

Perencanaan SPAL dan IPAL Komunal di Kabupaten Ngawi (Studi Kasus Perumahan Karangtengah Prandon, Perumahan Karangasri dan Kelurahan Karangtengah)

Azimah Ulya dan Bowo Djoko Marsono
Teknik Lingkungan, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: bowodjok@yahoo.com

Abstrak—Kabupaten Ngawi mempunyai rencana untuk meningkatkan kondisi sanitasi di daerahnya. Salah satu caranya dengan membangun IPAL komunal di tiga titik. Hal tersebut dikarenakan selama ini masih belum mempunyai IPAL komunal untuk limbah domestiknya. Tiga titik yang dimaksud adalah perumahan Karangtengah Prandon, perumahan Karangasri dan kelurahan Karangtengah. Lokasi itu dipilih karena termasuk kawasan yang ODF (*Open Defecation Free*). Sistem penyaluran air limbah untuk 3 lokasi perumahan ini menggunakan sistem shallow sewer yaitu air limbah domestik dari alat saniter (jamban, *wastafel*, *floor drain*, *kitchen sink* dll) langsung dihubungkan menggunakan pipa air limbah dan sistem penyaluran air limbah pada perencanaan ini menggunakan sistem gravitasi. Dimensi pipa yang digunakan adalah 100 mm untuk air limbah dari pipa service dan 150 mm untuk saluran pipa induk menuju ke IPAL. IPAL komunal yang digunakan adalah ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) dengan 6 kompartemen tiap ABR.

Kata Kunci—Air Limbah Domestik, IPAL Komunal, Kabupaten Ngawi, SPAL.

I. PENDAHULUAN

Sektor penyehatan lingkungan permukiman khususnya bidang air limbah (*Municipal Waste Water*) merupakan hal yang menarik perhatian secara global maupun nasional. Secara global Indonesia terikat upaya mewujudkan pembangunan berkelanjutan. Hal ini disebutkan pada KTT Bumi di Johannesburg 2000, dimana salah satu sasarannya adalah bidang penyediaan air minum dan sanitasi. Sasaran tersebut diagendakan dalam Millenium Development Goals (MDGs) dengan menetapkan horizon pencapaian sasaran pada tahun 2015. Sasaran kuantitatifnya adalah "Mengurangi 50% proporsi jumlah penduduk yang kesulitan memperoleh akses terhadap air minum aman dan sanitasi yang memadai". Indonesia yang ikut meratifikasi sasaran MDG's 2015 tersebut harus mempersiapkan langkah pencapaian sasaran tersebut [9]

Menurut Strategi Sanitasi Kabupaten (SSK) Kabupaten Ngawi, permasalahan utama sub sektor air limbah domestik Kabupaten Ngawi adalah hampir semua pengelolaan air limbah domestik, pembuangan akhir diarahkan ke sungai atau saluran drainase terdekat. Permasalahan tersebut mencakup daerah pedesaan maupun perkotaan yang menggunakan sistem

on-site dengan tingkat teknologi sederhana. Selain itu juga terdapat permasalahan sistem jaringan belum terstruktur dengan baik, di antaranya [13]

1. Pembuangan akhir dialirkan ke sungai atau saluran drainase terdekat.
2. Belum memiliki master plan air limbah.
3. Belum ada perda yang mengatur tentang air limbah domestik
4. Masih rendahnya tingkat partisipasi masyarakat dalam upaya pembuangan air limbah domestik secara higienis.

Sedangkan kepemilikan jamban pribadi 71,4%, MCK 2,50%, WC helicopter 5,20% sisanya tidak memiliki WC [2].

Dari kepemilikan diatas sebagian besar tinja akan dibuang ke WC/jamban 29%, ke tempat sampah 2%, ke kebun/pekarangan 2%, ke Sungai 6%, ke lainnya 4%, tidak tahu 57%. Saluran akhir pembuangan tinja dengan uraian penduduk yang membuang tinjanya ke tangki septik 44%, ke pipa sewer 3%, ke cubluk atau lubang tanah 30%, tidak ada yang membuang limbahnya langsung ke saluran drainase, ke sungai/danau/atau pantai 8%, ke kolam atau sawah 3%, ke kebun atau tanah lapang 1%, sedangkan yang tidak tahu 11% [2].

Dalam rangka pencapaian target MDG's 2015 dan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 16 tahun 2008 tentang kebijakan dan strategi Nasional Pengembangan Sistem Pengelolaan Air Limbah Permukiman, tahapan pengembangan air limbah Kabupaten Ngawi jangka pendek 15%, jangka menengah 25% dan jangka panjang 48% dengan sistem on-site (Komunal).

Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan limbah secara komunal agar tidak mencemari lingkungan. Solusinya adalah dengan membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal. Pembangunan IPAL komunal tersebut diharapkan dapat mencegah dan mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan. Pembangunan IPAL komunal untuk limbah domestik yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari masyarakat Kabupaten Ngawi.

Lokasi yang akan dijadikan sebagai pilot project pada perencanaan adalah perumahan Karangtengah Prandon,

perumahan Karangasri dan kelurahan Karangtengah. Pembangunan IPAL komunal juga disertai dengan pembangunan SPAL (Sistem Penyaluran Air Limbah) di tiga lokasi tersebut. Hal tersebut dilakukan agar penyaluran air limbah ke IPAL dapat sampai ke IPAL tidak mencemari lingkungan.

II. METODE PERENCANAAN

A. Metode Penguumpulan Data

Data primer

Data primer didapatkan dari observasi lapangan dengan melihat langsung kondisi yang ada di lapangan berupa lokasi penempatan IPAL komunal serta kondisi jalan untuk SPAL dan wawancara kepada masyarakat setempat. Wawancara berisi mengenai kepemilikan WC, jumlah penduduk, tipe rumah, lebar sungai dan jalan, kondisi sanitasi setempat, fasilitas air buangan, dan fasilitas drainase.

Data skunder

Data yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah :

- Peta lokasi IPAL
- Karakteristik air limbah
- Jumlah Penduduk yang dilayani
- Luas lahan yang dibutuhkan
- Kontur wilayah
- Daftar harga bahan, material, pipa dan aksesorisnya wilayah Jawa Timur

B. Metode Pembahasan

Pembahasan terdiri dari analisa data yang telah dianalisis kemudian dilakukan penentuan dan perencanaan sistem penyaluran serta instalasi pengolahan.

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik skala komunal antara lain :

- a. Perhitungan efisiensi removal unit pengolahan
- b. Perhitungan Mass Balance
- c. Perhitungan dimensi untuk tiap unit pengolahan
- d. Perhitungan BOQ dan RAB

Beberapa perhitungan diatas akan dilengkapi dengan gambar untuk memperjelas desain atau rancangan yang dimaksud.

- e. Pemilihan opsi teknologi sanitasi didasarkan pada total skoring dari bobot skala 1-4. Setelah itu di total tiap alternatif yang ada. Nilai total yang paling besar adalah alternatif yang akan dipilih. Kriteria (Sasse,1998) meliputi :

1. Ketersediaan Lahan.
2. Biaya Oprasional.
3. Biaya Konstruksi.
4. Efisiensi Removal.

Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik antara lain :

- a. Penentuan tahun pemakaian selama 5 Tahun.
- b. Penentuan blok pelayanan
- c. Perhitungan debit air limbah
- d. Perhitungan pembebanan saluran

e. Perhitungan dimensi pipa

f. Perhitungan penanaman pipa

g. Perhitungan dan penentuan bangunan pelengkap

h. Perhitungan BOQ, RAB dan gambar profil hidrolis

III. GAMBARAN UMUM WILAYAH

A. Perumahan Karangtengah Prandon

Luas wilayah perumahan Karangtengah Prandon \pm 2,5 Ha. Pada perumahan ini tidak semua rumah dilayani sambungan pipa air limbah, hanya 140 unit rumah yang akan di layani. Keliling perumahan terdapat saluran dengan lebar 1 meter. Lebar jalan yang ada 430 cm dan 350 cm. Setiap rumah sudah memiliki septick tank untuk pembuangan akhir tinja serta air bekas cuci dan mandi langsung dibuang ke selokan depan atau belakang rumah. Merupakan wilayah ODF (*Open Defecation Free*). Tipe rumah yang di layani adalah tipe 36.

B. Perumahan Karangasri

Luas wilayah perumahan Karangasri \pm 4 Ha. Pada perumahan ini melayani 202 unit rumah. Keliling perumahan terdapat saluran dengan lebar 1 meter. Lebar jalan yang ada 350 cm. Setiap rumah sudah memiliki septick tank untuk pembuangan akhir tinja serta air bekas cuci dan mandi langsung dibuang ke selokan depan atau belakang rumah. Merupakan wilayah ODF (*Open Defecation Free*). Saluran drainase memiliki ukuran lebar 20 cm dan kedalaman 30 cm. Tipe rumah yang di layani adalah tipe 36.

C. Perumahan Karangtengah

Luas wilayah perumahan Karangasri \pm 3 Ha. Pada perumahan ini hanya melayani 2 gang yaitu gang Dahlia dan Nusa Indah jumlah rumah yang dilayani 78 unit rumah. Lebar jalan yang ada 250 cm dan 350 cm. Setiap rumah sudah memiliki septick tank untuk pembuangan akhir tinja serta air bekas cuci dan mandi langsung dibuang ke selokan depan atau belakang rumah. Merupakan wilayah ODF (*Open Defecation Free*). Saluran drainase memiliki ukuran lebar 20 cm. Tipe rumah yang di layani adalah tipe 21 dan 36.

IV. PEMBAHASAN

Karakteristik air limbah yang digunakan adalah tipikal dari air limbah domestik perumahan Surabaya yaitu BOD = 269 mg/l, COD = 526 mg/l, TSS = 237 mg/l [1]. Luaran setelah di olah harus sesuai dengan baku mutu air limbah domestik sesuai dengan peraturan Gubernur Jatim no 72 tahun 2013 yaitu BOD = 30 mg/l, COD = 50 mg/l, TSS = 50 mg/l [10].

Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL)

Perencanaan debit air limbah dihitung dengan cara sebagai berikut [6].

Jumlah penduduk = 104 orang

Pemakaian air bersih = 100 l/org.hari

Pemakaian air limbah = 80% \times pemakaian air bersih

Faktor puncak (fp) = 3,34

Luas daerah = 0,586 Ha

Faktor infiltrasi = 14 m³/Ha.hari

$$Q_{air.bersih} = 100l / org.hari \times 104orang \quad (1)$$

$$= 10400l / hari = 0,12l / det$$

$$Q_{air.limbah} = 80\% \times 0,12l / det \quad (2)$$

$$= 0,096l / det = 0,0000963m^3 / det$$

$$Q_{peak} = Q_{ave} \times fp \quad (3)$$

$$= 0,0000963m^3 / det \times 3,34 = 0,000322m^3 / det$$

$$Q_{inf} = 0,586Ha \times 14m^3 / Ha.hari \quad (4)$$

$$= 8,204m^3 / hari = 0,000095m^3 / det$$

$$Q_{peak.total} = Q_{peak} + Q_{inf} \quad (5)$$

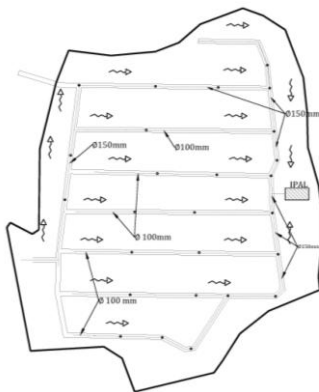
$$= 0,000322m^3 / det + 0,000095m^3 / det$$

$$= 0,00042m^3 / det$$

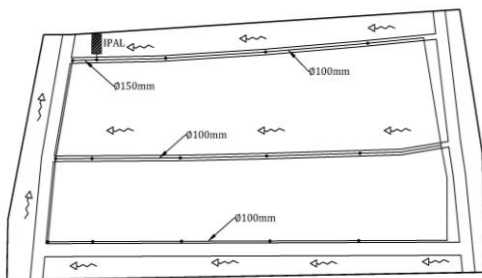
$$Q_{min} = \frac{1}{5} \times \left(\frac{Jmlh.penduduk}{1000} \right)^{0,2} \times Q_{average} \quad (6)$$

$$= \frac{1}{5} \times \left(\frac{104}{1000} \right)^{0,2} \times 0,0000963 = 0,0000122m^3 / det$$

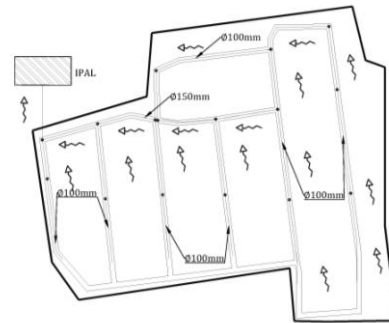
Perhitungan dimensi pipa langsung menggunakan standar Pekerjaan umum yaitu untuk pipa dari pipa servis menggunakan dimensi 100 mm sedangkan pipa utama menuju ke IPAL menggunakan dimensi 150 mm. Sehingga agar bisa



Gambar. 1. Gambar Jaringan air limbah serta diameter yang digunakan menuju IPAL di perumahan Karangasri



Gambar. 2. Gambar Jaringan air limbah serta diameter yang digunakan menuju IPAL di perumahan Karangtengah



Gambar. 3. Gambar Jaringan air limbah serta diameter yang digunakan menuju IPAL di perumahan Karangtengah Prandon

memenuhi kecepatan pengaliran saat di dalam pipa yang akan di hitung adalah slope. Kecepatan minimum air limbah 0,6 m/det dan maksimum 2,5 m/det.

Slope dihitung dengan metode trial n error, karena berhubungan langsung dengan kecepatan pengaliran. Dari rumus :

n = Kekasaran pipa
 R = diameter / 4 (m)
 S = Slope
 A = Luas (m²)

$$n = 0,013$$

$$S = 0,009$$

$$R = D/4 = 0,1/4 = 0,025 \text{ m}$$

$$A = 0,25 \times 3,14 \times (0,1^2)$$

$$= 0,00785 \text{ m}^2$$

$$Q_{full} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A \quad (7)$$

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,025^{2/3} \times 0,009^{1/2} \times 0,00785m^2$$

$$= 0,0049 \text{ m}^3 / det$$

$$d/D = 0,8$$

$$Q_{peak} / Q_{full} = 0,975$$

$$V_{peak} / V_{full} = 1,15$$

$$Q_{peak} = \frac{Q_{peak}}{Q_{full}} \times Q_{full} \quad (8)$$

$$= 0,975 \times 0,0049 \text{ m}^3 / det = 0,0048 \text{ m}^3 / det$$

$$V_{full} = \frac{1}{n} \times D^{2/3} \times S^{1/2} \times 0,397 \quad (9)$$

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,1^{2/3} \times 0,009^{1/2} \times 0,397 = 0,624 \text{ m/s}$$

$$V_{peak} = \frac{V_{peak}}{V_{full}} \times V_{full} \quad (10)$$

$$= 1,15 \times 0,624 \text{ m/det} = 0,718 \text{ m/det}$$

$$\Delta H = S \times L \quad (11)$$

S = Slope
 L = panjang pipa
 $\Delta H = 0,009 \times 146,4m$

$$\Delta H = 1,32m$$

Persamaan (11) dapat menghasilkan slope dengan kecepatan sesuai standar, dengan ΔH untuk penanaman pipa.

Perhitungan penanaman pipa menggunakan rumus :

- Elevasi atas pipa = Elevasi tanah awal - (1 meter + diameter pipa) (12)
- Elevasi akhir pipa = elevasi tanah akhir - (ΔH + diameter pipa) (13)
- Kedalaman pipa awal = elevasi tanah awal - elevasi atas pipa (14)
- Kedalaman pipa akhir = elevasi tanah awal - elevasi akhir pipa (15)

Penyaluran air limbah memanfaatkan gaya gravitasi, yakni mengarahkan aliran air limbah dari tempat yang tinggi ketempat yang lebih rendah. Sedangkan sistem pengaliran menggunakan sistem *Shallow sewer* yaitu sistem pengaliran dari alat saniter langsung menuju pipa. [8]

Pengadaan manhole setiap 50 m untuk manhole lurus. Jika ada belokan, pertigaan atau perempatan juga dibangun manhole [12].

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal

Pada perencanaan ini, akan direncanakan instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal dengan 3 macam alternatif. Alternatif yang akan digunakan diantaranya menggunakan bangunan AUF (*Anaerobic Upflow Filter*), ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*), *Biofilter Anaerobic* dan *Aerobic*. Ketiga alternatif tersebut dibandingkan pemilihanya berdasarkan kriteria : Ketersediaan lahan, biaya konstruksi, biaya operasional, dan efisiensi removal [11]

Karangtengah Prandon

Hasil analisa tiap alternatif kemudian di total, nilai tiap alternatif di pilih total yang paling tinggi. Dapat di lihat pada Tabel 1. Total nilai yang paling tinggi adalah ABR. Sehingga IPAL yang digunakan untuk perumahan Karangtengah Prandon menggunakan teknologi ABR.

Tabel 1.

Pemilihan IPAL Prandon

KRITERIA	NILAI (SKALA 1-4)		
	AUF	ABR	Biofilter AnAerob-Aerob
Ketersediaan Lahan	4	4	4
Biaya Konstruksi	3	2	1
Biaya Operasional	3	4	1
Efisiensi Removal	2	3	4
TOTAL	12	13	10

Sumber : Hasil Perhitungan

Mass Balance dihitung dari bak Septick tank kemudian masuk ke ABR dan didapatkan nilai effluent setelah proses ABR. Perhitungan menggunakan sumber dari BORDA, Sasse, L. 1998 [11].

Tabel 2.

Mass Balance Septick Tank - ABR

Parameter	Inf	ST	ABR
BOD	269	28%	194.1
COD	526	26%	387.8
			87%
			50.11

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimensi Septick Tank dan ABR Prandon :

Direncanakan Dimensi Septick Tank

- Lebar (L) = 4,5 m
- Panjang (P) = 4,2 m
- Kedalaman = 2 m

Direncanakan Dimensi ABR

- Vup flow = 1,8 m/jam
- Jumlah kompartemen = 6 buah
- Kedalaman outlet = 2 m
- Td = 24 jam
- Panjang down flow = 0,8 m

Hasil perhitungan :

- Panjang perkompartemen = 1m
- Lebar perkompartemen = 4,5 m
- Volume = 97,20 m³
- HRT total = 12,03 jam
- Organic loading = 0,37 kg/m³.hari
- Biogas = 21,96 m³/hari

Karangtengah

Hasil analisa tiap alternatif kemudian di total, nilai tiap alternatif di pilih total yang paling tinggi. Dapat di lihat pada Tabel 3. Total nilai yang paling tinggi adalah ABR. Sehingga IPAL yang digunakan untuk perumahan Karangtengah menggunakan teknologi ABR.

Tabel 3.
Pemilihan IPAL Karangtengah

KRITERIA	NILAI (SKALA 1-4)		
	AUF	ABR	Biofilter AnAerob-Aerob
Ketersediaan Lahan	3	3	3
Biaya Konstruksi	1	1	1
Biaya Operasional	2	4	1
Efisiensi Removal	2	3	4
TOTAL	8	11	9

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimensi Septick Tank dan ABR Karangtengah :

Direncanakan Dimensi Septick Tank

- Lebar (L) = 3 m
- Panjang (P) = 4,1 m
- Kedalaman = 2 m

Direncanakan Dimensi ABR

- Vup flow = 1,8 m/jam
- Jumlah kompartemen = 6 buah
- Kedalaman outlet = 2 m
- Td = 24 jam
- Panjang down flow = 0,8 m

Hasil perhitungan :

- Panjang perkompartemen = 1m
- Lebar perkompartemen = 3 m
- Volume = 64,80 m³
- HRT total = 12,28 jam
- Organic loading = 0,36 kg/m³.hari
- Biogas = 14,35 m³/hari

Karagasri

Hasil analisa tiap alternatif kemudian di total, nilai tiap alternatif di pilih total yang paling tinggi. Dapat di lihat pada Tabel 4. Total nilai yang paling tinggi adalah ABR. Sehingga

IPAL yang digunakan untuk perumahan Karangasri menggunakan teknologi ABR.

Tabel 4.
Pemilihan IPAL Karangasri

KRITERIA	NILAI (SKALA 1-4)		
	AUF	ABR	Biofilter AnAerob-Aerob
Ketersediaan Lahan	3	3	3
Biaya Konstruksi	3	4	1
Biaya Operasional	3	4	2
Efisiensi Removal	2	3	4
TOTAL	11	14	10

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimensi Septick Tank dan ABR Karangasri :

Direncanakan Dimensi Septick Tank

- Lebar (L) = 6,3 m
- Panjang (P) = 4,3 m
- Kedalaman = 2 m

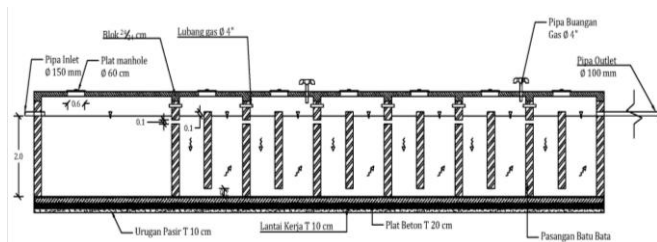
Direncanakan Dimensi ABR

- Vup flow = 1,8 m/jam
- Jumlah kompartemen = 6 buah
- Kedalaman outlet = 2 m
- Td = 24 jam
- Panjang down flow = 0,8 m

Hasil perhitungan :

- Panjang perkompartemen = 1m
- Lebar perkompartemen = 6,3 m
- Volume = 136,08 m³
- HRT total = 11,53 jam
- Organic loading = 0,38 kg/m³.hari
- Biogas = 32,09 m³/hari

Sebelum masuk ke ABR, ditambahkan bangunan awal yaitu sumur pengumpul untuk agar bisa dipompakan ke bangunan ABR. Gambar desain ABR yang digunakan adalah gabungan



Gambar. 1. Tipikal gambar gabungan Septick tank dan ABR. Kompartemen 1 adalah septick tank dan 6 kompartemen selanjutnya adalah ABR antara septick tank dan ABR. Fungsi septick tank disini adalah untuk bak penampung awal zat padat yang ada agar kadar zat padat yang masuk ke ABR berkurang, dapat dilihat pada Gambar 1.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Tiga wilayah perumahan Karangtengah Prandon, Karangtengah, Karangasri penyaluran air limbah menggunakan sistem gravitasi.
2. Diameter pipa yang digunakan pada perencanaan ini adalah 100 mm dan 150 mm dengan jenis pipa PVC,

diameter 100 mm untuk pipa service yang menerima air limbah dari sambungan rumah. Sedangkan diameter 150 mm digunakan pada saluran pipa induk yang menuju ke IPAL.

3. Slope yang digunakan merupakan slope rancang, bukan menggunakan slope medan, karena slope medan kecepatan aliran tidak memenuhi. Slope yang digunakan dengan slope rencana 0,009 – 0,01 untuk perumahan Prandon, 0,006 untuk perumahan Karangtengah, dan 0,01-0,04 untuk perumahan Karangasri.
4. Teknologi IPAL yang digunakan adalah ABR dengan septick tank dan 6 kompartemen karena lebih murah dalam hal konstruksi dan oprasional, efesiensi pengolahan tinggi, lahan yang dibutuhkan sedikit karena dibangun dibawah tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aulia F. N. *Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan dan Instalasi Pengolahan Air Buangan di Perumahan Puri Mas, Surabaya*. Surabaya : Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP ITS. 2006
- [2] Draft Memorandum Program Sanitasi (MPS) Kabupaten Ngawi. Pokja Sanitasi dan Air Minum Kabupaten Ngawi. 2012.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum. *Pedoman Sanitasi Berbasis Masyarakat*. Jakarta. 2012a.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum. *Pedoman Pengelolaan (Program Hibah Australia-Indonesia untuk Pembangunan Sanitasi)*. Jakarta. 2012b.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum. *Kisah Sukses SANIMAS di Indonesia*. Jakarta. 2009.
- [6] Metcalf dan Eddy. *Wastewater Enggineering : Collection and Pumping of Wastewater*. New York : McGraw Hill. 1981.
- [7] Metcalf dan Eddy. *Wastewater Enggineering : Treatment and Reuse*. New York : 4th Edition McGraw Hill. 2004.
- [8] Noerbambang, S. M. dan Takeo, M. *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita. 2005.
- [9] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 16 Tahun 2008 Tentang *Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Pengelolaan Air Limbah Permukiman*.
- [10] Peraturan Gubernur Jatim No 72 tahun 2013 Tentang *Baku Mutu Air Limbah Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya*.
- [11] Sasse, L. *Decentralized Wastewater Treatment In Developing Countries*. Germany : BORDA. 1998.
- [12] Sugiharto. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : Penerbit UI Press. 1987.
- [13] Strategi Sanitasi Kabupaten (SSK) Kabupaten Ngawi, Pokja Sanitasi dan Air Minum Kabupaten Ngawi. 2012.