

Pengolahan Limbah Cair Pembuatan Minuman Ringan Dengan Reaktor Semiaerobik, TCPS, Reaktor Anaerobic Dua Tahap

Hasti Suprihatin¹

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Pembangunan Surabaya Jalan Balongsari Praja V/1 Surabaya, Telp (031) 7406783

Abstract: *The existing soft drink factory can produce liquid organic waste with a COD content starts from 6,000 mg/l to 15,000 mg/l with a discharge by 10 m³/day to 100 m³/day. The objective of the research is to obtain organic waste processing equipment that produces processing that meets the threshold value. The research outcomes are as a reference for the industry that requires a representative organic waste treatment unit.*

The research is divided into two stages in two years. The first year of the research is semi-aerobic and anaerobic process, then for second year is aerobic process research, semi-aerobic process, anaerobic process and aerobic process. The 12 hours HRT process at the first run resulted in a COD concentration of 12,000 mg/l to 8,765 mg/l directly entering an anaerobic I and out 4,640 mg/l and entering anaerobic II reactor and exiting with COD 1,380 mg/l. Decrease percentage of total COD $(12,000 - 1,380) \times 100 / 12,000 = 88.5\%$. The 18 hours HRT process at the first run resulted in a COD concentration by 12,000 mg/l to 8,665 mg/l entering the anaerobic reactor I and out 4,125 mg/l and entering the anaerobic II and out with COD 965 mg/l. Decrease in total COD $(12,000 - 965) \times 100 / 12,000 = 91.95\%$.

From the experimental stage of semi-aerobic step-screening-anaerobic treatment of two-stage liquid liquor soft drink obtained COD concentration of 12,000 mg/l can be reduced concentration to the threshold specified with removal of 88.5% - 91.95%.

Key words: *Anaerobic Process, Semi-aerobic Process, Tilted Corrugated Plate Separator (TCPS)*

Di Indonesia umumnya dan di Jawa Timur khususnya terdapat industri yang menghasilkan minuman ringan dalam kemasan seperti teh botol, teh gelas, jas-jus, myzone, minuman rasa jeruk, apel, jambu biji, Coca-cola, Fanta, Sprite dan lain lainnya. Pabrik-pabrik ini pada umumnya menghasilkan limbah organik cair yang berkandungan COD cukup tinggi, dari 6.000 mg/l, sampai 15.000 mg/l dengan debit 10 m³ per hari sampai lebih dari 100 m³ per hari. Kandungan COD didalam limbah berasal dari Glukosa, asam sitrat, dan essence dari jenis minuman yang diproduksi. Pabrik pabrik ini ada yang sudah mempunyai alat pengolah limbah ada juga yang belum mempunyainya. Namun alat pengolahnya limbahnya tidak mampu mengolah beban COD yang tinggi. Bahkan banyak yang mengalami kegagalan dalam pengolahan limbahnya untuk menurunkan kadar COD. Hal ini disebabkan adanya penambahan jenis produk yang menyebabkan limbah dengan konsentrasi COD menjadi tinggi.

Secara teoritis bahwa limbah organik pekat dengan COD lebih dari 3.000 mg/l sulit diolah dengan pemrosesan secara aerobik, sedangkan proses anaerobik dapat menghasilkan penurunan sampai 95% pada kadar COD yang sama dan bahkan dapat menghasilkan penurunan COD sampai 80 % untuk limbah yang berkonsentrasi lebih dari 30.000 mg/l Proses aerobik sulit mereduksi COD sampai 90 % untuk konsentrasi > dari 3.000 mg/l karena kelarutan oksigen molekuler didalam air sangat rendah, 8 mg/l pada 0° C, 6 ppm pada suhu kamar. Sedangkan proses anaerobik dapat mengolah limbah berkonsentrasi lebih tinggi karena proses ini tidak memerlukan oksigen molekuler.

Pengalaman di lapangan menyatakan bahwa limbah organik telah mengalami fermentasi dalam perjalanan menuju kolam stabilisasi, ini perlu diantisipasi dengan alat pengolahan awal. Hal ini telah dilakukan penelitian sebelumnya yaitu Tyas Yudha, Suwarno, J., (2003),

Pengolahan Limbah Organik Terlarut Buatan Dengan Reaktor Filter Anaerobik Dua Tahap, mendapatkan bahwa COD 15.000 ppm dapat turun sebesar 70%, sedangkan COD 10.000 ppm turun sebesar 85%. Selain itu ada penelitian tentang Pengolahan Air Limbah Industri Teh Botol Dengan Teknologi Biologis Anaerobik UASB – Wetland oleh Misbachul Moenir, Sri Moertinah, Sartamtomo (2012) dengan hasil penelitian Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor UASB I dan II dapat mereduksi COD dengan efisiensi tertinggi 88,51% dan pengolahan dengan wetland tertinggi 85,02%, Selanjutnya pengolahan air limbah dengan kombinasi UASB dan wetland dapat mereduksi beban cemaran COD antara 97,65 – 98,90 % dan hasil effluen sudah memenuhi baku mutu air limbah industri minuman dalam botol menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, yaitu COD = 35,44 mg/l, TSS = 16 mg/l, dan BOD₅ = 13,44 mg/l. Juga penelitian tentang Studi Penurunan COD dan TSS pada Limbah Cair Industri Minuman Ringan Dengan Menggunakan Teknologi Plasma oleh Amalia Karina, Badrus Zaman dan Abdul Syakur (2012). Dengan hasil penelitian Plasma reaktor dioperasikan dengan tegangan variate (9 kV, 10 kV, 11 kV dan 12 kV) dan jumlah variate sirkulasi (1-7 kali) dengan sistem kontinyu. Sebelum diobati dengan plasma, minuman ringan industri air limbah diangin-anginkan dengan gas oksigen murni terlebih dahulu. Tegangan dan sirkulasi mempengaruhi degradasi COD dan TSS dalam air limbah lunak. Degradasi COD dan TSS meningkat saat kita menerapkan voltase lebih tinggi dan jumlah yang lebih banyak sirkulasi. Degradasi COD dan TSS tertinggi dicapai pada 12 kV dengan 7 sirkulasi. Efisiensi penyisihan COD adalah 94,87% dan efisiensi penyisihan TSS adalah 95,97%.

Tujuan kegiatan penelitian dua tahap ini adalah untuk mendapatkan alat pengolahan limbah organik terlarut berkonsentrasi tinggi secara terpadu yang menghasilkan hasil olahan yang memenuhi peraturan Pemerintah untuk dibuang ke perairan umum. Dengan tujuan khusus untuk mengetahui optimalisasi kerja alat-alat pada setiap langkah proses, terutama persen penurunan COD pada setiap langkah proses. Tujuan untuk penelitian tahap pertama

adalah untuk mengetahui optimalisasi kerja alat reaktor (fermenter) semiaerobik, alat pemisah endapan, dan reaktor (fermenter) anaerobik dua tahap. Hasil penelitian, yang berupa model, ini diharapkan dapat :

1. Digunakan sebagai referensi untuk industri yang membutuhkan alat pengolahan limbah organik terlarut pekat yang representatif dan juga menunjang kemajuan iptek.
2. Digunakan sebagai referensi pembuatan buku ajar
3. Membuat makalah untuk dipresentasikan di dalam seminar atau dimuat di dalam jurnal terakreditasi
4. Diajukan sebagai Hak Paten.

BAHAN DAN METODE

Penelitian akan dilaksanakan dalam dua tahap, satu tahap per tahun. Tahun pertama berupa penelitian proses semiaerobik dan proses anaerobik, tahun kedua berupa penelitian proses aerobik, diikuti penelitian terpadu proses semiaerobik, proses anaerobik dan proses aerobik.

1. Model (Prototype) Pengolahan Terpadu yang Diusulkan.

Model pengolahan terpadu yang digunakan adalah berupa urutan alat dan proses seperti berikut: 1 Kolam Stabilisasi 2. Fermenter (reaktor) semi-aerobik. 3. Pemisah endapan (Clarifier). 4. Fermenter (reaktor) anaerobik dua tahap, 5. Kolam aerasi. 6 Pemisah endapan. 7. Pengering endapan. Dengan alat seperti model tersebut diharapkan limbah dengan konsentrasi COD 12.000 mg/l dapat diolah dengan menurunkan COD sampai dibawah 100 mg/l. Didalam reaktor semi-aerobik (NO₂), limbah akan mengalami proses fermentasi semi-aerobik sehingga terjadi flok-flok bakteri, COD akan berkurang sekitar 30%. Dari sini limbah dikirim ke alat pemisah flok (*tilted corrugated plate Separator-NO₃*). Didalam pemisah flok endapan dipisahkan dan dikirim ke pengering sludge (No.7), sedangkan cairan dialirkan ke reaktor filter anaerobik dua tahap (No.4). Didalam reaktor anaerobik diharapkan terjadi penurunan kandungan bahan organik (COD) sekitar 80-90% dan didalam kolam aerasi diharapkan kandungan COD turun sekitar 90%. Dari proses

aerasi, cairan limbah dikirimkan ke alat pemisah endapan biologik (No.6) yang berupa bejana berisi pelat miring (*tilted corrugated plate separator*). Didalam alat pemisah bahan padat (kumpulan mikroba = sludge biologis) akan terpisah dari cairan (filtrat). Dari alat pemisah endapan, sebagian sludge biologik dikirim kembali ke bak aerasi (reaktor-aerobik), sisanya ke filter pasir (No.7) untuk disaring dan dikeringkan, sedangkan filtrat dialirkan ke bak kontrol yang diberi ikan air tawar dan untuk menguji apakah kandungan COD telah sesuai dengan besaran yang diinginkan. Penelitian akan dilaksanakan dalam 2 (dua) tahap, satu tahap pertahun. Tahap pertama penelitian difokuskan pengolahan secara semi-aerob dan anaerob terutama pengaruh waktu tinggal cairan (*Hydraulic Retention Time = HRT*) didalam reaktor terhadap penurunan COD, Sedangkan tahap kedua, penelitian diarahkan pada pengolahan secara aerobik terutama pada perbandingan antara feed dengan bakteri, serta proses pemisahan padatan dari cairan dengan alat *Tilted Corrugated Plate Separator*. Literatur menyatakan bahwa proses anaerobik dapat mencerna limbah organik cair berkonsentrasi setinggi s/d 80.000 mg/l dengan efisiensi relatif tinggi sampai 90 %, sedangkan proses pengolahan secara aerob hanya mampu mengolah limbah dengan konsentrasi bahan organik (COD) sekitar 3.000 mg/l dengan efisiensi maksimum 90%. Makin kecil konsentrasi akan makin besar efisiensi pengolahan.

Limbah yang akan digunakan adalah limbah tiruan berupa larutan glukosa ditambah sedikit asam sitrat (pH=5) Larutan yang dibuat tersebut telah di ukur kadar COD-nya dan disesuaikan dengan konsentrasi COD yang di inginkan.

Tujuan penelitian terutama adalah mendapatkan paket/model teknologi pengolahan limbah organik cair berkonsentrasi tinggi secara terpadu dengan cara menguji unjuk kerja alat proses semi aerobik-anaerobik-aerobik. Diharapkan bahwa kandungan COD akan turun dari 12.000 mg/l menjadi 80 – 100 mg/l.

2. Penelitian Tahap Pertama/Tahun Pertama

Penelitian skala bench manual dan untuk penelitian tahap pertama (proses semiaerobik-anaerobik-aerobik) dengan tujuan pengujian

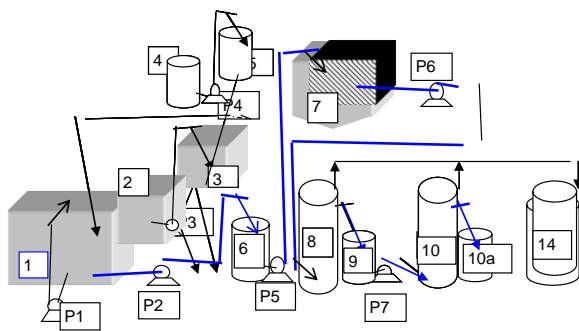
unjuk kerja alat untuk penurunan COD maksimum dilaksanakan sebagai berikut :

1. Persiapan alat dan bahan penelitian dan analisa. Membuat larutan NPK dan NaOH.
2. Membuat larutan limbah tiruan sebanyak 500 liter dengan melarutkan 20 kg glukosa dan 1000 gram asam sitrat kedalam 500 liter air didalam bak pelarutan, menganalisa COD larutan dan memasukkannya kedalam bak/tangki umpan (Bak No.1) bersama larutan NaOH sebagai penetral,
3. Memasukkan larutan limbah yang diencerkan 5 x volume larutan, bersama larutan NPK dan NaOH, ke kolom fermentasi (filter) anaerobik (bak No.8 dengan volume 40 liter dan bak No.10 dengan volume 40 liter) dan memasukkan pula bibit mikroba anaerobik dari persediaan. Menunggu sampai timbul gas yang dapat terbakar (sekitar 10–15 hari). Penurunan COD dari keluaran kedua filter anaerobik dipantau ketika gas yang dapat terbakar muncul.
4. Setelah kolom filter anaerobik telah mengeluarkan gas yang dapat terbakar, dimulailah memasukkan larutan glukosa ke bak fermentasi semiaerobik (bak No.6 dengan volume 40 liter), memasukkan mikroba semiaerobik dari persediaan. Menunggu sekitar satu hari untuk perkembangan mikroba menguji kadar COD dari hasil keluaran proses semiaerobik, mengirim keluaran ke bak pemisah endapan (No.7 untuk memisahkan endapan, selanjutnya memulai proses kontinyu dengan memsukan keluaran dari bak No 7 ke kolom filter anaerobik No.8).
5. Proses *batch* (semi kontinyu, manual) dimulai dengan memasukkan keluaran dari bak No. 7 ke kolom filter anaerobik dengan HRT (*Hydraulics Retention Time*) yang di variasi sebesar 18 jam, 12 jam dan 6 jam. Konsentrasi COD pada setiap pelaksanaan HRD tertentu dipantau setiap hari. Percobaan untuk setiap HRD akan berlangsung sekitar 1 bulan

6. Melihat hasil terbaik dari percobaan di No. 5 dan mengkondisikan alat untuk pelaksanaan proses dengan hasil terbaik secara kontinyu (sekitar satu bulan).
7. Melaksanakan percobaan dengan proses kontinyu untuk proses semi aerobik-anaerobik. Dengan menggabung proses Pengaliran limbah netral ditambah larutan pupuk NPK, ke bak fermentasi semiaerobik, lalu ke alat pemisah endapan, dilanjutkan ke kolom filter anaerobik I (No. 8) lalu ke penampung keluaran (No. 9), lalu ke kolom filter anaerobik ke-II (No. 10), lalu ke penampung keluaran (No. 10a) dan menunggu untuk proses aerobik dan lain-lainnya.
8. Melaksanakan percobaan dengan proses kontinyu untuk proses semi aerobik-anaerobik. Dengan menggabung proses Pengaliran limbah netral ditambah larutan pupuk NPK, ke bak fermentasi semiaerobik, lalu ke alat pemisah endapan, dilanjutkan ke kolom filter anaerobik I (No. 8) lalu ke penampung keluaran (No.9), lalu ke kolom filter anaerobik ke-II (No.10), lalu ke penampung keluaran (No.10a) dan menunggu untuk proses aerobik dan lain-lainnya.

8. Fermenter(reactor)anaerobic R1
9. Tandon dari R1
10. Fermenter(reactor) anaerobic R2
- 10a.Tandon dari R2
14. Tandon gas bio.
- P1. Pompa sirkulasi
- P2. Pompa ke bak semiaerobik
- P3. Pompa larutan NaOH
- P4. Pompa larutan NPK
- P5. Pompa keTCPS
- P6. Pompa dr TCPS ke R1
- P7. Pompa dr B9 ke R2.

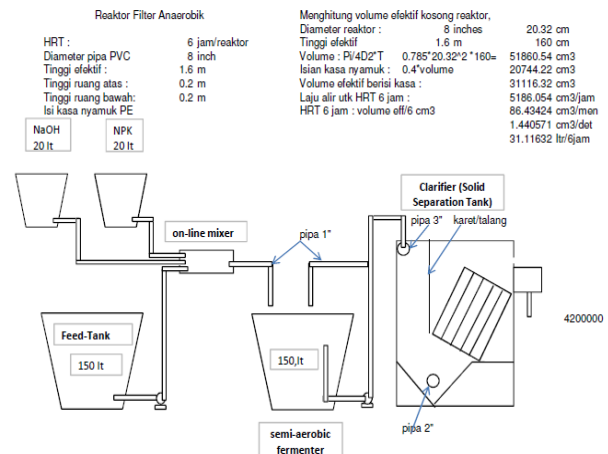
Gambar skema alat untuk penelitian tahap (tahun) pertama adalah seperti gambar berikut :



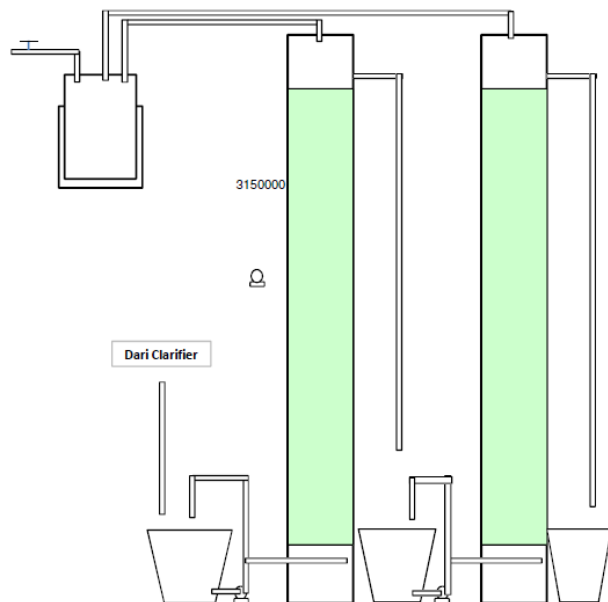
Gambar 1 Skema alat untuk penelitian tahap (tahun) pertama

Keterangan gambar :

1. Kolam stabilisasi
2. Bak pelarutan soda
3. Bak larutan soda
4. Bak pelarutan NPK
5. Bak larutan NPK
6. Fermenter (reactor) semiaerobik
7. Pemisah endapan



Gambar 2 Reaktor filter anaerobic – clarifier



Gambar 3 Reaktor filter anaerobic dua tahap

HASIL

Hasil percobaan tahap pertama dapat dilihat pada Tabel 1 s/d 3 dibawah ini:

Tabel 1 adalah hasil 2 percobaan semiaerob di reaktor semiaerob untuk percobaan pertama dan ke dua. Umpan masuk dengan laju alir 6 liter/jam dan konsentrasi COD 12.000 mg/l pengamatan dilaksanakan setiap 4 jam selama 24 jam kontinyu. Dari percobaan didapatkan bahwa pada percobaan pertama COD turun dari 12.000 mg/l menjadi 9.010 mg/l atau 24,92 %, sedangkan pada percobaan kedua COD turun dari 12.000 mg/l menjadi 8410 mg/l atau 29,92%. Lalu outlet dari reaktor semiaerobik pertama 9.010 mg/l COD dimasukkan ke reaktor anaerobik pertama dan keluar dengan kandungan COD 5.850 mg/l dilanjutkan ke reaktor anaerobik kedua dan keluar dengan kandungan COD 1.980 mg/l. Jadi penurunan COD di reaktor anaerobik 1 dan 2 pada *batch* pertama adalah $100 \times (9.010 - 1.980) / 9.010 = 79,87\%$. Dan kalau dihitung dari kandungan COD awal, maka penurunan COD nya adalah $(12.000 - 1.980) \times 100 / 12.000 = 83,5\%$.

Kandungan COD 1.980 ini sudah dapat di kerjakan dengan proses secara aerobik dengan hasil baik. Selanjutnya hasil pada percobaan semiaerobik kedua dengan kandungan COD sebesar 8.410 mg/l dimasukkan ke reaktor anaerobik pertama dan keluar dengan COD 5.035 mg/l dilanjutkan ke reaktor anaerobik ke dua dan keluar dengan kandungan COD sebesar 1.750 mg/l. Jadi penurunan COD di reaktor anaerobik 1 dan 2 pada *batch* kedua adalah $100 \times (8.410 - 1.750) / 8.410 = 79,2 \%$. Dan kalau dihitung dari kandungan COD awal, maka

penurunan COD nya adalah $(12.000 - 1.750) \times 100 / 12.000 = 85,41\%$. **Kandungan COD 1.750 ini sudah dapat di kerjakan dengan proses secara aerobik dengan hasil baik.**

Tabel 1 Data hasil percobaan semiaerob dengan umpan awal COD 12000 mg/l, laju alir umpan 6 l/jam serta pengamatan setiap 4 jam selama 24 jam untuk percobaan ke 1 dan ke 2

Percobaan ke -1			Percobaan ke - 2		
Ru n ke	Hasil COD mg/l	Reduksi i COD %	Ru n ke	Hasil COD mg/l	Reduksi i COD %
0	1200	0	0	1200	0
1	0	15	1	0	15.8333
2	1020	22.5	2	1010	3
3	0	24.1666	3	0	22.5
4	9300	7	4	9300	29.5833
5	9100	24.5833	5	8450	3
6	9050	3	6	8400	30
	9010	24.9166		8410	29.9166
	9010	7		8410	7
		24.9166			29.9166
		7			7

Tabel 3 Data hasil pengamatan di Reaktor anaerobik pertama dan kedua, umpan awal COD 9.010 mg/l, Volume efektif reaktor 40 liter, HRT 6 jam dan laju alir 6 liter/jam Pengamatan setiap 24 jam, setelah aliran mantap

Reaktor Anaerobik1				Reaktor Anaerobik 2			
Run ke	Input ke R1	Output dr R1	Reduksi COD (%)	Run ke	Input ke R2	Output dr R2	Reduksi COD (%)
0	9010	5850	35.07214	0			
1	9010	5860	34.96115	1	5860	1990	66.04096
2	9010	5855	35.01665	2	5855	1990	66.01196
3	9010	5850	35.07214	3	5850	1990	65.98291
4	9010	5845	35.12764	4	5845	1992	65.91959
5	9010	5840	35.18313	5	5840	1986	65.99315
6	9010	5845	35.12764	6	5845	1986	66.02224
7	9010	5850	35.07214	7	5850	1985	66.06838
8	9010	5855	35.01665	8	5855	1985	66.09735
9	9010	5850	35.07214	9	5850	1984	66.08547
10	9010	5855	35.01665	10	5855	1980	66.18275
11	9010	5860	34.96115	11	5860	1980	66.2116
12	9010	5850	34.90115	12	5850	1980	66.15385
Jumlah		76065		Jumlah		23828	
Hasil COD rata-rata di R1		5851.154		Hasil COD rata-rata di R2		1985.667	
Reduksi di R1		34.98718		Reduksi di R2		66.06418	

Tabel 2 Data hasil pengamatan di Reaktor anaerobik pertama dan kedua, umpan awal COD 8410 mg/l, Volume efektif reaktor 40 lt, HRT 6 jam dan laju alir 6 lt/jam (HRT 6 jam) Pengamatan setiap 24 jam, setelah aliran mantap

Reaktor Anaerobik 1				Reaktor anaerobik 2			
Run ke	Input ke R1	Output dr R1	Reduksi COD, %	Run ke	Input ke R2	Output dr R2	Reduksi COD, %
0	8410			0			
1	8410	5050	39.95244	1	5050	1764	65.06931
2	8410	5050	39.95244	2	5050	1765	65.0495
3	8410	5045	40.01189	3	5045	1765	65.01487
4	8410	5045	40.01189	4	4045	1765	56.36588
5	8410	5045	40.01189	5	5045	1760	65.11397
6	8410	5040	40.07134	6	5040	1760	65.07937
7	8410	5040	40.07134	7	5040	1760	65.07937
8	8410	5045	40.01189	8	5045	1755	65.21308
9	8410	5040	40.07134	9	5040	1755	65.17857
10	8410	5035	40.1308	10	5035	1755	65.14399
11	8410	5035	40.1308	11	5035	1755	65.14399
12	8410	5035	40.1308	12	5035	1750	65.2433
	Jumlah	60505		Jumlah		21109	
	Hasil COD rata-rata	5042.083		Hasil COD rata2 di R2		1759.083	
	Reduksi di R1	40.04657		Reduksi di R2		65.16667	

PEMBAHASAN

Hasil pengolahan secara semiaerobik-anaerobik untuk HRT 12 jam dan HRT 18 jam adalah sebagai berikut :

Proses dengan HRT 12 jam

HRT 12 jam, umpan masuk reaktor semiaerobik 12.000 mg/l, keluar 8.765 mg/l langsung masuk reaktor anaerobik I dan keluar 4.640 mg/l lalu masuk reaktor anaerobik II dan keluar dengan COD 1.380 mg/l. Penurunan COD total $(12.000-1.380) \times 100 / 12.000 = 88,5\%$. Hasil bisa diproses di proses aerobik lanjutan dengan hasil baik.

HRT 12 jam (run kedua), umpan masuk reaktor semiaerobik 12.000 mg/l, keluar 8.180 mg/l langsung masuk reaktor anaerobik I dan keluar 3.840 mg/l lalu masuk reaktor anaerobik II dan keluar dengan COD 1.140 mg/l Penurunan COD total $(12.000-1.140) \times 100 / 12.000 = 90,5\%$. Hasil bisa diproses di proses aerobik lanjutan dengan hasil baik.

Proses dengan HRT 18 jam

HRT 18 jam, umpan masuk reaktor semiaerobik 12.000 mg/l, keluar 8.665 mg/l langsung masuk reaktor anaerobik I dan keluar 4.125 mg/l lalu masuk reaktor anaerobik II dan keluar dengan COD 965 mg/l. Penurunan COD total $(12.000-965) \times 100 / 12.000 = 91,95\%$. Hasil bisa diproses di proses aerobik lanjutan dengan hasil baik.

HRT 12 jam (run kedua), umpan masuk reaktor semiaerobik 12.000 mg/l, keluar 8.080 mg/l langsung masuk reaktor anaerobik I dan keluar 3.735 mg/l lalu masuk reaktor anaerobik II dan keluar dengan COD 855 mg/l Penurunan COD total $(12.000-855) \times 100 / 12.000 = 92,88\%$. Hasil bisa diproses di proses aerobik lanjutan dengan hasil baik.

SIMPULAN

Dari hasil percobaan pengolahan tahapan semiaerobik-penyaringan-anaerobik dua tahap telah berhasil dilaksanakan dengan hasil bahwa limbah cair minuman ringan dalam kemasan dengan konsentrasi COD 12.000 mg/l dapat diturunkan konsentrasinya hingga ambang batas yang ditentukan. Pengolahan dengan HRT 18 jam merupakan pengolahan dengan hasil penurunan COD paling besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Profesor H. Ir. Judjono Suwarno atas saran-saran pada penelitian ini demi untuk menghasilkan karya ilmiah yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Karina A. Zaman B. Syakur A., 2012, Studi Penurunan COD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Minuman Ringan Dengan Menggunakan Teknologi Plasma (Studi Kasus PT. Coca Cola Amatil Indonesia – Semarang)
- Moerir.M&Moertinah S. 2012, Pengolahan Air Limbah Industri Teh Botol Dengan Teknologi Biologis Anaerobik UASB – Wetland
- Suwarno J., 1993, Pengolahan Limbah Pabrik Alcohol dengan Filter Anaerobic Dua Tahap, Laporan penelitian, LPPM ITS.
- Suwarno J., 1994, Pengolahan Limbah Pabrik Tahu dengan Cara Aerobic , Laporan Penelitian, LPPM ITS.
- Suwarno. J, 1994, Pengolahan Limbah Pabrik Tahu dengan Filter Anaerobic Dua Tahap,Laporan penelitian, LPPM ITS.
- Russel D.L., 2006, Practical Wastewater Treatment, John Willey & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- Tchobanoglous,G.Franklin L.Burton, H.David Stensel ,2004, ” Wastewater Engineering”, McGraw-Hill, New York