

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI SEMPADAN SUNGAI PEPE SEGMENT 2 KOTA SURAKARTA

Adhika Aryo Putro^{*)}, Ganjar Samudro^{**)}, Syafrudin^{**)}

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email: dhikaaryoputro@gmail.com

Abstrak

Segment 2 sungai pepe terdiri dari dua RW dari dua kelurahan, yaitu RW 01 Kelurahan Mangkubumen dan RW 02 Kelurahan Gilingan. Kedua wilayah masih belum mendapatkan pelayanan fasilitas penyaluran air buangan terpusat. Sumber dari air limbah di kedua daerah ini adalah berasal dari kegiatan rumah tangga, seperti kegiatan mandi dan cuci. Limbah rumah tangga yang timbul, tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu dan langsung dibuang ke sungai yang menyebabkan kondisi kualitas sungai mengalami penurunan. Berdasarkan hasil uji pada 4 titik pengukuran, nilai rata-rata dari keseluruhannya untuk masing-masing wilayah pelayanan, seperti pada RW 01 Kelurahan Mangkubumen adalah TSS 526.5 mg/l, COD 141.3 mg/l, PH 7.57, lemak 0.0239 mg/l, dan BOD 122.085 mg/l, sedangkan untuk RW02 Kelurahan Gilingan adalah TSS 471.5, COD 205.85, PH 7.43, Lemak 0.005, dan BOD 117.5. dari hasil uji di atas menunjukkan bahwa baku mutu air limbah yang masuk dalam sungai masih di atas baku mutu sesuai dengan Perda Jateng No. 5 Tahun 2012. Pada perencanaan pembuatan jaringan penyaluran air buangan, sistem yang digunakan adalah small bore sewer. Unit yang akan terpilih berdasarkan metode AHP sebagai fasilitas pengambilan keputusan, menggunakan bak pengendap, vertical flow Subsurface constructed wetland, dan bak penampung sebagai unit pengolah air limbah. Sesuai dengan spesifikasi unit, air limbah akan mengalami penurunan baku mutu setelah dilakukan pengolahan.

Kata Kunci : Penyaluran Air Limbah, Vertical Flow Subsurface Constructed Wetlands, Limbah Domestik

Abstract

[*Designing Sewage and Waste Water Treatment Process System for Domestic Wase in Segmen 2, Pepe River, Surakarta City*]. Segment 2 Pepe River consists of two RW from two villages, there are RW 01 Gilingan Village and RW 02 Mangkubumen village. Both areas are unserved centralized sewerage facilities. Sources of waste water in these areas are derived from domestic activities, such as bathing and washing. Domestic waste was produced with no processing is done in advance and directly discharged into rivers that lead to the decreasing of river quality condition. Based on from the test results on 4 sites measurement, the average value for each of the service areas, such as in RW 01 Mangkubumen Village are TSS 526.5 mg / l, COD 141.3 mg / l, PH 7:57, fat 0.0239 mg / l, and BOD 122 085 mg / l, while for the Gilingan village RW02 are TSS 471.5 mg / l, COD 205.85 mg / l, PH 7:43, fat 0005 mg / l, and BOD 117.5 mg / l. The test results show that the quality standard of wastewater which entering the river is

still above the quality standards in accordance with Permen LH No. 5 In 2014. In planning the manufacture of sewerage network, the system that will used is small bore sewer. The unit that will be chosen based on engineering decision and AHP (Analytical Hierarchy Process) as decision-making facility are sedimentation basin, vertical subsurface flow constructed wetland, and collected tank as the waste water treatment unit. In accordance with the specifications of the unit, the quality of wastewater will decrease after processing.

Key Words: Sewerage, Vertical Subsurface Flow Constructed Wetlands, Domestic Waste

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Limbah domestik atau limbah rumah tangga terdiri dari pembuangan air kotor dari kamar mandi, kakus dan dapur. Kotoran-kotoran itu merupakan campuran dari zat-zat bahan mineral dan organik dalam banyak bentuk, termasuk partikel-partikel besar dan kecil, benda padat, sisa-sisa bahan-bahan larutan dalam keadaan terapung dan dalam bentuk koloid dan setengah koloid (Martopo, 1987). Penanggulangan pencemaran limbah domestik, terutama yang berasal dari rumah tangga sangatlah pelik. Di satu sisi jumlah limbah terus bertambah dengan naiknya jumlah penduduk, disisi lain kemampuan penjernihan air dan tempat pembuangan sampah makin terbatas serta rendahnya pendidikan dan kebiasaan menggunakan air tercemar dalam kegiatan sehari-hari (Soemarwoto, 1983).

Menurut Sulistyanto (2010), kualitas air sungai pepe sudah di atas baku mutu, dari tiga parameter yang digunakan dari kepmenkes 907/2002, pada baku mutu cadmium dan timbal

sudah melebihi baku mutu yang ada, masing masing untuk cadmium mencapai 0,133 mg/l dan timbal 0,485 mg/l, sedangkan baku mutu untuk cadmium adalah 0,003 mg/l dan untuk timbal 0,01 mg/l. Selain dari kondisi sungai pepe yang sudah tercemar, fungsi bibir sungai pepe sudah beralih fungsi, menurut PP No. 38 Tahun 2011, pada jarak 10 meter dari bibir sungai tidak boleh didirikan bangunan.

Terkhususnya pada segmen 2 sungai pepe. Segmen ini memiliki kondisi lingkungan yang cukup buruk. masih banyak rumah yang membelakangi sungai sehingga air sungai tercemar oleh buangan rumah tangga. Selain dari kondisi lingkungan segmen 2 yang cukup buruk, segmen ini didukung dengan terdapat lahan-lahan yang masih belum di otimalkan secara maksimal. Lahan-lahan tersebut dapat dimanfaatkan menjadi tempat instalasi pengolahan air limbah.

II. METODOLOGI PERENCANAAN

A. Tujuan Operasional Perencanaan

1. Melakukan analisis dan identifikasi pada kondisi eksisting yang terdapat pada Segmen 2 Sungai Pepe sebagai lokasi perencanaan sistem penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah, yang meliputi :
 - Gambaran umum wilayah perencanaan
 - Topografi/kontur wilayah perencanaan
 - Penerapan sanitasi wilayah perencanaan
 - Kependudukan dan kondisi masyarakat wilayah perencanaan
2. Mengidentifikasi dan menganalisis sumber, kuantitas dan kualitas air limbah domestik yang akan diolah dengan instalasi pengolahan air limbah.
3. Merencanakan sistem penyaluran air buangan domestik pada segmen 2.
4. Membuat alternatif, memilih alternatif terpilih dan melakukan perancangan *detail engineering design* yang dapat diterapkan sebagai pengolah limbah domestik pada Segmen 2 Sungai Pepe Kota Surakarta sesuai dengan tinjauan aspek-aspek penilaian tertentu.
5. Menghitung RAB yang meliputi :
 - Menghitung biaya pekerjaan persiapan
 - Menghitung biaya pembangunan IPAL Komunal

- Menghitung biaya pekerjaan jaringan perpipaan
- Menghitung biaya sambungan bangunan

B. Teknik Analisis Data

Untuk menganalisa kapasitas air buangan dengan menentukan perkiraan debit air buangan (Zulfa, 2008 & MODUTO, 2000):

1. Menentukan atau mendata jumlah penduduk untuk desain perencanaan
 - Menghitung luasan wilayah pelayanan segmen 2
 - Menghitung jumlah penduduk dengan pendekatan kepadatan penduduk
2. Berdasarkan jumlah penduduk tersebut maka dapat diketahui jumlah pemakaian air bersih
3. Jumlah penduduk total adalah jumlah domestik dan penduduk ekuivalen dari non domestik.

Untuk Metode yang digunakan dalam menentukan sistem penyaluran air buangan ialah dengan menggunakan metode Masduki, yang di adopsi dari buku Masduki tahun 2000 dengan judul penyaluran air buangan vol II. Ada beberapa tahapan dalam melakukan penentuan sistem, tahapan-tahapan tersebut ialah:

1. Menghitung debit buangan domestik pada pipa
2. Menentukan dimensi pipa
3. Menghitung Self Cleaning Velocity
4. Menghitung kemiringan pipa/slope

5 Menghitung tinggi galian pipa

Untuk melakukan analisis alternative pilihan dengan menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 70-an. Metode AHP merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam sistem pengambilan keputusan dengan memperhatikan faktor-faktor persepsi, preferensi, pengalaman dan intuisi. AHP menggabungkan penilaian-penilaian dan nilai-nilai pribadi ke dalam satu cara yang logis. Dalam menyelesaikan AHP ada prinsip-prinsip yang harus diperhatikan

III. GAMBARAN UMUM

WILAYAH PERENCANAAN

Segmen yang digunakan dalam kajian ini adalah segmen 2. Segmen 2 terdiri dari 2 kelurahan, kelurahan Mangkubumen RW 01 dan Kelurahan Gilingan RW 02. Masing-masing kelurahan tergabung pada kecamatan yang sama, yaitu di Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta.

Segmen 2 sungai pepe terletak di jembatan jalan dr. setiabudi (barat minulyo) s.d jembatan jalan sambeng. Berikut adalah informasi detail segmen 2 sungai pepe

Tabel 1 Keterangan Segmen 2 Sungai Pepe

Kondisi	Keterangan
Panjang Sungai Segmen 2	344 Meter
Lebar Sungai Segmen 2	3,9 s.d 9,79 meter
Lebar Jalan Inspeksi Kanan Sungai	2,8 s.d 7,2 meter
Lebar Jalan Inspeksi Kiri Sungai	3,0 s.d 7,78 meter
Saluran Masuk ke Sungai	1 buah

Saluran Rumah Masuk ke Sungai	Limbah Tangga	± 43 buah
Kecamatan	Banjarsari	
Kelurahan	Gilingan, Mangkubumen	

Sumber: Analisis Penulis (2016)

Pada Segmen 2, untuk kelurahan Mangkubumen terletak di sebelah timur sungai (sebelah kiri) terdiri dari 1 RW dan untuk kelurahan Gilingan terletak di sebelah barat sungai (sebelah kanan) yang masing-masing memiliki jumlah RT, KK dan jumlah penduduk sebagai berikut :

Tabel 2 Data Jumlah Penduduk Wilayah Pelayanan

No	Kelurahan	RW	RT	Jumlah KK	Jumlah Penduduk
1	Mengkubumen	01	01	57	273
			02	27	135
			03	26	127
			04	54	268
			05	43	215
2	Gilingan	02	01	42	211
			02	87	438
			03	38	197
			04	47	230

Sumber : RW 1 dan 2 Kelurahan Manahan, 2016

IV. PEMBAHASAN

A. Analisis Kondisi Eksisitong

Kondisi wilayah perencanaan menurut Dinas Pekerjaan Umum 1993 kemiringan lahan pada wilayah perencanaan dapat memenuhi standar kemiringan lahan yaitu sekitar 0,5 – 2%.

Dari hasil pengamatan pada masyarakat didapatkan bahwa pemahaman tentang kondisi lingkungan sudah cukup. Sementara untuk kondisi teknis yang terdapat di masyarakat, semua masyarakat telah memiliki WC pribadi dan untuk kondisi saluran, lebih dari 70% sudah dilakukan pemisahan.

Dari kondisi di atas, baik dari segi kondisi fisik wilayah maupun dari kondisi masyarakat dan kondisi teknis, menurut Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2003, sistem peyaluran yang cocok digunakan ialah sistem *small bore sewer*.

B. Analisis Kualitas Air Limbah Domestik

Masing-masing sampel dilakukan pengujian kualitas air limbah dengan parameter pH, BOD, TSS, minyak dan lemak dengan mengacu standar Perda Jateng No 5 Tahun 2012 ditambah dengan parameter COD mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2001. Berikut hasil uji laboratorium dibandingkan dengan baku mutu yang ada.

Tabel 3 Hasil Laboratorium Titik Saluran 1

NO	Parameter	Hasil	Baku Mutu	Keterangan
1	TSS	345 mg/l	100	Memenuhi
2	COD	141.6 mg/l	-	Tidak Memenuhi
3	PH	7.45	6,0-9,0	Tidak Memenuhi
4	Lemak	0.045 mg/l	10	Memenuhi
5	BOD	121.67 mg/l	100	Tidak memenuhi

Sumber: Analisis Penulis, 2016

Tabel 4 Hasil Laboratorium Titik Saluran 2

NO	Parameter	Hasil	Baku Mutu	Keterangan
1	TSS	514 mg/l	100	Memenuhi
2	COD	184.4 mg/l	-	Tidak Memenuhi
3	PH	7.43	6,0-9,0	Tidak Memenuhi
4	Lemak	0.005 mg/l	10	Memenuhi
5	BOD	108,33 mg/l	100	Tidak memenuhi

Sumber: Analisis Penulis, 2016

Tabel 5. Hasil Laboratorium Titik Saluran 3

NO	Parameter	Hasil	Baku Mutu	Keterangan
1	TSS	708 mg/l	100	Memenuhi
2	COD	141.6 mg/l	-	Tidak Memenuhi
3	PH	7.69	6,0-9,0	Tidak Memenuhi
4	Lemak	0.0028 mg/l	10	Memenuhi
5	BOD	122..5 mg/l	100	Tidak memenuhi

Sumber: Analisis Penulis, 2016

Tabel 6 Hasil Laboratorium Titik Saluran 3

NO	Parameter	Hasil	Baku Mutu	Keterangan
1	TSS	429 mg/l	100	Memenuhi
2	COD	227.3 mg/l	-	Tidak Memenuhi
3	PH	7.43	6,0-9,0	Tidak Memenuhi
4	Lemak	0.006 mg/l	10	Memenuhi
5	BOD	117.5 mg/l	100	Tidak memenuhi

Sumber: Analisis Penulis, 2016

Dari hasil uji laboratorium, dapat dilihat bahwa semua parameter yang ada telah melewati baku mutu yang telah ditetapkan terkecuali parameter minyak dan lemak.

C. Analisa Kondisi Masyarakat

Analisis masyarakat dilakukan dengan metode AHP dengan didasarkan hasil dari survey pada masyarakat. Analisis ini digunakan untuk mengambil keputusan dan gambaran terhadap kemauan masyarakat terhadap program pembangunan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik

Analisis kondisi masyarakat dilakukan oleh program *Expert Choice 11*. Aspek penentu dari penilaian tersebut ialah kondisi sanitasi dengan bobot 41.3%, aspek ekonomi 26%, dan partisipasi masyarakat 32,7%. Dengan pembobotan pada tiap, maka dapat

diambil kesimpulan seperti gambar di bawah.



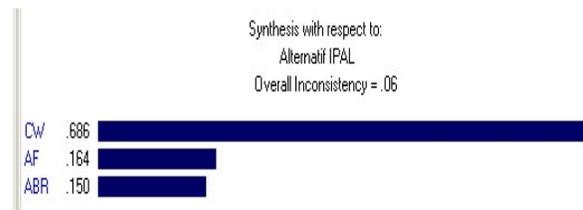
Gambar 1. Hasil kesiadaan masyarakat

Dapat diambil keputusan dari kategori alternative pemilihan yaitu bersedia dengan pemantauan dan arahan dari pemerintah dengan bobot 52.32 % dengan nilai CR 0.05

D. Perencanaan Instalasi Pengolah Air Limbah Grey Water

Lokasi pengolahan akan diambil pada bagian sempadan sungai. Sesuai dengan lahan yang tersedia yang telah dijelaskan pada BAB IV. Terdapat tiga unit untuk wilayah pelayanan RW 02 Kelurahan Gilingan dan tiga unit untuk wilayah pelayanan RW 01 Kelurahan mangkubumen. Dipilihnya keenam lokasi ini mempertimbangkan pemanfaatan lahan yang tidak terpakai dan disalah gunakan dan juga untuk mempertimbangkan kondisi topografi, dengan kontur yang paling rendah. Hal ini disebabkan untuk menghindari penggunaan pompa yang dapat menambah anggaran biaya.

Terdapat tiga alternatif unit yang akan digunakan yaitu, *Anaerobic Filter*, *Anaerobic Baffle Reactor*, dan *Vertical Flow Subsurface Constructed Wetland*. Dalam mengambil keputusan pemilihan alternative, analisis yang digunakan adalah pembobotan dengan menggunakan program *Expert Choice 11*. Aspek pembobotan yang digunakan ialah aspek ekonomi 9.5%, O & M 14.1 %, kebutuhan lahan 9,8%, efisiensi pengolahan 3.4%, dan ruang terbuka hijau 63,4%. Dari kelima aspek tersebut, dilakukan analisis dengan program *Expert Choice 11* didapatkan hasil sebagai berikut



Gambar 2. Hasil Skoring Alternatif
Dapat diambil keputusan dari ketiga alternative pemilihan yaitu dengan menerapkan *Constructed Wetland* sebagai alternative terpilih.

Unit-Unit Pengolahan

Berikut adalah dimensi-dimensi tiap-tiap unit pengolahan yang didasarkan pada perhitungan IPAL mengacu pada Crites dan Tchobanoglous

(1984) dan khusus untuk Horizontal
 Constructed mengacu pada Reed
 (1995) dengan perhitungan

Tabel 7. Hasil Perhitungan IPAL

Kelurahan Mangkubumen RW 01					
unit 1		unit 2		unit 3	
Sedimentasi		Sedimentasi		Sedimentasi	
p	3 m	p	4 m	P	5 m
l	2,3 m	l	2,7 m	L	2,7 m
t	2 m	t	3 m	T	3 m
Wetland		Wetland		Wetland	
p	28,7 m	p	34,4 m	P	65,5 m
l	8,7 m	l	8 m	L	6 m
t	0,8 m	t	0,8 m	T	0,8 m
Pengumpul (2 bh)		Pengumpul (2 bh)		Pengumpul (2 bh)	
p	3,2 m	p	3 m	P	3,22 m
l	1,3 m	l	3,65 m	L	3 m
t	2 m	t	2 m	T	2 m
Kelurahan Gilingan RW 02					
Sedimentasi		sedimentasi		sedimentasi	
p	3 m	p	4,14 m	P	4 m
l	2,3 m	l	3 m	L	2,3 m
t	2 m	t	3 m	T	3 m
Wetland		Wetland		Wetland (2 Cell)	
p	45,1 m	p	75,1 m	P	18,7 m
l	10 m	l	4 m	L	7 m
t	0,8 m	t	0,8 m	T	0,8 m
Pengumpul		Pengumpul		Pengumpul (2 bh)	
p	2,2 m	p	1,2 m	P	1,6 m
l	1,5 m	l	1,0 m	L	1,4 m
t	2,5 m	t	2,0 m	T	2,5 m

Tanaman yang digunakan Horizontal
 Constructed wetland adalah *Typha*
 sp.



Gambar 3. Tanaman *Cana Bengal*
Tiger

Tanaman yang akan digunakan dalam perencanaan ini ialah tanaman jenis tipe *Typha sp* (UN- HABITAT, 2008) *Typha Angustifolia* atau dalam nama lokalnya ialah lembang adalah jenis tanaman yang akan digunakan karena sudah dilakukan beberapa penelitian dengan penggunaan tanaman ini. Efisiensi maksimum yang diperoleh ialah untuk BOD₅ 94%, TSS 84.71 %, dan COD 94.87% (Abdulgani, 2015), dengan jarak masing-masing tanaman ialah 1.5 m (UN-HABITAT, 2008).

Analisis Rencana Anggaran Biaya
 Dalam menghitung rencana anggaran biaya sistem penyaluran dan bangunan pengolahan air buangan merujuk pada daftar harga satuan dan uoah pekerja Kota Surakarta tahun 2016. Biaya pembangunan sistem akan ditanggung oleh pemerintah dan warga setempat.

Tabel 8. Rekapitulasi Biaya
 Pembangunan Sistem Penyaluran Air
 Buangan dan Pegolahan Air
 Bangunan

No	Uraian Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan persiapan	Rp 331.828.523,21
2	Pekerjaan Pembangunan IPAL Komunal	Rp1.338.370.795,68
3	Pekerjaan Jaringan Perpipaan	Rp2.249.729.393,35
4	Pekerjaan Sambungan Bangunan (KM/WC ke Pipa Persil)	Rp. 358.389.776,35
Total Biaya		Rp. 4278.318.488,28
PPN 10%		Rp. 427.831.848,83
Jumlah Keseluruhan		Rp. 4.706.150.337,11

Kesimpulan

1. Kualitas air limbah domestik yang masuk ke Segmen 2 Sungai Pepe sudah melebihi baku mutu. Untuk kualitas air yang paling buruk adalah pada saluran 3 yang berasal dari daerah RW 02 Kelurahan Gilingan dengan TSS 708 mg/l, COD 141.6 mg/l, dan BOD 122.5 mg/l. sedangkan untuk kualitas air limbah yang mendekati baku mutu ialah pada saluran adalah saluran 4, yang terletak juga pada RW 02 Kelurahan Gilingan dengan TSS 429 mg/l, COD 227.3 mg/l, BOD 117.5 mg/l
2. Berdasarkan uraian kelebihan dan kekurangan masing-masing sistem dan gambaran wilayah pelayanan yang lebih dari 60% telah menggunakan tangki n, maka direncanakan sistem *off-site* yang digunakan pada segmen 2 adalah sistem riol ukuran kecil atau *small bore sewer*. *Small bore sewer* dirancang hanya untuk dapat menerima limbah cair dari rumah tangga untuk dilakukan *off-site treatment* dan pembuangan. Limbah berupa padatan yang kemungkinan dapat menyebabkan kerusakan pipa dilakukan pemisahan pada tiap rumah dengan membuang ke tangki septik
3. Dengan melakukan analisis menggunakan sistem AHP (Analytical Hierarchy Process) maka unit pengolahan yang digunakan adalah constructed wetland dengan mendapatkan bobot nilai dari proses AHP sebesar 60% dibandingkan dengan alternative unit lainnya seperti ABR dan AF
4. Total biaya yang dibutuhkan untuk membangun sistem penyaluran dan pengolahan air buangan di daerah Segmen 2 Sungai Pepe adalah sebesar Rp. 4.706.150.337,11



Daftar Pustaka

- Sulistiyanto, Wahyu. Dan Dwi Astuti, (2010). *Analisis Kualitas Air Sungai Begawan Solo Wilayah Kota Surakarta, Universitas Muhammadiyah SURakarta*. Surakarta
- Peraturan Pemerintah No 38 Tahun 2011 Tentang Sungai
- Kodoatie, Robert J. dan Roestam Sjarief. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 63 Tahun 1993 Tentang Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai Dan Bekas Sungai
- Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Martopo, S. 1987. *Dampak Limbah Terhadap Lingkungan. Bahan Diskusi Kursus Singkat Penanganan Limbah Secara Hayati*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
- Sugiharto (1987), *Dasar - Dasar Pengelolaan Air Limbah, Cetakan Pertama*, UI Press, Jakarta
- Soemarwoto, Otto, 1983, *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*, Jakarta. Penerbit: Djembatan
- Davis, Luise. 2000, *A Handbook Of Constructed Wetlands*. Pennsylvania. USDA-Natural Resources Conservation Agency
- Hoffman, Heike, Martina Winker, Christoph Platzer, and Elisabeth von Muench, *Technology review of constructed wetlands Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment*, Escborn, Deutsche Gesellschaft für Wastewater Gardens® Information Sheet IS20120105 Surakarta Dalam Angka 2011
- Perautran Mentri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah
- Alaerts, G., dan Santika, S.S, 1984, *Metode Penelitian Air*,

- Penerbit Usaha Nasional,
Surabaya.
- Hilyah, Magdalena. 2012. *Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Mahasiswa Lulusan terbaik Di Perguruan Tinggi (Studi Kasus STMIK ATMA Luhur Pangkal Pinang)*. Yogyakarta. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi
- Otis, Richard J., and D. Duncan Mara. *The Design of Small Bore Sewer System. Technical Advisory Group Technical Note 14 (TAG TN14)*. Washington, D.C.: The World Bank, 1985
- Isserman, Andrew. 1977. *Accuracy of Population Projections for Sub-countr Areas*, Journal of America Institute of Planners. Vol 43
- Rahmani, Suffi Nur. 2006. *Pemilihan Jalur Alternatif Penyaluran Air Buangan Kecamatan Ujungberung-Kota Bandung*. Bandung. ITB-Press
- Setiyono. 2014. *Pengolahan Air Limbah Perkantoran (Studi Kasus IPAL Gedung BPPT)*. Jakarta. BPPT-Press
- Götzenberger, Jens. 2009. *Praxis-oriented Training Manual Decentralized Wastewater Treatment Systems*. DHAN Foundation
- Qasim, Syed. 1975. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, Second Edition*. Texas. CRC Press.
- Said, Nusa Idaman. 1999. *Alat Pengolah Air Limbah Rumah Tangga Semi Komunal Kombinasi Biofilter Anaerob dan Aerob*. Jakarta. BPPT-Press
- Peavy, Howard S et.al. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill. Singapura.
- Crites, Ronald W & Tchuanoglus, George. 1984. *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. McGraw-Hill.
- Cooper P.F., Job G.D., Green M.B. and Shutes R.B.E. (1996). *Reed Beds and Constructed Wetland for Wastewater Treatment*. WRc Swindon, UK.
- Reed S.C., Crites R. and Middlebrooks E.J. (1995). *Natural Systems for*



Waste Management and
Treatment. 2nd Edition,
McGraw-Hill, New York,
United States.

UN-HABITAT, 2008. *Constructed
Wetlands Manual*. UN-
HABITAT Water for Asian
Cities Programme Nepal,
Kathmandu

Abdulgani, Hamdani. 2013.
*Perbaikan Kualitas Air
Limbah Industri Kerupuk
Dengan Sistem Subsurface
Flow Constructed Wetland
Menggunakan Tumbuhan
Typha Angustifolia*. Semarang.
UNDIP-Press

Triatmodjo, Bambang. 1995.
Hidraulika II. Yogyakarta.
Beta Offset