahwa bakteri metanogenesis memanfaatkan substrat turunan yaitu: CO₂ + H₂O, asam format, asam asetat, metanol, metil amin, dan karbon monoksida. Proses yang bisa memungkinkan efluen anaerobik bersifat agak basa (pH > 7) adalah proses pembentukan metana yang berasal dari metil amin, dimana proses degradasi senyawa ini selain menghasilkan metan juga menghasilkan karbon dioksida, air, dan amonia seperti ditunjukkan dalam reaksi berikut:

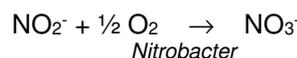


Proses anaerobik yang menghasilkan amonia inilah yang memungkinkan efluen anaerobik bersifat sedikit basa. Kemudian adanya peningkatan pH pada efluen aerobik dapat dijelaskan bahwa pada proses aerobik juga terjadi proses degradasi senyawa-senyawa organik yang belum terdegradasi pada proses anaerobik, termasuk adanya proses nitrifikasi yang keseluruhannya berlangsung secara mikrobiologis. Terdapatnya senyawa amonia dengan kondisi pH dan temperatur yang memadai, serta aerasi yang cukup baik untuk meningkatkan nilai DO, sangat memungkinkan terjadinya proses nitrifikasi pada zona aerobik. Kecepatan pertumbuhan bakteri nitriikasi dipengaruhi oleh temperatur antara 8-30 °C, dengan optimal sekitar 30 °C. pH optimum untuk bakteri *nitrosomonas* dan *nitrobacter* antara 7,5 – 8,5, dan proses ini akan terhenti pada pH di bawah 6,0, di mana amonia dikonversi melalui dua tahap dengan hasil akhir adalah terbentuknya nitrat (Bitton,1994).

Tahap nitritasi

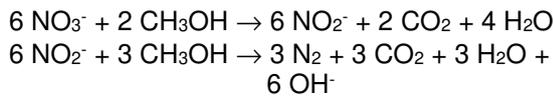


Tahap nitritasi

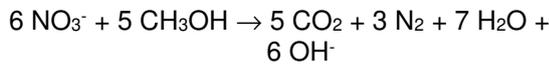


Namun perlu dipahami bahwa dalam proses anaerobik pada tahap hidrolisis dan fermentasi dihasilkan alkohol, yang selanjutnya ikut keluar oleh efluen anaerobik. Alkohol yang ada dalam efluen anaerobik ini (misalnya metanol) bereaksi dengan nitrat hasil akhir dari proses nitrifikasi, sehingga menghasilkan efluen yang mengandung ion hidroksil. Proses ini dinamakan

sebagai proses denitrifikasi. Hal ini dapat dijelaskan dalam reaksi berikut:



Keseluruhan reaksi:



Sehingga dapat dipahami bahwa pada zona aerobik memiliki rentangan pH yang lebih tinggi dibandingkan zona anaerobik, dikarenakan adanya proses nitrifikasi yang cenderung berlangsung pada pH sekita 7,5 – 8,5, dan juga terjadinya proses denitrifikasi.

Perlu dilaporkan di sini dan untuk diketahui, bahwa proses pengolahan limbah RPH ayam yang diolah dengan reaktor biofilter sarang tawon dalam penelitian ini, menghasilkan efluen anaerobik dan aerobik berdasarkan parameter yang diuji yaitu COD, zat organik (KMnO₄), BOD₅²⁰, TSS, dan pH, kesemuanya berada di bawah nilai baku mutu limbah cair industri berdasarkan Keputusan Gubernur KDKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 tentang Penetapan Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai/Badan Air serta Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah DKI Jakarta, untuk semua variasi waktu tinggal hidrolis. Sehingga dapat dinyatakan, bahwa proses pengolahan limbah cair secara anaerobik dengan sistem biofilter tercelup bermedia sarang tawon dan dikombinasikan dengan proses aerobik, cukup efektif untuk digunakan.

4.7 Laju Pembebanan (Loading)

a. Beban COD

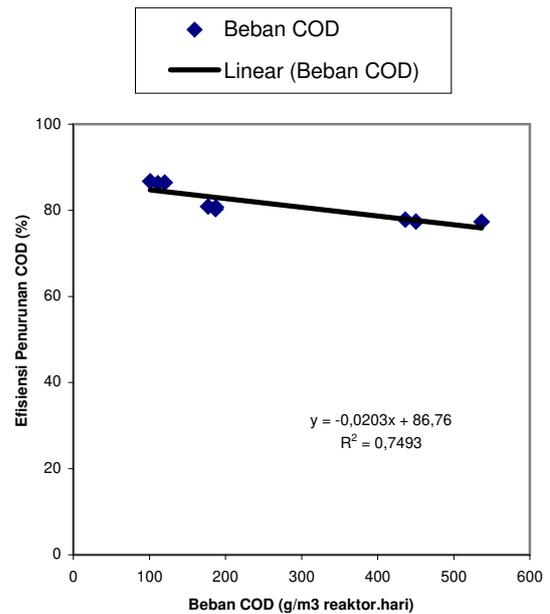
Laju pembebanan digunakan untuk mengetahui besarnya beban pengolahan yang dilakukan oleh reaktor biofilter anaerobik menggunakan persamaan yang telah dijelaskan di atas. Adapun laju pembebanan COD ditunjukkan seperti pada Gambar 8.

Dari grafik di atas diketahui di dapatkan persamaan hubungan antara laju pembebanan COD dengan efisiensi penurunan COD di dalam reaktor biofilter anaerobik, dengan persamaan sebagai berikut:

$$y = -0,02030x + 86,76$$

Dengan di dapatkan nilai R² = 0,7493, di mana y adalah efisiensi penghilangan COD, dan x adalah beban COD dalam reaktor biofilter (g/m³ reaktor.hari). Dari grafik dapat kita ketahui bahwa dengan beban COD berkisar 100 – 500

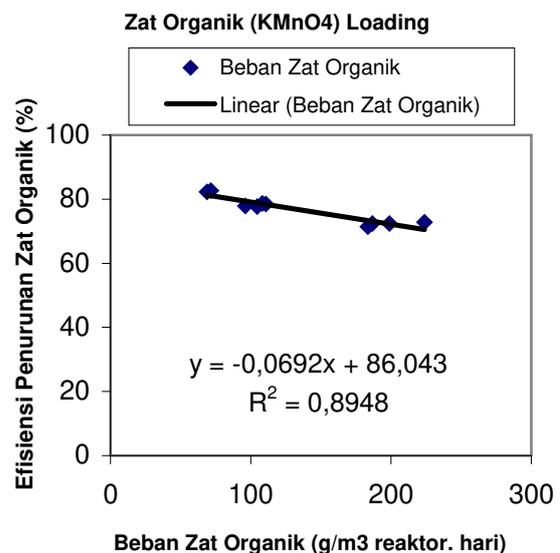
g/m³.hari didapatkan efisiensi penurunan COD berkisar 77 – 87 %.



Gambar 8 : Hubungan antara Laju Pembebanan COD dengan Efisiensi Penurunan COD di dalam Reaktor Biofilter Anaerobik

b. Beban Zat Organik (KMnO₄)

Untuk hubungan antara laju pembebanan zat organik (KMnO₄) dengan efisiensi penurunannya dalam reaktor biofilter, dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 : Hubungan antara Laju Pembebanan Zat Organik dengan Efisiensi Penurunan Zat Organik di dalam Reaktor Biofilter Anaerobik. Dari grafik di atas diketahui di dapatkan persamaan hubungan antara laju pembebanan zat organik (KMnO₄) dengan efisiensi

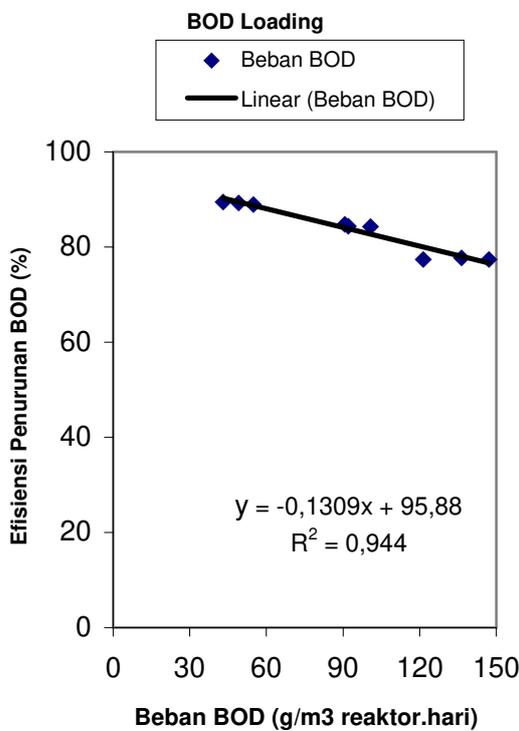
penurunannya di dalam reaktor biofilter anaerobik, dengan persamaan sebagai berikut :

$$y = -0,0692x + 86,043$$

Dengan di dapatkan nilai $R^2 = 0,8948$, di mana y adalah efisiensi penurunan zat organik, dan x adalah beban zat organik dalam reaktor biofilter (g/m^3 reaktor.hari). Dari grafik terlihat bahwa dengan beban zat organik berkisar 69 – 224 g/m^3 .hari didapatkan efisiensi penurunan zat organik berkisar 72 – 82 %.

c. Beban BOD

Untuk persamaan hubungan antara laju pembebanan BOD dengan efisiensi penurunannya dalam reaktor biofilter, dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 : Hubungan antara Laju Pembebanan BOD dengan Efisiensi Penurunan BOD di dalam Reaktor Biofilter Anaerobik

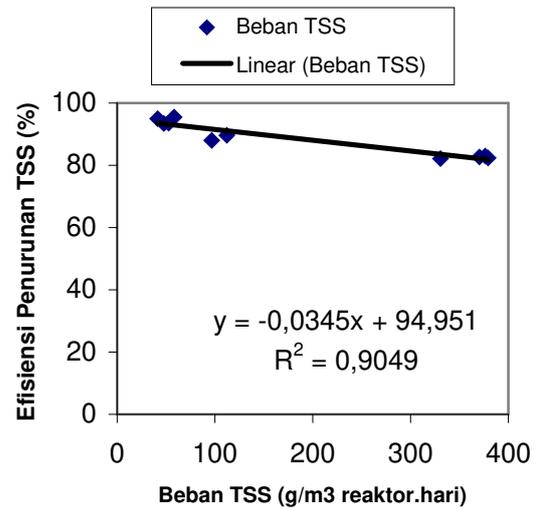
Dari grafik tersebut diketahui di dapatkan persamaan hubungan antara laju pembebanan BOD dengan efisiensi penurunannya di dalam reaktor biofilter anaerobik, dengan persamaan $y = - 0,1309x + 95,88$.

Dengan di dapatkan nilai $R^2 = 0,944$, di mana y adalah efisiensi penurunan BOD, dan x adalah beban BOD dalam reaktor biofilter (g/m^3 reaktor.hari). Dari grafik diketahui bahwa dengan beban BOD berkisar 43 – 147 g/m^3 .hari

didapatkan efisiensi penurunan zat organik berkisar 77 – 89 %.

d. Beban TSS

Untuk persamaan hubungan antara laju pembebanan TSS dengan efisiensi penurunannya dalam reaktor biofilter, dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 : Hubungan antara Laju Pembebanan TSS dengan Efisiensi Penurunan TSS di dalam Reaktor Biofilter Anaerobik

Dari grafik di atas diketahui di dapatkan persamaan hubungan antara laju pembebanan TSS dengan efisiensi penurunannya di dalam reaktor biofilter anaerobik, dengan persamaan sebagai berikut : $y = - 0,0345x + 94,951$

Dengan di dapatkan nilai $R^2 = 0,9049$, di mana y adalah efisiensi penurunan TSS, dan x adalah beban TSS dalam reaktor biofilter (g/m^3 reaktor.hari). Dari grafik terlihat bahwa dengan beban TSS berkisar 42 – 379 g/m^3 .hari didapatkan efisiensi penurunan TSS berkisar 82 – 95 %.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dalam melakukan pengolahan limbah cair organik dari industri pemotongan ayam dengan proses anaerobik menggunakan media biofilter sarang tawon, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Proses pengolahan limbah secara anaerobik dengan menggunakan media biofilter plastik

sarang tawon dapat digunakan untuk mengolah limbah cair organik dari industri pemotongan ayam.

- Dalam proses pengolahan limbah secara anaerobik dengan sistem biofilter tercelup, terlebih dahulu dilakukan pengembangbiakan mikroorganisme (seeding) secara alami, dengan cara mengalirkan limbah secara terus-menerus dengan WTH 6 hari ke dalam reaktor anaerobik yang menggunakan media biofilter sarang tawon. Kestabilan kinerja reaktor dicapai pada waktu operasi hari ke-42, dan mencapai kondisi tunak (*steady state*) pada efisiensi penurunan COD sekitar 88,71 %.
- Proses pengolahan limbah secara anaerobik menggunakan media biofilter sarang tawon mampu menurunkan polutan organik dalam limbah dan TSS dengan baik. Semakin lama waktu tinggal hidrolis dalam reaktor biofilter, maka akan semakin besar pula efisiensi penurunan yang dihasilkan. Hasil terbaik untuk efisiensi penurunan berada pada WTH 4 hari., dengan didapatkan efisiensi penurunan untuk COD 87 %, kandungan zat organik (KMnO₄) 83 %, BOD 89 %, dan TSS 96 %.
- Penambahan proses secara aerobik setelah proses anaerobik, dengan kecepatan aerasi sebesar 2 L/menit, mampu meningkatkan efisiensi penurunan total polutan organik dan TSS. untuk WTH 2 hari dan 4 hari masing-masing sebesar; COD 86 – 90 %, kandungan zat organik (KMnO₄) 81 – 88 %, BOD₅²⁰ 85 – 90 %, dan TSS 94 – 96 %. Ini menunjukkan bahwa proses anaerobik memberikan kontribusi terbesar dalam pengolahan limbah dibandingkan dengan proses aerobik yang hanya memberikan kontribusi sekitar 6 – 10 %.
- Dari hasil penelitian di dapatkan hubungan antara laju pembebanan polutan dengan efisiensi penurunannya di dalam reaktor biofilter anaerobik yang menggunakan media sarang tawon. Untuk COD di dapatkan persamaan $y = -0,02030x + 86,76$, dengan $R^2 = 0,7493$. Untuk zat organik (KMnO₄) didapatkan persamaan $y = -0,0692x + 86,043$, dengan $R^2 = 0,8948$. Untuk BOD didapatkan persamaan $y = -0,1309x + 95,88$, dengan $R^2 = 0,944$. Dan untuk TSS didapatkan persamaan $y = -0,0345x + 94,951$, dengan $R^2 = 0,9049$.
- Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah cair secara anaerobik dengan sistem biofilter tercelup menggunakan media sarang tawon dan dikombinasikan dengan proses aerobik, menghasilkan efluen anaerobik maupun efluen aerobik yang berada jauh di bawah

baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah, sesuai dengan SK Gubernur KDKI Jakarta no. 582 tahun 1995.

B. SARAN

Pada penelitian ini banyak hal yang masih dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja bioreaktor anaerobik menggunakan media biofilter sarang tawon. Pemberian nutrisi terhadap mikroorganisme dapat menjadi salah satu perlakuan yang bisa diamati pengaruhnya terhadap kinerja bioreaktor, kemudian dapat dilakukan analisis terhadap produksi gas metana yang dihasilkan dari proses anaerobik ini. Lebih lanjut dapat juga dilakukan kombinasi antara proses biologis anaerobik-aerobik, dengan proses secara kimia maupun fisika, sehingga bisa didapatkan hasil yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 1995. *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Edition 19. USA.
2. Bitton G. (1994), "*Wastewater Microbiology*". Wiley-Liss, New York.
3. Ciptadi, Dani Haru. 2003. *Uji Kinerja Biofilter Anaerobik Bermedia Sarang Tawon dalam Mengolah Air Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti. Jakarta
4. Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Inc. Fourth Edition, International Edition*. McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
5. Musfil AS. 1999. *Pengolahan Limbah Cair Pabrik Bahan Makanan Ternak dengan Reaktor Anaerobik*. Laporan Penelitian Lembaga Penelitian Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
6. Said, Nusa Idaman, dan Rina Tresnawaty. 2001. *Penghilangan Amoniak Di Dalam Air Baku Air Minum dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon*. Jurnal Teknologi Lingkungan, Volume 2, Nomor 1. Direktorat Teknologi Lingkungan, Deput Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material, dan Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta
7. Said, Nusa Idaman, dkk. 2002. *Aplikasi Teknologi Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tekstil*. Pusat

- Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan BPPT. Jakarta.
8. Sugiarto, Anto. *Atasi Polusi dengan Plasma*. Dalam Kompas, 14 November 2002.
9. Triyono, Sugeng, dkk. 1997. *Model Gas Metana dari Air Limbah Industri Tahu Pada Reaktor Filter Anaerobik*. Laporan Penelitian Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
10. Yunardi, dkk. 1998. *Pengaruh Perubahan Fosfor terhadap Efisiensi Pengolahan Air Limbah dalam Reaktor Anaerobik*. Laporan Penelitian Lembaga Penelitian Universitas Syiah Kuala. Aceh Darussalam.

Lampiran 1

BAKU MUTU LIMBAH CAIR INDUSTRI/PERUSAHAAN/BADAN DI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA (Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 582 tahun 1995)

PARAMETER	BAKU MUTU	SATUAN
I . FISIS		
Suhu	38	°C
Zat Padat Terlarut (TDS)	1000	mg/l
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	100	mg/l
II. KIMIAWI		
Air raksa	0,002	mg/l
Amonia	5,0	mg-N/L
Arsen	0,1	mg/l
Besi (total)	5,0	mg/l
Flourida	2,0	mg/l
Kadmium	0,05	mg/l
Khlorin bebas	1,0	mg-Cl ₂ /L
Khrom (total)	0,5	mg/l
Khrom heksavalen	0,1	mg-Cr ⁺⁶ /L
Nikel	0,1	mg/l
Nitrat	10,0	mg-N/L
Nitrit	1,0	mg-N/L
pH	6,0 - 9,0	-
Seng	2,0	mg/l
Sulfida	0,05	mg-S/L
Tembaga	1,0	mg/l
Timbal	0,1	mg/l
Mangan	2,0	mg/l
Fenol	0,5	mg/l
Minyak dan Lemak	5,0	mg/l
Senyawa aktif biru metilen	1,0	mg/l
Sianida	0,05	mg/l
Zat Organik (KMnO ₄)	85,0	mg/l
BOD (5 hari, 20 °C)	75,0	mg/l
COD (Bichromat)	100,0	mg/l