



FLUKTUASI KONSENTRASI TSS, COD, *NUTRIENT* (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-) DAN COLIFORM SEBAGAI KAJIAN KINERJA TIGA TIPE INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KOTA SEMARANG (STUDI KASUS : IPAL MCK DADAPSARI, IPAL *SHALLOW SEWERAGE* BANYUMANIK 2013, IPAL KOMBINASI BANYUMANIK *MIX*)

Kurnia Nur Widya Utami^{*)} Sudarno^{)} Pertiwi Andarani^{**)}**

Program Studi S1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudharto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email : kurnianurwidya@gmail.com

Abstrak

Pemerintah Indonesia melalui program Sanitasi Perkotaan Berbasis Masyarakat (SPBM) telah membangun infrastruktur sanitasi berupa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik secara komunal. Namun dikhawatirkan pembangunan IPAL tidak disertai dengan usaha untuk memonitoring kinerjanya. Sehingga perlu dilakukan penelitian jangka panjang untuk melihat fluktuasi dan efisiensi kinerja IPAL seiring IPAL tersebut beroperasi. Pengambilan sampel dilakukan setiap hari Selasa dan Jumat selama akhir bulan Juni sampai awal bulan September tahun 2015. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja IPAL dengan menganalisis tingkat fluktuasi konsentrasi TSS, COD, Nutrient (Ammonium, Nitrat, Nitrit) dan *Escherichia coli* serta efisiensi penyisihannya. Jenis penelitian ini adalah deskriptive observational. Pengambilan sample menggunakan metode purposive sampling. Hasil pengujian menunjukkan bahwa IPAL Banyumanik Mix tipe Kombinasi merupakan tipe IPAL yang paling baik dan stabil dibandingkan IPAL Banyumanik 2013 tipe Shallow Sewerage dan IPAL Dadapsari tipe MCK, dengan nilai koefisiensi variasi effluent untuk IPAL Banyumanik Mix sebesar TSS 42,45 %, COD 14,18 %, Ammonium 9,33 %, Nitrat 24,94 %, Nitrit 18,59 % serta efisiensi rata-rata penyisihan TSS 96,54%, COD 88,33 %.

Kata kunci: Pengolahan air limbah domestik, komunal, TSS, COD, Ammonium, Nitrat, Nitrit, Fecal Coliform, Total Coli

Abstract

[Concentration Fluctuations Of TSS, COD, Nutrients (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-) and Coliform as a Performance Assessment Three Types of Domestic Waste Water Treatment Plant in Semarang (Case Study: WWTP MCK Dadapsari, Shallow Sewerage WWTP Banyumanik 2013, Combine WWTP Banyumanik Mix)]. The Indonesian government through Urban Sanitation and Rural Infrastructure (USRI) program has build sanitation infrastructure form Waste Water Treatment Plant (WWTP) Domestic by communal. But it is feared the construction of the WWTP is not accompanied by efforts to monitor the performance of the WWTP. So we need a long-term study to see fluctuations in the performance and efficiency of the WWTP operating line. Sampling was done every Tuesday and Friday during the end of June until beginning of September 2015. The purpose of this research is to review the boarding costs WWTP by analyzing the level of concentration fluctuations TSS, COD, Nutrition (Ammonium, Nitrate, Nitrite) and *Escherichia coli* removing and efficiency. The type of this research is observational study. Sampling using purposive sampling method. The test results showed that the performance of WWTP Banyumanik Mix type Combination is the most stable among WWTP Banyumanik 2013 type Shallow sewerage and WWTP Dadapsari type public toilet, with coefficient of variation of TSS 42.45%, COD 14.18%, Ammonium 9.33%, 24.94% Nitrate, Nitrite 18.59%. And the average removal efficiency of TSS 96,54%, COD 88,33%.

Keywords: Domestic Waste Water Treatment, communal, TSS, COD, Ammonium, Nitrate, Nitrit, Fecal Coliform, Total Coli

1. Pendahuluan

Air minum dan sanitasi adalah kebutuhan dasar manusia. Pemerintah Indonesia bercita-cita di akhir tahun 2019 dapat mencapai *universal access* air minum dan sanitasi. Hal tersebut tertuang dalam Undang-Undang 17 tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJPN) 2005-2025. Untuk mewujudkan cita-cita ini tentunya diperlukan partisipasi seluruh lapisan masyarakat. Upaya pencapaian target RPJMN 2015-2019 tersebut dikenal dengan "Target 100-0-100", yakni 100 % akses air minum, 0 % kawasan permukiman kumuh, dan 100 % akses sanitasi layak (Kementerian PU dan Pera bidang Cipta Karya).

Di Kota Semarang sudah dibangun beberapa IPAL Komunal sebagai bentuk dari SANIMAS yang dipelopori oleh pemerintah setempat. Hal tersebut dilatarbelakangi oleh pertumbuhan penduduk di Kota Semarang yang begitu cepat sehingga memberikan dampak yang sangat serius terhadap penurunan daya dukung lingkungan.

Tiga jenis sistem SANIMAS dasar yang saat ini sudah dibangun: (a) pusat sanitasi masyarakat yang terdiri dari toilet umum, mandi dan mencuci (dikenal sebagai MCK); (B) sistem pembuangan limbah dangkal terhubung ke digester anaerobik komunal; (C) sistem dikombinasikan dengan kedua selokan dangkal dengan sambungan rumah dan fasilitas umum (Bank Dunia dan Ausralian Aid, 2013).

Monitoring terhadap IPAL tersebut dilakukan oleh pemerintah daerah dengan cara mengukur kualitas *effluent* IPAL setiap 6 bulan sekali. Mempertimbangkan bahwa efisiensi IPAL itu sangat fluktuatif terhadap debit air limbah, pemeliharaan, dan lain lain, maka monitoring 2 kali dalam setahun itu sangat kurang. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan jangka panjang yaitu selama 2 bulan dimana pengambilan sampel 2 kali dalam seminggu. Sehingga terlihat fluktuasi dari kualitas air IPAL dalam kurun waktu 2 bulan tersebut.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian bersifat observasional dengan desain penelitian menggunakan deskriptif. Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data primer meliputi : sampel air pada inlet dan outlet tiap IPAL, data gambar DED tiap IPAL, dan data jumlah pengguna MCK.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di tiga lokasi IPAL domestik di Semarang yaitu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik Dadapsari di Kel. Dadapsari RT 2/RW IV Kec. Semarang Utara, IPAL Banyumanik 2013 di Kel. Banyumanik RT 2/RW V Kec. Banyumanik, dan IPAL Banyumanik *Mix* di Kel. Banyumanik RT 6/RW V Kec. Banyumanik.

Untuk parameter TSS, COD, Nutrient (Ammonium, Nitrat, Nitrit) dilakukan analisis di Laboratorium Teknik Lingkungan UNDIP, untuk parameter *Escherichia coli* dilakukan analisis di laboratorium Balai Pengujian dan Laboratorium Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Tengah. Jangka waktu penelitian ini selama 5 bulan, dimulai pada bulan Juni – Oktober 2015. Untuk pengambilan sampel dilakukan selama 2 bulan (Hari Selasa dan Jumat) dari akhir Juni-awal September 2015.

2.3. Penentuan Jumlah Sampel

Lokasi sampling pada tiga IPAL dengan tipe yang berbeda di kota Semarang. IPAL dipilih berdasarkan kriteria titik inlet dan outlet yang mudah di jangkau untuk disampling. Sehingga jumlah sampel yang di ambil yaitu :

- 1 Lokasi IPAL diambil sampel inlet dan outlet = 2 sampel
- Lokasi penelitian 3 lokasi, sehingga jumlah sampel = $3 \times 2 = 6$ Sampel

2.4. Analisis Data

Analisis dilakukan secara deskriptif. Analisis deskriptif yaitu membandingkan fluktuasi kadar konsentrasi parameter pada masing-masing *effluent* IPAL yang dihubungkan dengan peraturan untuk batas maksimum kadar parameter yang diizinkan. Peraturan yang digunakan yaitu Kep Men LH No. 112 Tahun 2003 untuk parameter TSS, serta Pergub DIY No. 7 tahun 2010 untuk parameter COD. Hasil analisis sampling air limbah dari laboratorium selanjutnya di hubungkan dengan jumlah pengguna IPAL. Analisis tingkat fluktuasi menggunakan perhitungan Standar deviasi (s) dan Koefisien variasi (Kv). Analisis efisiensi kinerja IPAL dilihat dari perhitungan efisiensi removalnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik

Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik ini adalah wujud dari program sanitasi PNPM Mandiri yang merupakan salah satu komponen Program *Urban Sanitation and Rural Infrastructure (USRI)* atau Program Sanitasi Berbasis Masyarakat (SPBM). Program ini bertujuan untuk menciptakan dan meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat, baik individu maupun kelompok, khususnya masyarakat berpenghasilan rendah di lingkungan permukiman padat penduduk, kumuh, dan rawan sanitasi perkotaan.

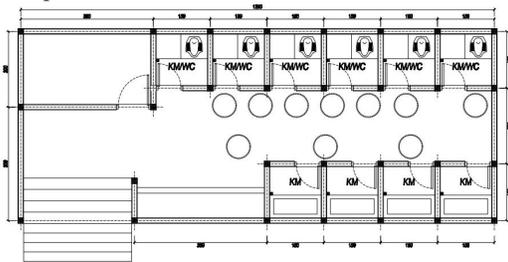
Berikut tabel 1 menunjukkan lokasi dan karakteristik IPAL domestik yang menjadi objek studi penelitian ini.

Tabel 1. Lokasi dan Karakteristik Instalasi Pengolahan Air Limbah

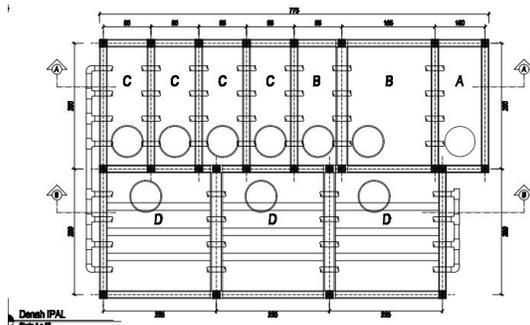
Nama IPAL	Dadapsari	Banyumanik 2013	Banyumanik Mx	
Alamat	RT 2/RW IV, Kel. Dadapsari, Kec. Semarang Utara	RT 2/RW V, Kel. Banyumanik, Kec. Banyumanik	RT 6/RW V, Kel. Banyumanik, Kec. Banyumanik	
Koordinat	6°57'51.5"S 110°25'15.2"E	7°04'37.4"S 110°24'31.9"E	7°04'45.9"S 110°24'31.2"E	
Tipe	MCK	Shallow sewerage	Kombinasi / Mx	
Jumlah Pengguna IPAL	85*	201	185	
Jenis Pipa	PVC	PVC	PVC	
R pipa (m)	2"	2"	2"	
Koefisien Manning	0,013	0,013	0,013	
Slope (%)	2,67	2,67	4,30	
Pemakaian Air Bersih (liter/orang/hari)	120	120	120	
Debit Air Bersih (liter/hari)	10.200	24.120	22.200	
Debit Air Buangan (m ³ /hari)	8,16	19,296	17,76	
Volume (m ³)	Settler	13,58	15,00	17,82
	ABR	18,43	16,00	36,75
	AF	32,74	24,00	14,85
	Total	64,75	55,00	69,42
HRT (jam)	Settler	39,94	18,66	24,08
	ABR	54,21	19,90	49,67
	AF	96,29	29,85	20,07
	Total	190,43	68,41	93,82

3.1.1. IPAL Dadapsari

IPAL berada di tengah-tengah pemukiman kumuh yang padat penduduknya. Kepadatan penduduk di Kelurahan Dadapsari mencapai 22.533 jiwa/km². IPAL ini dibangun pada tahun 2012, merupakan IPAL tipe MCK berbentuk kamar mandi umum. Terdapat 3 kamar mandi dan 6 toilet. Berikut Gambar 1 dan 2 adalah denah MCK dan IPAL Dadapsari.



Gambar 1. Denah MCK Dadapsari



Gambar 2. Denah IPAL Dadapsari

Bangunan pengolahan air limbahnya terdiri dari 2 bak settler/pengendap dengan ukuran 1,85 m x 2,425 m x 2 m dan 0,95 m x 2,425 m x 2 m, 4 kompartemen Anaerobic Baffle Reactors (ABR) dengan ukuran 0,95 m x 2,425 m x 2 m, dan 3 kompartemen Anaerobic Filter (AF) dengan ukuran 2,25 m x 2,425 m x 2 m.

Berdasarkan pendataan harian oleh petugas, pengguna IPAL MCK ini rata-rata 85 orang/hari. Air limbah yang diolah pada IPAL mengalir secara gravitasi. Air buangan dari aktivitas mandi/ cuci/ kakus dialirkan mula-mula ke bak sedimentasi, disini terjadi pengendapan pertama dari faeces dan material-material organik. Kemudian air limbah mengalir menuju bak settler pertama dan kedua, dimana disini juga terjadi pengendapan. Pengolahan selanjutnya adalah air limbah mengalir ke *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) yang berupa bak dengan penyekatan yang berdiri dan menggantung secara bergantian dimana ada 4 pembagian ruangan pada reaktor dengan aliran ke atas dan ke bawah dari ruangan satu ke ruangan berikutnya. ABR ini berfungsi menampung/ mengolah air limbah dengan kecepatan alir yang lambat, sehingga memberi kesempatan untuk terjadi pengendapan terhadap suspense benda-benda padat dan kesempatan untuk penguraian bahan-bahan organik oleh jasad anaerobik membentuk bahan-bahan larut air dan gas. Pemberiang sekat-sekat antar ruangan ini bertujuan untuk meminimalisasi terjadinya dead zone. Setelah itu, air limbah diolah menuju *Anaerobic Filter* dimana didalamnya terdapat area yang kedap air yang terdiri dari beberapa lapis media yang berfungsi sebagai tempat bakteri mendegradasi padatan yang terdapat pada air limbah. Air limbah yang telah melalui tahapan-tahapan proses pengolahan dialirkan menuju pipa outlet yang mengalir langsung ke sungai/ badan air penerima yang berada tidak jauh dari IPAL. Berikut gambar 3 adalah pemanjangan pipa outlet dan pipa outlet ke selokan.

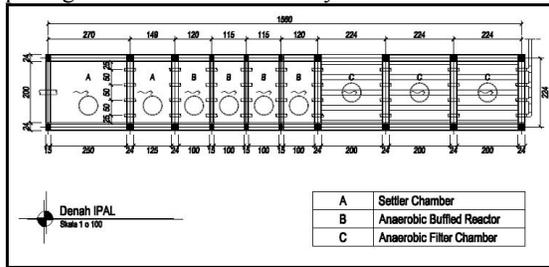


Gambar 3. Pemanjangan Pipa Outlet dan Pipa Outlet ke Selokan

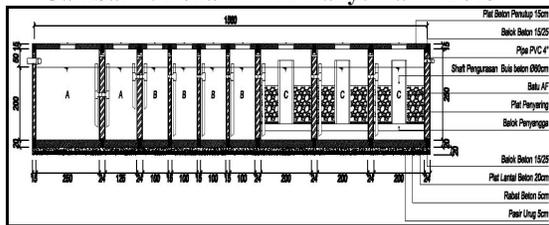
3.1.2. IPAL Banyumanik 2013

IPAL domestik Banyumanik 2013 terletak di RT 2/RW V, Kelurahan Banyumanik, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang. IPAL berada di antara perumahan warga di samping saluran sungai. IPAL ini dibangun pada tahun 2013, merupakan IPAL tipe *shallow sewerage* berbentuk bak-bak beton penampung dan pengolah air limbah yang

dibangun di bawah permukaan tanah. Berikut Gambar 3 dan 4 adalah gambar denah IPAL dan potongan A-A denah IPAL Banyumanik 2013.



Gambar 4. Denah IPAL Banyumanik 2013



Gambar 5. Potongan A-A Denah IPAL Banyumanik 2013

Bangunan pengolahan air limbahnya terdiri dari 2 bak *settler*/pengendap dengan ukuran 2 m x 2,5 m x 2 m dan 2 m x 1,25 m x 2 m, 4 kompartemen *Anaerobic Baffle Reactors* (ABR) dengan ukuran 2 m x 1 m x 2 m, dan 3 kompartemen *Anaerobic Filter* (AF) dengan ukuran 2 m x 2 m x 2 m. Berdasarkan Dokumen Rencana Pembangunan IPAL USRI, pengguna IPAL komunal ini 201 jiwa.

Air limbah yang diolah pada IPAL mengalir secara gravitasi dengan kemiringan tanah (*slope*) 2,667 %. Air buangan rumah tangga dari rumah-rumah warga dialirkan melalui jaringan perpipaan (pipa PVC) menuju IPAL untuk diolah. Mula-mula air limbah masuk ke bak pengumpul inlet. Kemudian air limbah mengalir menuju bak *settler* pertama dan kedua, dimana disini juga terjadi pengendapan. Pengolahan selanjutnya adalah air limbah mengalir ke *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) yang berupa bak dengan penyekatan yang berdiri dan menggantung secara bergantian dimana ada 4 pembagian ruangan pada reaktor dengan aliran ke atas dan ke bawah dari ruangan satu ke ruangan berikutnya. ABR ini berfungsi menampung/mengolah air limbah dengan kecepatan alir yang lambat, sehingga memberi kesempatan untuk terjadi pengendapan terhadap *suspense* benda-benda padat dan kesempatan untuk penguraian bahan-bahan organik oleh jasad anaerobik membentuk bahan-bahan larut air dan gas. Setelah itu, air limbah diolah menuju *Anaerobic Filter* dimana didalamnya terdapat area yang kedap air yang terdiri dari beberapa lapis media yang berfungsi sebagai tempat bakteri mendegradasi padatan yang terdapat pada air limbah. Air limbah yang telah melalui tahapan-

tahapan proses pengolahan dialirkan menuju pipa outlet yang mengalir langsung ke sungai/ badan air penerima yang berjarak sekitar 5 meter dari IPAL. Berikut gambar 6 adalah gambar inlet dan pipa outlet IPAL Banyumanik 2013.

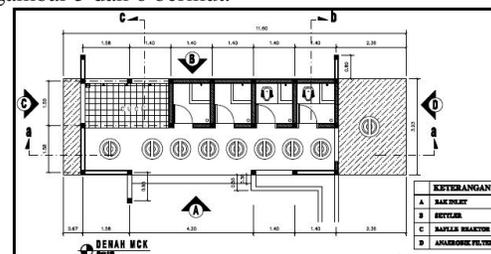


Gambar 6. Lubang Inlet/ Bak Kontrol dan Pipa Outlet ke Sungai

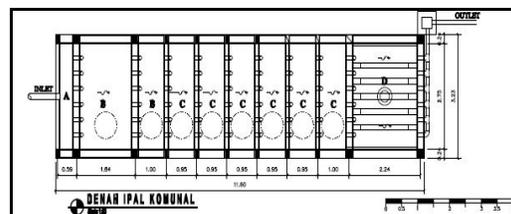
3.1.3. IPAL Banyumanik Mix

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik Banyumanik *Mix* terletak di RT 6/RW V, Kelurahan Banyumanik, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang. IPAL berada di dekat makam di antara perumahan warga. IPAL ini dibangun pada tahun 2012, merupakan IPAL tipe kombinasi *mix* yang mana terdiri dari bangunan instalasi pengolahan air limbah *shallow sewerage* berbentuk bak-bak beton penampung/pengolah air limbah yang dibangun di bawah permukaan tanah dan bangunan MCK umum.

Bangunan pengolahan air limbahnya terdiri dari 2 bak *settler*/pengendap dengan ukuran 1,6 m x 2,75 m x 2,7 m dan 0,8 m x 2,75 m x 2,7 m, 4 kompartemen *Anaerobic Baffle Reactors* (ABR) dengan ukuran 0,8 m x 2,75 m x 2,7 m dan 2 kompartemen ABR ukuran 1,75 m x 2,75 m x 2,7 m, serta 3 kompartemen *Anaerobic Filter* (AF) dengan ukuran 2 m x 2,75 m x 2 m. Denah MCK dan denah IPAL Banyumanik *Mix* ditunjukkan gambar 5 dan 6 berikut.



Gambar 7. Denah MCK IPAL Banyumanik Mix



Gambar 8. Denah IPAL Komunal Banyumanik Mix

Pengguna IPAL komunal ini 185 jiwa menurut Buku Rencana Pembangunan IPAL Komunal USRI. Air limbah yang diolah pada IPAL mengalir secara gravitasi dengan kemiringan tanah (slope) 4,30 %.

Air buangan rumah tangga dari rumah-rumah warga dan dari aktivitas pengunjung makam dialirkan melalui jaringan perpipaan (pipa PVC) menuju IPAL untuk diolah. Mula-mula air limbah masuk ke bak pengumpul inlet. Kemudian air limbah mengalir menuju bak settler pertama dan kedua, dimana disini juga terjadi pengendapan. Pengolahan selanjutnya adalah air limbah mengalir ke *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) yang berupa bak dengan penyekatan yang berdiri dan menggantung secara bergantian dimana ada 6 pembagian ruangan pada reaktor dengan aliran ke atas dan ke bawah dari ruangan satu ke ruangan berikutnya. ABR ini berfungsi menampung/mengolah air limbah dengan kecepatan alir yang lambat, sehingga memberi kesempatan untuk terjadi pengendapan terhadap suspense benda-benda padat dan kesempatan untuk penguaraian bahan-bahan organik oleh jasad anaerobik membentuk bahan-bahan larut air dan gas. Setelah itu, air limbah diolah menuju *Anaerobic Filter* dimana didalamnya terdapat area yang kedap air yang terdiri dari beberapa lapis media yang berfungsi sebagai tempat bakteri mendegradasi padatan yang terdapat pada air limbah. Air limbah yang telah melalui tahapan-tahapan proses pengolahan dialirkan melalui pipa outlet (pipa PVC) sepanjang 15 m menuju gorong-gorong yang mengalir ke sungai/badan air penerima. Berikut gambar 9 adalah gambar inlet dan pipa outlet IPAL Banyumanik Mix.

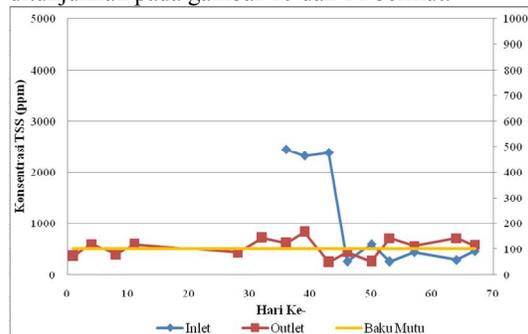


Gambar 9. Lubang Inlet/ Bak Kontrol dan Pipa Outlet

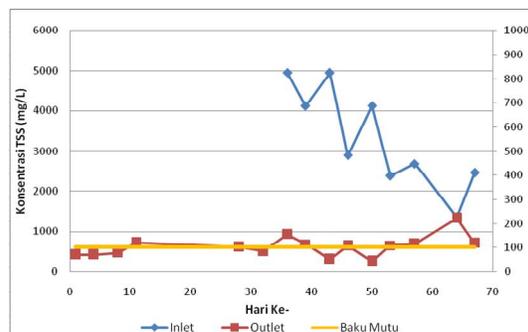
3.2. Total Suspended Solid (TSS)

Pengujian TSS yang dilakukan pada penelitian ini berpedoman pada SNI 06-6989.3-2004 dengan metode gravimetri. Sampel yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103°C sampai dengan 105°C. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total. TSS terdapat pada air limbah domestik, baku mutu TSS tertantum pada peraturan Kepmen LH No. 112 Tahun 2003 yaitu sebesar 100 mg/l.

Perbandingan kualitas *influent* dengan *effluent* IPAL ialah untuk mendapatkan nilai efisiensi penyisihan. Namun, pengambilan sampel pada inlet IPAL Dadapsari tidak dapat dilakukan. Hal ini dikarenakan tidak ditemukan adanya *manhole*/lubang penutup bak inlet di dalam bangunan MCK. Sehingga hanya dilakukan pengambilan dan pengujian sampel untuk *inlet* IPAL Banyumanik 2013 dan Banyumanik Mix saja. Hasil pengukuran parameter TSS pada inlet ditunjukkan pada gambar 10 dan 11 berikut.



Gambar 10. Grafik Konsentrasi TSS pada IPAL Banyumanik 2013

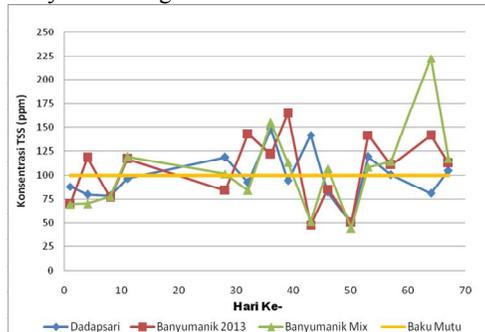


Gambar 11. Grafik Konsentrasi TSS pada IPAL Banyumanik Mix

Pengambilan sampel air buangan pada inlet dilakukan mulai hari ke-36 dikarenakan tujuan awal dari penelitian ini adalah untuk melihat apakah kualitas *effluent* telah memenuhi baku mutu limbah domestik atau belum. Sehingga pada awalnya hanya sampel *effluent* IPAL yang diambil. Ternyata setelah pengujian sampai hari ke-32, hasil outlet IPAL beberapa kali melebihi baku mutu. Oleh karena sebab tersebut maka pada *sampling* hari ke-36 mulai diambil sampel air buangan pada inlet dan outlet.

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat rata-rata efisiensi penyisihan TSS pada IPAL Banyumanik 2013 sebesar 89,58 %. Hasil ini ternyata masih lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata efisiensi penurunan TSS pada IPAL Komunal di Kelurahan Parapo, Makasar dengan efisiensi pengolahannya sebesar 72,48 % (Zubair dkk, 2015). Sedangkan pada Gambar 11 dapat dilihat rata-rata efisiensi penyisihan TSS pada IPAL Banyumanik Mix sebesar 96,54 %. Tingkat efisiensi

penurunan konsentrasi TSS di IPAL Banyumanik Mix lebih besar dibandingkan dengan IPAL Banyumanik 2013, hal tersebut mungkin dikarenakan usia IPAL Banyumanik Mix yang lebih muda yaitu dibangun tahun 2012.



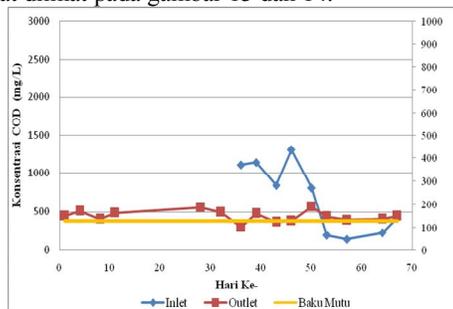
Gambar 12. Grafik Konsentrasi TSS pada Outlet IPAL

TSS pada *outlet* ketiga IPAL melebihi baku mutu, yaitu 100 mg/L menurut Kepmen LH Nomor 112 Tahun 2003. Tetapi jika dilihat dari rata-rata konsentrasi TSS, *effluent* IPAL Dadapsari tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan, yaitu sebesar 98,367 mg/L. Sedangkan rata-rata konsentrasi TSS IPAL Banyumanik 2013 sebesar 105,63 mg/L dan rata-rata konsentrasi TSS IPAL Banyumanik Mix sebesar 103,67 mg/L tergolong sedikit melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

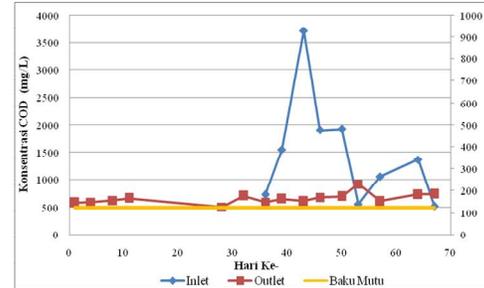
Berdasarkan Gambar 12 dapat diperoleh nilai koefisien variasi paling besar ialah IPAL Banyumanik Mix yaitu 42,45 %; IPAL Banyumanik 2013 yaitu 33,44 % dan IPAL Dadapsari yaitu 25,94 %. Maka fluktuasi konsentrasi TSS pada *effluent* IPAL Banyumanik Mix tipe kombinasi merupakan yang paling tidak stabil/heterogen, sedangkan IPAL Dadapsari adalah yang paling stabil konsentrasi TSS *effluent* nya.

3.3. Chemical Oxygen Demand (COD)

Hasil pengukuran COD pada inlet IPAL dapat dilihat pada gambar 13 dan 14.

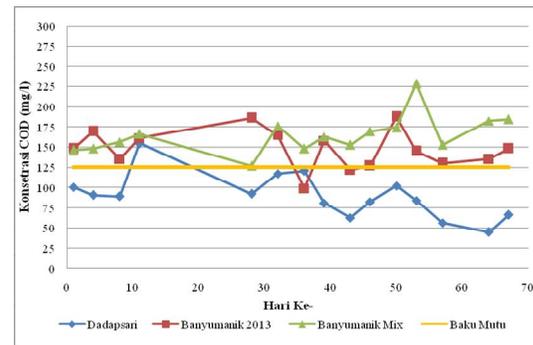


Gambar 13. Grafik Konsentrasi COD pada IPAL Banyumanik 2013



Gambar 14. Grafik Konsentrasi COD pada IPAL Banyumanik Mix

Dari Gambar 13 dapat dihitung rata-rata penyisihan COD pada IPAL Banyumanik 2013 sebesar 79,66 %. Sedangkan dari Gambar 14 diperoleh rata-rata efisiensi penyisihan COD pada IPAL Banyumanik Mix sebesar 88,33 %. Dari kedua IPAL tersebut hasil rata-rata efisiensinya lebih tinggi dibandingkan dengan IPAL Komunal di Kelurahan Parapo, Makasar dengan efisiensi pengolahannya sebesar 24,46% (Zubair dkk, 2015).



Gambar 15. Grafik Konsentrasi COD pada Outlet IPAL

Berdasarkan Pergub DIY No. 7 Tahun 2010, jika dihitung dari rata-rata, konsentrasi COD pada *outlet* IPAL Banyumanik 2013 dan Banyumanik Mix telah melebihi baku mutu yaitu 148 mg/l dan 165,4 mg/l, sedangkan IPAL Dadapsari tidak melebihi baku mutu yaitu sebesar 98,27 mg/l. Namun jika dilihat dari data satuan, konsentrasi COD pada *effluent* IPAL Dadapsari terdapat 1 hari yang melebihi baku mutu pada hari ke-11, yaitu sebesar 156 mg/l.

Tingkat fluktuasi kinerja IPAL dilihat dari koefisien variasi hasil analisis *effluent* IPAL adalah IPAL Dadapsari sebesar 30,91 %; IPAL Banyumanik 2013 yaitu 16,38 % dan IPAL Banyumanik Mix yaitu 14,18 %. Oleh sebab itu, maka fluktuasi konsentrasi COD pada *effluent* IPAL Dadapsari tipe MCK merupakan yang paling tidak stabil/heterogen, sedangkan IPAL Banyumanik Mix adalah yang paling stabil/homogen konsentrasi COD nya.

Dari hasil pengamatan pH didapatkan hasil pH yang tergolong basa tetapi mendekati netral yaitu pH 7 pada ketiga *effluent* IPAL domestik

tersebut. Untuk lebih jelasnya derajat keasaman pada ketiga *outlet* IPAL dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Suhu dan pH Effluent IPAL

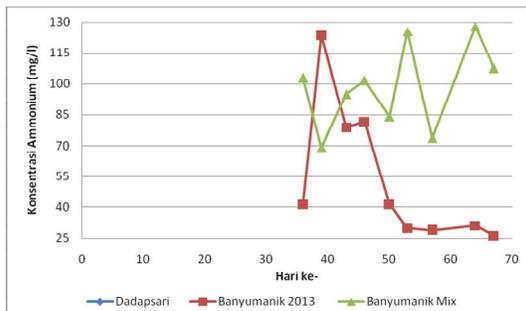
Hari Ke-	Dadapsari		Banyumanik 2013		Banyumanik Mix	
	Suhu	pH	Suhu	pH	Suhu	pH
1	29,2	7,6	28,9	6,7	29	7,2
4	29,6	7,6	29,8	7,1	29,6	7,6
8	28,2	7,7	28,5	7,2	28,1	7,6
11	27,9	7	28,2	7,2	28,3	7,6
28	30,8	7,4	30,7	7	30,7	7,3
32	30	7,3	29,9	7,1	29,8	7,4
36	30	7,6	30,2	7,1	30,3	7,3
39	30,1	7,5	30,2	7,3	30,1	7,4
43	31,6	7,5	30,1	7,2	30,3	7,3
46	29,5	7,7	29,5	7,8	29,8	7,9
50	28,5	7,5	28,7	7,3	28,8	7,7
53	29,5	7,5	29	7,1	29,1	7,4
57	30,3	7,5	30	7,2	29,9	7,5
64	30,6	7,6	30,4	7,1	30,6	7,3
67	30,4	7,5	30,6	7,1	30,6	7,3

Berdasarkan nilai pH, *effluent* air limbah domestik dari ketiga IPAL, yakni cukup baik dan masih berada dalam baku mutu yang diperbolehkan Kepmen LH Nomor 112 Tahun 2003 yakni pH dengan kisaran 6-9.

3.4. Nutrient (Ammonium, Nitrit, Nitrat)

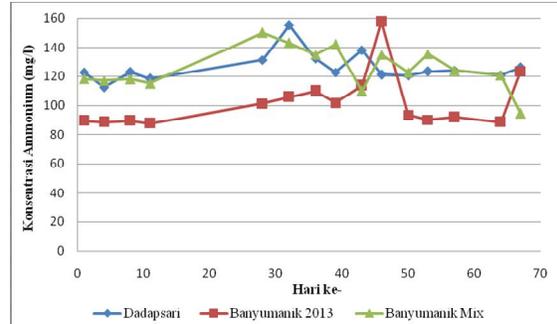
3.4.1 Ammonium

Konsentrasi Ammonium yang diukur dapat dilihat pada gambar 16 dan 17 berikut ini.



Gambar 16. Grafik Konsentrasi Ammonium pada Inlet IPAL

Berdasarkan Gambar 16, grafik konsentrasi Ammonium pada kedua *inlet* IPAL, yaitu IPAL Banyumanik 2013 dan IPAL Banyumanik Mix, diperoleh nilai koefisien IPAL Banyumanik 2013 yaitu 62,6 % sedangkan IPAL Banyumanik Mix yaitu 20,9 %. Maka tingkat fluktuasi konsentrasi Ammonium *influent* IPAL Banyumanik Mix tipe kombinasi lebih stabil/homogen dibandingkan IPAL Banyumanik 2013 tipe *shallow sewer*.

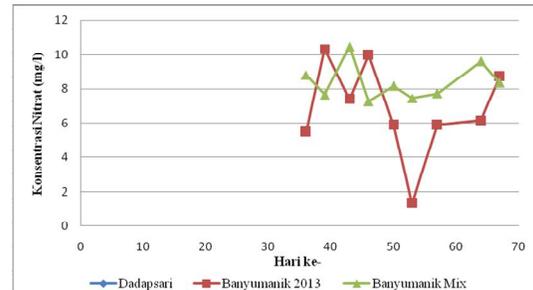


Gambar 17. Grafik Konsentrasi Ammonium pada Outlet IPAL

Dari Gambar 17, nilai koefisien variasi paling besar adalah pada IPAL Banyumanik 2013 yaitu 17,3 %; IPAL Dadapsari yaitu 8,23 % dan IPAL Banyumanik Mix yaitu 9,33 %. Maka diperoleh tingkat fluktuasi konsentrasi Ammonium *effluent* IPAL Banyumanik 2013 tipe *Shallow sewer* merupakan yang paling tidak stabil/heterogen, sedangkan IPAL Dadapsari adalah yang paling stabil.

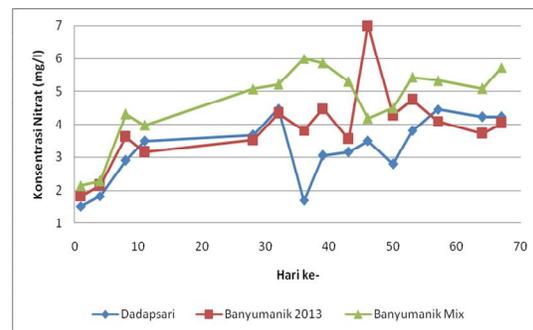
3.4.2 Nitrat

Konsentrasi Nitrat yang diukur dapat dilihat pada gambar 18 dan 19 berikut ini.



Gambar 18. Grafik Konsentrasi Nitrat pada Inlet IPAL

Data dari Gambar 18 diperoleh nilai koefisien variasi IPAL Banyumanik 2013 yaitu 40,26 % sedangkan untuk IPAL Banyumanik Mix yaitu 12,83 %. Maka tingkat fluktuasi konsentrasi Nitrat pada *inlet* IPAL Banyumanik Mix tipe kombinasi lebih stabil/homogen dibandingkan IPAL Banyumanik 2013 tipe *shallow sewer*.

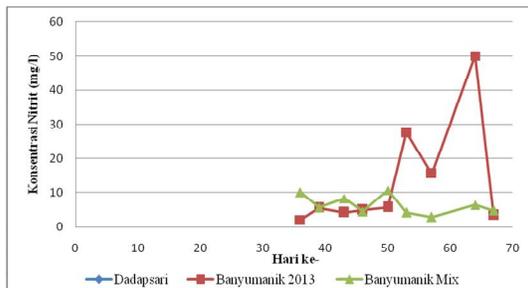


Gambar 19. Grafik Konsentrasi Nitrat pada Outlet IPAL

Sedangkan dari data *effluent* pada Gambar 19 diperoleh nilai koefisien variasi paling besar ialah pada IPAL Banyumanik 2013 sebesar 30,17 %; IPAL Dadapsari sebesar 30,00 % dan IPAL Banyumanik *Mix* sebesar 24,94 %. Dari koefisien variasi, terlihat tingkat fluktuasi konsentrasi Nitrit *effluent* IPAL Banyumanik 2013 tipe *Shallow sewer* merupakan yang paling tidak stabil/heterogen, sedangkan IPAL Banyumanik *Mix* adalah yang paling stabil.

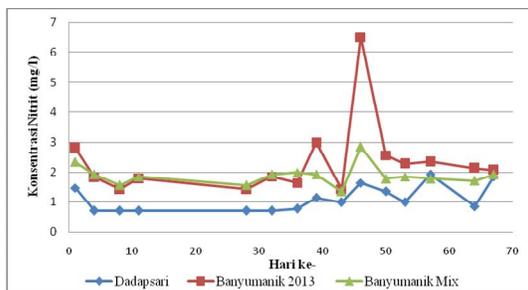
3.4.3 Nitrit

Konsentrasi Ammonium yang diukur dapat dilihat pada gambar 20 dan 21 berikut ini.



Gambar 20. Grafik Konsentrasi Nitrit pada Inlet IPAL

Berdasarkan grafik konsentrasi Nitrit *influent* pada Gambar 20 di atas, diperoleh koefisien variasi IPAL Banyumanik 2013 yaitu 121,26 % sedangkan untuk IPAL Banyumanik *Mix* yaitu 42,44 %. Maka tingkat fluktuasi konsentrasi Nitrit *influent* IPAL Banyumanik *Mix* tipe kombinasi lebih stabil/homogen dibandingkan IPAL Banyumanik 2013 tipe *shallow sewer*.



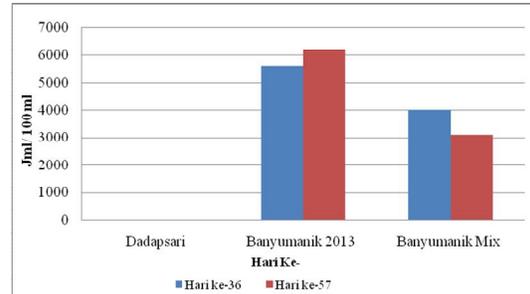
Gambar 21. Grafik Konsentrasi Nitrat pada Outlet IPAL

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh koefisien variasi paling besar adalah pada IPAL Banyumanik 2013 yaitu 39,97 %; IPAL Dadapsari yaitu 53,71 % dan IPAL Banyumanik *Mix* yaitu 18,59 %. Dari koefisien variasi, terlihat tingkat fluktuasi konsentrasi Nitrit *effluent* IPAL Banyumanik 2013 tipe *Shallow sewer* merupakan yang paling tidak stabil/heterogen, sedangkan IPAL Banyumanik *Mix* adalah yang paling stabil.

3.5. Bakteriologis

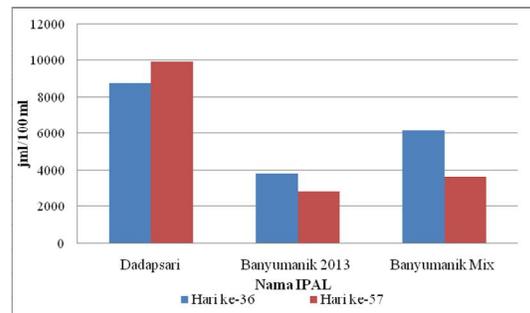
3.5.1. Fecal Coliform

Hasil pengukuran nilai parameter *fecal coliform* pada inlet IPAL ditunjukkan pada gambar 22 dan 23 berikut.



Gambar 22. Grafik Jumlah Fecal Coliform pada Inlet IPAL

Jumlah *fecal coliform* pada inlet IPAL Banyumanik 2013 untuk hari ke-36 adalah 5600/ 100 ml dan untuk hari ke-57 adalah 6200/ 100 ml. Sedangkan jumlah *fecal coliform* pada inlet IPAL Banyumanik *Mix* untuk hari ke-36 adalah 4000/ 100 ml dan untuk hari ke- 57 adalah 3100/ 100 ml.



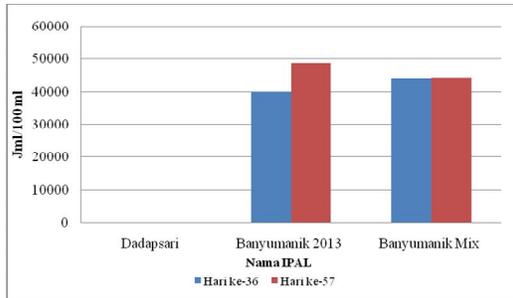
Gambar 23. Grafik Jumlah Fecal Coliform pada Outlet IPAL

Jumlah *fecal coliform* pada outlet IPAL Dadapsari untuk hari ke-36 adalah sebanyak 8700/ 100 ml dan untuk hari ke-57 sebanyak 9900/ 100 ml. Jumlah *fecal coliform* pada outlet IPAL Banyumanik 2013 untuk hari ke-36 adalah 3800/ 100 ml dan untuk hari ke-57 adalah 2800/ 100 ml. Sedangkan jumlah *fecal coliform* pada outlet IPAL Banyumanik *Mix* untuk hari ke-36 adalah 6100/ 100 ml dan untuk hari ke- 57 adalah 3600/ 100 ml.

Berdasarkan hasil pengukuran jumlah Fecal Coliform pada outlet ketiga IPAL tersebut, didapat bahwa effluent ketiga IPAL tersebut telah melebihi baku mutu air kelas I sesuai yang diatur pada PP Nomor 82 Tahun 2001.

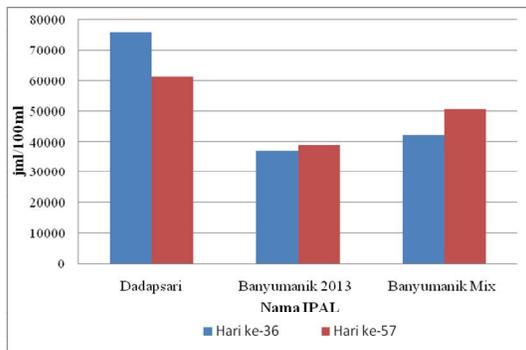
3.5.2. Total Coliform

Hasil pengukuran nilai parameter *total coliform* pada inlet IPAL ditunjukkan pada gambar 24 dan 25 berikut.



Gambar 24. Grafik Jumlah Total Coliform pada Inlet IPAL

Jumlah *total coliform* pada inlet IPAL Banyumanik 2013 untuk hari ke-36 adalah 40000/100 ml dan untuk hari ke-57 adalah 48700/100 ml. Sedangkan jumlah *total coliform* pada inlet IPAL Banyumanik *Mix* untuk hari ke-36 adalah 43900/100 ml dan untuk hari ke-57 adalah 44400/100 ml.



Gambar 25. Grafik Jumlah Total Coliform pada Outlet IPAL

Jumlah *total coliform* pada outlet IPAL Dadapsari untuk hari ke-36 adalah sebanyak 75400/100 ml dan untuk hari ke-57 sebanyak 61400/100 ml. Jumlah *total coliform* pada outlet IPAL Banyumanik 2013 untuk hari ke-36 adalah 36800/100 ml dan untuk hari ke-57 adalah 39000/100 ml. Sedangkan jumlah *total coliform* pada outlet IPAL Banyumanik *Mix* untuk hari ke-36 adalah 42100/100 ml dan untuk hari ke-57 adalah 50300/100 ml.

Berdasarkan hasil pengukuran jumlah *Total Coliform* pada outlet ketiga IPAL tersebut, didapat bahwa effluent ketiga IPAL tersebut telah melebihi baku mutu air kelas I sesuai yang diatur pada PP Nomor 82 Tahun 2001.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada tiga IPAL dengan tipe yang berbeda, yaitu IPAL Dadapsari tipe MCK, IPAL Banyumanik 2013 tipe *shallow sewer* dan IPAL Banyumanik *Mix* tipe kombinasi, dapat disimpulkan sebagai berikut ini :

1. Tingkat fluktuasi effluent IPAL

a. TSS

Untuk parameter TSS, konsentrasi TSS pada effluent yang paling fluktuatif ialah IPAL Banyumanik *Mix* dengan nilai koefisien variasi 42,45%, lalu IPAL Banyumanik 2013 dengan nilai

koefisien variasi 33,44 % dan yang paling stabil yaitu IPAL Dadapsari dengan nilai koefisien variasi 25,94 %.

b. COD

Konsentrasi COD yang paling fluktuatif yaitu pada IPAL Dadapsari dengan nilai koefisien variasi 30,91 %, lalu IPAL Banyumanik 2013 dengan nilai koefisien variasi 16,38 dan yang memiliki data paling stabil adalah IPAL Banyumanik *Mix* dengan nilai koefisien variasi 14,18%.

c. Ammonium (NH₄⁺)

Nilai konsentrasi Ammonium yang paling fluktuatif yaitu IPAL Banyumanik 2013 dengan nilai koefisien variasi 17,3 %; lalu IPAL Dadapsari dengan nilai koefisien variasi 8,23 %, dan yang paling tidak fluktuatif dari ketiga IPAL adalah IPAL Banyumanik *Mix* dengan koefisien variasi 9,33 %.

d. Nitrat (NO₃⁻)

Koefisien variasi paling besar ialah pada IPAL Banyumanik 2013 sebesar 30,17 %; lalu IPAL Dadapsari sebesar 30,00 % dan yang paling kecil koefisien variasinya adalah IPAL Banyumanik *Mix* sebesar 24,94 %.

e. Nitrit (NO₂⁻)

Konsentrasi Nitrit pada effluent yang paling fluktuatif adalah pada IPAL Banyumanik 2013 dengan koefisien variasi sebesar 39,97 %; lalu IPAL Dadapsari dengan koefisien variasi 53,71 %, dan yang paling stabil ialah pada IPAL Banyumanik *Mix* dengan koefisien variasi sebesar 18,59%.

f. Bakteriologis

Jumlah *Fecal coliform* dan *Total Coliform* pada effluent ketiga IPAL tidak memenuhi standar baku mutu air Kelas I sesuai dengan PP Nomor 82 Tahun 2001 yaitu fecal coli 100 / 100 ml; total coliform 1000/100 ml.

2. Efisiensi penyisihan (*efisiensi removal*) pada IPAL Banyumanik 2013 tipe *shallow sewer* dan IPAL Banyumanik *Mix* tipe kombinasi

a. TSS

Untuk parameter TSS, efisiensi paling tinggi yaitu pada IPAL Banyumanik *Mix* dengan nilai rata-rata efisiensi removal sebesar 96,54% sedangkan IPAL Banyumanik 2013 sebesar 89,58%.

b. COD

Untuk parameter COD, efisiensi paling tinggi yaitu pada IPAL Banyumanik *Mix* dengan rata-rata efisiensi removal sebesar 88,33 % sedangkan IPAL Banyumanik 2013 hanya sebesar 79,66 %.

3. Berdasarkan nilai efisiensi removal dan kestabilan konsentrasi effluentnya, disimpulkan bahwa kinerja IPAL yang paling baik adalah IPAL Banyumanik *Mix* dengan tipe kombinasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Muhammad Ali. 2015. *Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Berbasis Masyarakat Di Kecamatan Panakukang Kotamadya Makassar*. Universitas Hasanuddin: Makassar
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Pengembangan prasarana Pedesaan*. Departemen Pekerjaan Umum: Yogyakarta
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik*.
- Metclalf dan Eddy. 2002. *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. Volume 1. 4th Edition. Revised by George Tchobanoglous, Franklin L. Burton and H. David Stensel. MC Graw Hill Higher Education.
- SANIMAS (Editor). 2005: *Informed Choice Catalogue*. pdf presentation. BORDA and USAID
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair*.
- Zubair, Ahmad., dkk. 2014. *Studi Identifikasi Lokasi Pembangunan Ipal Komunal dan Evaluasi Ipal Komunal Yang Ada Di Kecamatan Panakukang Makassar*. Universitas Hasanuddin: Makassar.