



Majelis Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Majelis Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Pidato Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor Prayatni Soewondo

**INOVASI TEKNOLOGI
DALAM PENGELOLAAN INFRASTRUKTUR
AIR LIMBAH DOMESTIK YANG
BERKELANJUTAN DI INDONESIA**

29 Juni 2012
Balai Pertemuan Ilmiah ITB

Hak cipta ada pada penulis

**Pidato Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**
29 Juni 2012

Profesor Prayatni Soewondo

**INOVASI TEKNOLOGI DALAM
PENGELOLAAN INFRASTRUKTUR
AIR LIMBAH DOMESTIK YANG
BERKELANJUTAN DI INDONESIA**



Majelis Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: INOVASI TEKNOLOGI DALAM PENGELOLAAN INFRASTRUKTUR AIR LIMBAH DOMESTIK YANG BERKELANJUTAN DI INDONESIA. Disampaikan pada sidang terbuka Majelis Guru Besar ITB, tanggal 29 Juni 2012.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama **7 (tujuh) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)**.
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama **5 (lima) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)**.

Hak Cipta ada pada penulis

Data katalog dalam terbitan

Prayatni Soewondo

INOVASI TEKNOLOGI DALAM PENGELOLAAN INFRASTRUKTUR AIR LIMBAH DOMESTIK YANG BERKELANJUTAN DI INDONESIA
Disunting oleh Prayatni Soewondo

Bandung: Majelis Guru Besar ITB, 2012

viii+46 h., 17,5 x 25 cm

ISBN 978-602-8468-55-8

1. Teknologi: Pengolahana limbah cair 1. Prayatni Soewondo

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, atas kehendak Allah dan rahmat Nya naskah pidato ilmiah ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas kesempatan yang diberikan untuk menyampaikan pidato ilmiah ini kepada sidang pleno Majelis Guru Besar ITB.

Isi tulisan ini merupakan rangkuman dari karya ilmiah dan kegiatan pengabdian masyarakat yang telah penulis lakukan dalam 15 tahun terakhir. Penulis akan membahas mengenai "**Inovasi Teknologi Dalam Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah Domestik Yang Berkelanjutan di Indonesia**". Adapun pembahasannya akan dibagi atas 5 bagian, yaitu :

- Bagian 1. Pendahuluan menguraikan kondisi pengelolaan air limbah secara umum dan bagaimana kondisi eksisting di Indonesia.
- Bagian 2. Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah Domestik yang menguraikan konsep system yang umumnya dikembangkan untuk suatu kota.
- Bagian 3. Potensi *sewerage* sebagai bioreactor: bila suatu kota atau kawasan perumahan menggunakan system terpusat, ternyata selama air limbah mengalir dan tinggal dalam saluran makan terdapat proses fisik dan biologis yang memungkinkan terjadinya penyisihan organik yang dinyatakan sebagai kandungan COD dan BOD nya. Karakteristik air limbah dan pola fluktuasi per minggu dan per hari dapat memperlihatkan

kan aktivitas penduduk yang tinggal dalam kawasan tersebut.

Bagian 4. Pengolahan Air Limbah Yang Berlanjutan: penggunaan *constructed wetland* untuk mengolah air limbah merupakan salah satu alternatif teknologi yang murah dan mudah. Pemanfaatan proses fisik, kimia dan biologi yang ada di alam digunakan dan melakukan rekayasa dapat ditingkatkan efisiensi penyisihannya dan kelemahan-kelemahan yang ada bila memilih teknologi ini dapat di perkecil. *Constructed wetland* digunakan untuk mengolah air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan domestik, industry kecil (seperti pabrik tahu dan rumah pemotongan hewan) dan proses daur ulang dari effluent IPAL.

Bagian 5. Penutup dan Harapan: menguraikan temuan dan harapan dalam pengelolaan air limbah domestik.

Pidato ini merupakan suatu bentuk pertanggungjawaban akademis dan komitmen penulis sebagai seseorang yang menduduki jabatan Guru Besar. Buku sederhana ini penulis dedikasikan untuk semua guru yang telah mendidik dan membimbing penulis.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Soepangat Soemarto, alm Prof Benny Chatib yang memberikan kepercayaan dan persetujuan dalam meneruskan Program S3. Selanjutnya kepada Prof Suprihanto Notodarmodjo, Prof Arwin Sabar, Prof Hang Tuah dan Prof Tarzan

Sembiring atas rekomendasi yang diberikan ke Guru Besar. Tidak lupa terima kasih kepada Prof. Udo Wiesmann (Promotor TU-Berlin), Dr. Ingo Meyer (TU-Berlin), Prof. Uwe Trogger (TU-Berlin), Prof. Josef Winter (TU-Karlsruhe), Prof Michael Sturm (FH-Koeln), Prof Otterphol (TU-Hamburg-Harburg), DAAD, Prof. Wisjnuprapto, Prof Enri Damanhuri, Dr. -Ing Marisa Handajani dan rekan-rekan staff pengajar Program Studi Teknik Lingkungan, FTSL-ITB atas segala kerjasamanya.

Akhirnya terima kasih kepada kedua orang tua (alm Prayitno Soewondo dan almh Nani Soerasno), bapa dan ibu mertua (alm Sarli Kusumodirdjo dan almh Esti Sarli) dan keluarga besar Soewondo dan keluarga besar Sarli atas segala dukungan dan perhatiannya. Terakhir suami alm Widyartono Sarli yang mendampingi penulis baik dalam suka dan duka, serta putri Prasanti Widiasih Sarli yang menjadi teman berdiskusi dan melewati masa sulit pada setahun terakhir ini. Insya Allah tulisan ini dapat bermanfaat.

Bandung, 29 Juni 2012

Prayatni Soewondo

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
1. PENDAHULUAN	1
2. PENGELOLAAN INFRASTRUKTUR AIR LIMBAH DOMESTIK	3
3. POTENSI <i>SEWERAGE</i> SEBAGAI BIOREAKTOR	7
3.1. Karakteristik Air Limbah Dalam <i>Sewerage System</i>	8
3.2. Studi Kinetika Pada <i>Sewerage System</i>	14
4. PENGELOLAAN AIR LIMBAH YANG BERKELANJUTAN	18
4.1. Gambaran Umum <i>Wetland</i>	19
4.2. Aplikasi <i>Constructed Wetland</i> Dalam Mengolah Air Limbah Domestik	22
4.3. Aplikasi <i>Constructed Wetland</i> Dalam Mengolah Air Limbah Industri Kecil	24
4.4. Aplikasi <i>Constructed Wetland</i> Dalam Mengolah Efluen IPAL	26
4.5. Studi Kinetika Pada <i>Horizontal Subsurface Constructed Wetland</i>	28
5. PENUTUP DAN HARAPAN	30
DAFTAR PUSTAKA	31
CURRICULUM VITAE	43

**INOVASI TEKNOLOGI
DALAM PENGELOLAAN INFRASTRUKTUR
AIR LIMBAH DOMESTIK YANG BERKELANJUTAN
DI INDONESIA**

1. PENDAHULUAN

Sumber pencemaran yang terjadi pada badan air berasal dari kegiatan domestik dan non domestik. Diperkirakan beban pencemaran yang berasal dari kegiatan domestik tersebut sekitar 70 %. Penduduk Indonesia yang berjumlah 237,5 juta orang (BPS, 2010), memiliki sanitasi dasar (*basic sanitation*) sebesar 69,51 % di daerah perkotaan dan 33,96 % di daerah pedesaan (Bappenas, 2009). Selain itu, kegiatan industri rumah tangga yang menyatu dengan daerah pemukiman juga cukup berperan dalam menambah beban pencemaran.

Pengelolaan limbah cair domestik, secara umum dapat dibagi atas 2 (dua) cara, yaitu : sistem setempat (*on site system*) dan sistem terpusat (*off site system*). Akses pelayanan limbah cair domestik di Indonesia dengan sistem terpusat baru mencapai 2 % yang hanya meliputi 11 kota di Indonesia. Mengacu pada target MDG pada tahun 2014, yang mana akses pelayanan limbah cair domestik dengan sistem terpusat diharapkan dapat mencapai 5 % melalui penambahan di 5 buah kota baru. Selain itu peningkatan menjadi 90 % dengan sistem setempat dan sisanya 5 % diharapkan dapat dicapai dengan mengembangkan sistem *decentralized*

system yang mana lebih mengarah pada komunal (Utomo, 2012).

Kondisi pengelolaan limbah cair domestik di Indonesia, baik secara sistem setempat ataupun sistem terpusat masih jauh dari kondisi ideal. Oleh sebab itu, perlu dicari pemecahan dan rekayasa untuk dapat mencegah semakin menurunnya kualitas badan air. *Sewerage system* yang telah diterapkan pada beberapa kota besar di Indonesia, secara alamiah dapat berfungsi sebagai bioreactor. Hasil penelitian pada saluran air limbah di Bandung dan kawasan perumahan Lippo Karawaci, Tangerang menunjukkan telah terjadi penyisihan organik maksimum sebesar 44 %. Melalui pendekatan model aliran *plug flow*, maka dapat diketahui seberapa besar penyisihan organik yang terjadi selama tinggal dalam jaringan saluran air limbah domestik suatu kota. Adanya perbedaan konsentrasi influent IPAL, antara perencanaan dan kondisi di lapangan, yang diakibatkan telah terjadi penyisihan organik selama tinggal dalam saluran air limbah domestik akan memberi informasi penting. Adanya selisih penyisihan organik yang telah terjadi selama tinggal dalam saluran, maka tentunya beban pengolahan di IPAL domestik di bagian hilir dapat ditingkatkan kapasitasnya. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memperluas areal pelayanan. (Soewondo, 2005b).

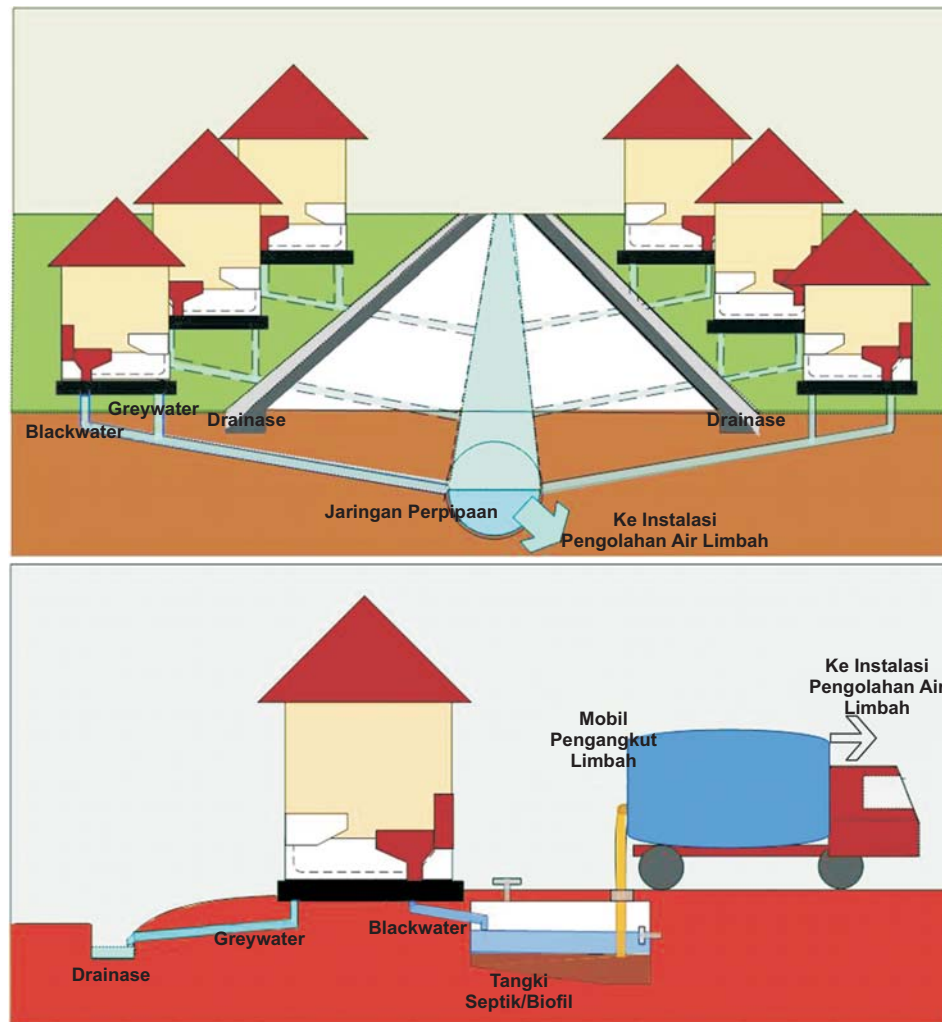
Pengolahan air limbah setempat yang saat ini umumnya di terapkan di Indonesia adalah menggunakan tangki septik. Selanjutnya effluent dari tangki septik dialirkan ke saluran kota ataupun saluran air hujan. Padahal kualitas air tersebut masih belum memenuhi baku mutu, sehingga masih

memerlukan pengolahan lanjut. Salah satu jenis pengolahan tingkat kedua yang dapat digunakan adalah lahan basah buatan (*constructed wetland*), yang merupakan teknik pengolahan air limbah yang mudah dan murah.

2. PENGELOLAAN INFRASTRUKTUR AIR LIMBAH DOMESTIK

Pengelolaan air limbah domestik dapat dibagi atas 2 bagian, yaitu sistem terpusat (*centralized system*) dan sistem setempat (*onsite system*). Gambar 2.1 memperlihatkan skematik sistem terpusat dan sistem setempat.

Dalam sistem pengolahan terpusat, air limbah domestik dari seluruh daerah pelayanan dikumpulkan melalui suatu saluran pengumpul, kemudian dialirkan ke saluran kota menuju ke tempat instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan atau dengan pengenceran tertentu (*intersepting sewer*). Bila kualitas effluent IPAL domestik telah memenuhi standar baku mutu, dapat dibuang ke badan air penerima. Pengolahan air limbah terpusat telah dikembangkan lebih dari 100 tahun yang lalu dan telah di aplikasikan di berbagai kota di berbagai negara. Sistem terpusat diterapkan pada lingkungan perkotaan, terutama yang padat penduduknya, lahan pekarangan sempit dan tidak tersedia lahan untuk membuat fasilitas sanitasi setempat.

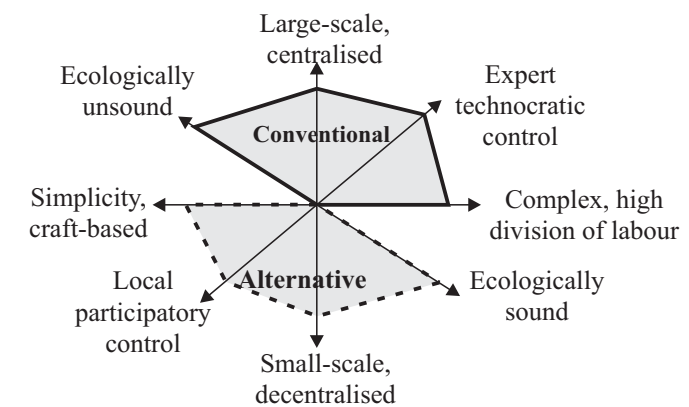


Gambar 2.1. Skematik sistem terpusat dan sistem setempat.

Dalam pengolahan sistem setempat tidak ada sistem saluran kota dan diterapkan pada lingkungan kecil yang mana masih tersedia lahan pekarangannya. Contoh jenis-jenis sistem setempat seperti : cubluk, pit latrine dan tangki septik.

Kedua paradigma konsep pengembangan sistem sanitasi antara

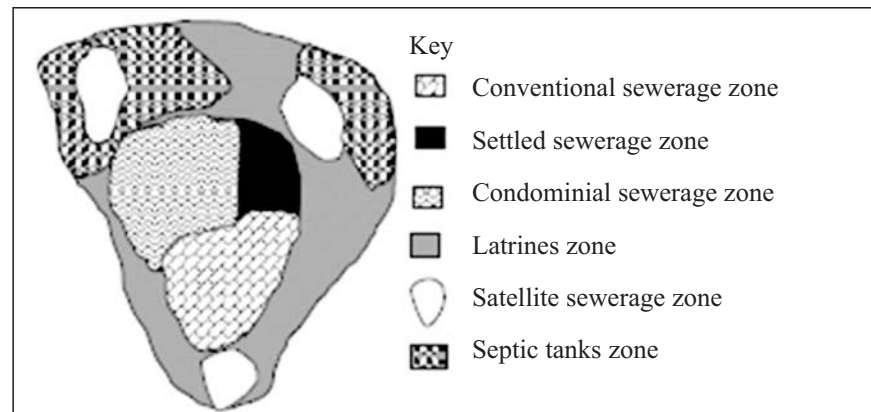
sistem terpusat dan setempat selalu menjadi perdebatan pada beberapa tahun terakhir, yang mana yang cocok diterapkan untuk suatu kota. Faktor pertimbangan utama, sistem mana yang dipilih antara lain adalah : kebutuhan air, air limbah yang dihasilkan, energi, luas area pelayanan dan lain-lain. Para ahli berpendapat bahwa sistem terpusat merupakan skala besar, lebih rumit dan tidak berbasis ekologis, sedangkan sistem setempat berskala kecil, desentralisasi, mengharapkan partisipasi masyarakat, sederhana dan berbasis ekologis. Smith, 2005 mencoba menggambarkan secara diagramatis klasifikasi antara sistem terpusat atau disebut juga sistem konvensional dan sistem setempat atau disebut juga sistem alternative dengan menggunakan axes multidimensi (gambar 2.2)



Gambar 2.2 Klasifikasi sistem sanitasi konvensional dan alternative dengan pendekatan axes multidimensi (Latema, S. et al, 2011 dikutip dari Smith, 2005)

Perkembangan pengelolaan infrastruktur air limbah domestic di Indonesia sampai saat ini relatif sangat lambat. Sementara perkembangan

penduduk yang terjadi pada kota-kota besar di Indonesia cukup pesat, sejalan dengan meningkatnya arus urbanisasi yang terjadi pada umumnya kota-kota besar di Indonesia. Limbah kegiatan domestik yang dihasilkan oleh aktivitas manusia tidak dapat di tahan dan setiap hari selalu terus di produksi. Peningkatan akses pelayanan air limbah domestik dapat dilakukan dengan pendekatan mixed sanitary antara sistem terpusat dan setempat seperti yang terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Skematik sistem *mixed sanitary* antara sistem terpusat dan sistem setempat (Letema, et al., 2011).

Disini dipetakan zone-zone akses pelayanan air limbah domestik dengan tetap mempertahankan sistem terpusat atau konvensional yang memang sudah ada. Bila letak lokasi perumahan jauh dari jangkauan saluran air limbah kota yang ada, maka dapat dikembangkan *satellite sewerage zone*, misalnya suatu lokasi pemukiman yang baru. Lokasi perumahan kumuh dengan kepadatan penduduk yang tinggi dapat dikembangkan dengan *small bore sewer* dan *shallow bore sewer*.

3. POTENSI SEWERAGE SEBAGAI BIOREAKTOR

Sistem penyaluran air limbah (*sewerage*) yang terencana merupakan salah satu sarana pendukung dalam usaha pengelolaan air limbah domestik secara terpusat (*centralized system* atau *off site system*). *Sewerage* yang ada di perkotaan umumnya sangat panjang dan sangat tergantung dari luas pelayanan kota itu sendiri. Pada saat perencanaan, umumnya kualitas air limbah domestik tidak pernah memperhatikan lama tinggalnya air limbah tersebut selama berada dalam *sewerage system*. Sebagai contoh kota Bandung yang mempunyai *sewerage system* sepanjang 304 km dan diperkirakan dari titik terjauh hingga sampai ke IPAL Bojongsoang diperlukan waktu kontak hidrolis sekitar lebih dari 4 jam. Sampai seberapa besar proses penyisihan organik yang terjadi di dalam saluran air limbah masih membutuhkan penelitian lebih lanjut. Menurut Warith et.al (1998) dalam saluran air limbah mempunyai potensi terjadinya menyisihkan material organik dan nutrisi melalui proses fisik, kimia, dan biologi yang terjadi secara alami.

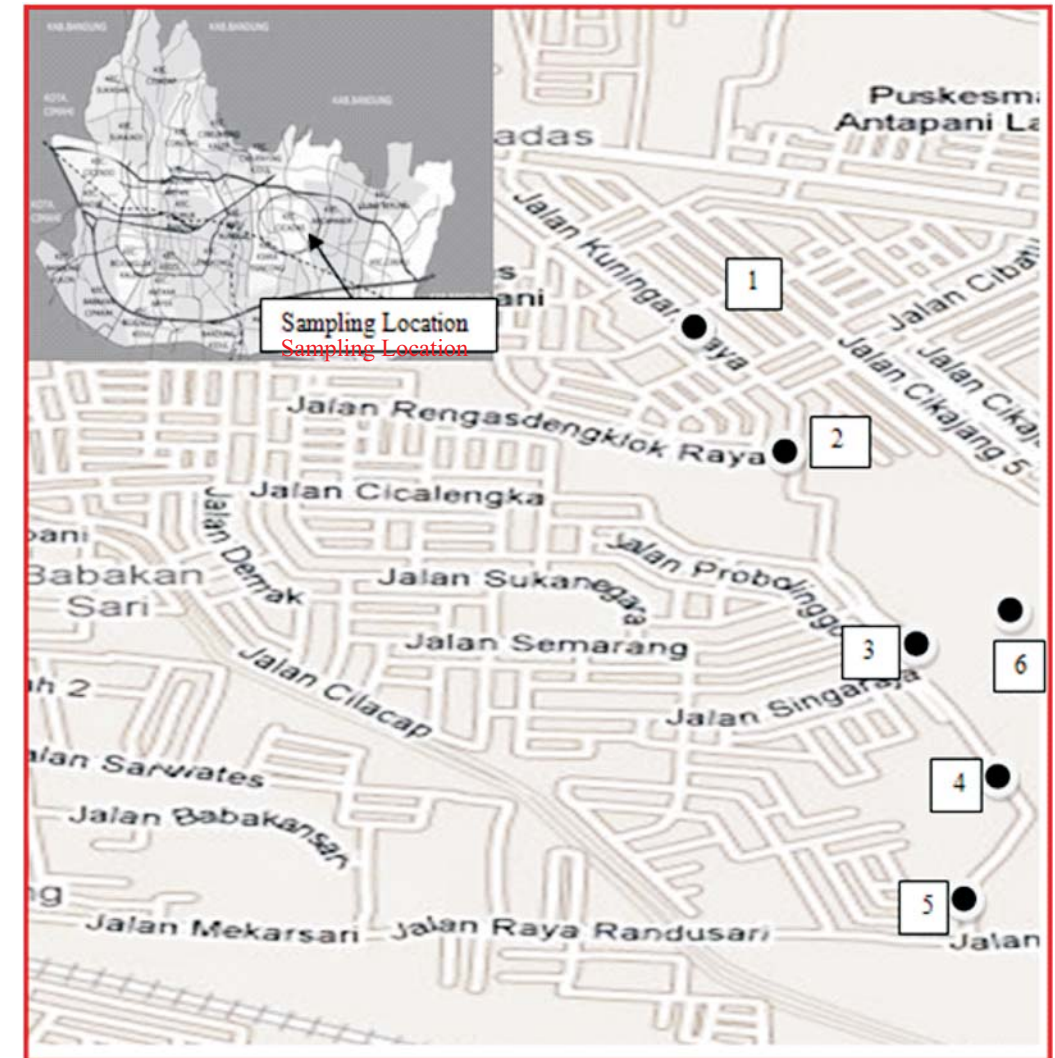
Dalam perencanaan sistem penyaluran limbah domestik secara terpusat, sampai saat ini selalu ditemui bahwa IPAL yang direncanakan untuk mengolah limbah cairnya bekerja di bawah kapasitas. Hal ini selain disebabkan oleh masih rendahnya akses pelayanan air limbah, juga adanya perubahan komposisi dan penyisihan organik yang terjadi di sepanjang sistem *sewerage* air limbah. Akses pelayanan air limbah domestik dapat ditingkatkan dengan memperhitungkan proses yang

terjadi dalam saluran air limbah, salah satunya adalah proses biodegradasi. Selama perjalanan dalam saluran, telah terjadi proses biodegradasi secara alamiah yang bermanfaat untuk mengurangi beban organik yang akan diterima oleh IPAL pada bagian hilirnya. Melalui perhitungan penyisihan yang terjadi pada saluran atau dengan kata lain fungsi saluran sebagai bioreaktor, maka tentunya beban pengolahan di IPAL eksisting dapat ditingkatkan.

3.1 KARAKTERISTIK AIR LIMBAH DALAM SEWERAGE SYSTEM

Karakteristik air limbah yang terdapat dalam sewerage system sangat tergantung dari pola aktivitas daerah yang di layani oleh sistem tersebut, yang tentunya sangat berpengaruh pada IPAL yang terletak pada bagian hilir dari sistem tersebut. Untuk melihat bagaimana karakteristik yang ada, maka dilakukan studi pada suatu segmen *sewerage system* yang diambil pada dua area pelayanan yang berbeda, yaitu kota Bandung dan kawasan perumahan Lippo Karawaci, Tangerang. Akses pelayanan air limbah kota Bandung yang menggunakan sistem terpusat saat ini hampir mencapai 60 % penduduk kota Bandung (PDAM, 2012), yang mana sebagian segmen dari *sewerage system* adalah tercampur dengan air hujan. *Sewerage system* kawasan perumahan Lippo Kawarawaci Tangerang adalah relatif lebih terkendali, karena termasuk dalam kawasan yang terencana dengan baik dan melayani sekitar 40.000 orang dan memiliki IPAL pada bagian hilir. Titik sampel limbah cair domestik pada musim

hujan, musim pancaroba, dan musim kemarau yang diambil dari lokasi penelitian yang ditinjau ditunjukkan pada gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 3.1. Lokasi Titik Sampling Jalan Terusan Kuningan – Jalan Cibodas, Bandung (Napitupulu, et al, 2009).



Gambar 3.1. Lokasi Titik Sampling Jalan Terusan Kuningan – Jalan Cibodas, Bandung (Napitupulu, et al, 2009).

Hasil analisa karakteristik sampel air dalam saluran air limbah pada kedua lokasi tersebut terlihat pada Tabel 3.1. Apabila dibandingkan dengan baku mutu PP. No.82/2001 kelas IV, maka karakteristik limbah cair di saluran berada diatas baku mutu, sehingga harus dilakukan pengolahan sebelum dialirkan ke badan air penerima.

Karakteristik air limbah sangat dipengaruhi oleh musim, disini terlihat bahwa antara musim hujan, pancaroba dan kemarau memiliki perbedaan yang cukup signifikan terutama parameter organik. Pengukuran organik pada musim hujan dan pancaroba memiliki variabilitas yang cukup besar yaitu sekitar 3-6 kali lebih besar dibandingkan pada musim kemarau dan tingkat pencemaran yang paling tinggi terjadi pada musim kemarau.

Tabel 3.1. Karakteristik limbah cair domestik dalam saluran di Antapani Bandung dan di kawasan Lippo Karawaci Tangerang.

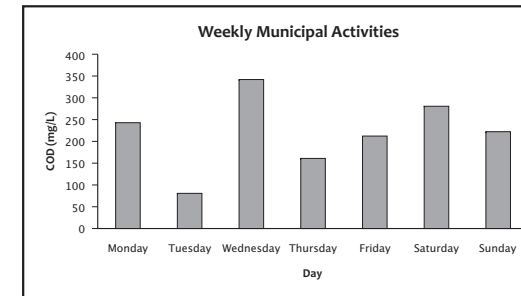
No	Parameter	Hujan ¹⁾	Pancaroba ¹⁾	Kemarau ²⁾	Hujan ³⁾	Kemarau ³⁾	Baku Mutu ⁴⁾
		Sewerage di Bandung			Sewerage di Tangerang		
1	TDS (mg/l)	88-389	143-378	3100-3378	100-413	152-505	1000
2	TSS (mg/l)	98-200	18-102	74-106	60-226	36-796	50
3	pH	7,16-7,50	6,43-7,06	7.349-7.543	6,55-6,83	5,54-6	6 – 9
4	DO (mg/l)	1.1-3.3	1.3-1.8	2.7-3.9	0.22-1.68	0.02-1.8	-
5	BOD (mg/l)	80-180	61,7-187	160-185	40-475	119-829	50
6	COD (mg/l)	102-345	128-706	266.3-294.3	10,04-26,18	8,02-56,43	100
7	TOC (mg/l)	7,63-50,43	16,09-64,5	40.82-51.86	14,83-212,39	16,3-407	-
8	Nitrit (mg/l)	0-0,03	0-0,03	0.396-0.464	0-0,04	0-0,07	1
9	Nitrat (mg/l)	1,41-25,32	1,89-24,4	0.068-0.112	0-0,49	0,32-2,43	10
10	Amonium (mg/l)	0,51-8,65	4,66-9,62	11.30-17.43	-	-	0,51
11	NTK (mg/l)	11,5-21,2	22,1-34,3	25.93-31.72	25,85-45,23	8,32-33,26	-
12	Total P (mg/l)	4,3-10,5	1,1-3,5	1.4-10.5	0,03-0,49	1,93-7,8	5
13	Oil & Grease (mg/l)	7,6-15,1	5,3-15,1	28-31.3	25-239	95-503	10
14	MBAS (mg/l)	0,03-2,7	2,46-7,31	2.72-4.39	0,6-1,37	0,67-3,58	0,5

Sumber : 1) Napitupulu, 2009; 2) Setyawan, 2010; 3) Kurniaputri, 2009; 4) PP 82,2001 Kls IV

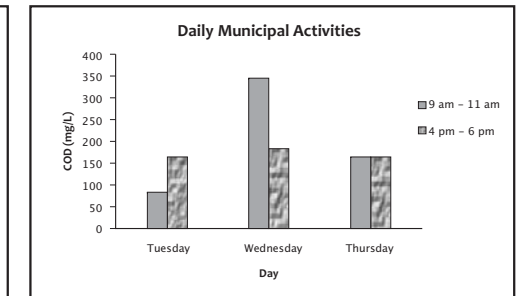
Hal yang sangat mempengaruhi karakteristik air limbah di setiap lokasi adalah pola aktivitas masyarakat dan *sewerage system* yang digunakan. Sistem saluran yang terpisah antara air limbah dan air hujan atau dikenal dengan sebutan *sanitary sewer* di terapkan di kawasan Lippo

Karawaci Tangerang. Pada kawasan terkendali menunjukkan karakteristik dalam rentang yang tidak terlalu bervariasi dan konsentrasi organik yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa faktor variabilitas di kawasan terkendali lebih rendah mengingat pengaruh air hujan, infiltrasi, dan kontaminasi dari limbah industri sangat minim. Saluran air limbah di Lippo Karawaci Tangerang melayani sebagian kawasan perumahan di Lippo Central, hotel, mall, dan restoran. Oleh karena itu, kandungan minyak lemaknya yang tinggi. Konsentrasi minyak dan lemak di kedua musim melebihi baku mutu air buangan. Konsentrasi yang berlebih, mengganggu transfer oksigen dari atmosfer ke dalam air dan laju pertumbuhan mikroorganisme menjadi terbatas sehingga proses degradasi materi organik di dalam saluran oleh mikroorganisme terhambat. Konsentrasi oksigen terlarut dalam saluran air limbah di Lippo Karawaci umumnya lebih rendah daripada Antapani Bandung, yaitu sekitar 0.02-1.8 mg/l. Rendahnya konsentrasi oksigen terlarut ini dapat menyulitkan proses biodegradasi secara aerob.

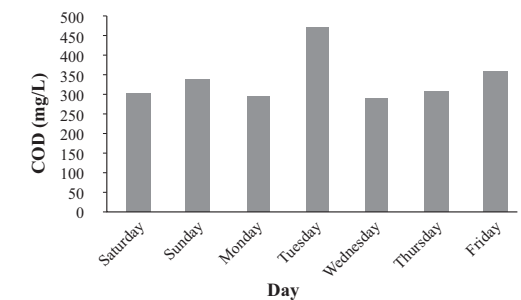
Untuk mengetahui fluktuasi kualitas air dalam saluran selama satu minggu, maka telah dilakukan analisa kualitas air di Bandung (lihat gambar 3.3) dan di daerah pemukiman Lippo Karawaci Tangerang (lihat gambar 3.4).



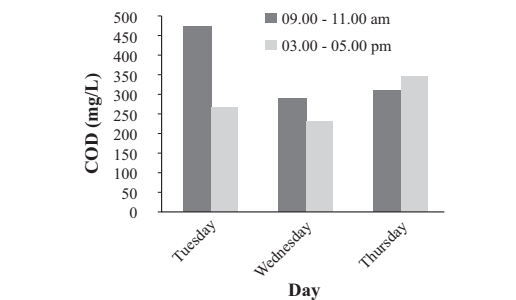
Gbr. 3.3a Kadar COD selama seminggu di Bandung



Gbr. 3.3b Kadar COD sehari-hari di Bandung



Gbr. 3.4a Kadar COD selama seminggu di Lippo Karawaci Tangerang



Gbr. 3.4b. Kadar COD sehari-hari di Lippo Karawaci Tangerang

Pemukiman Lippo Karawaci hampir merupakan suatu kota kecil yang terencana fasilitas infrastruktur sanitasi dengan baik, yang mana pada daerah tersebut tidak hanya terdapat pemukiman, tetapi juga terdapat fasilitas komersial dan fasilitas pendidikan. Disini terlihat bahwa kadar organik tertinggi terjadi pada hari Selasa dan terendah terjadi pada hari Rabu. Bila diperhatikan pola aktivitas hariannya, maka ternyata air limbah dengan kadar organik yang tinggi terjadi pada pagi hari dibandingkan pada saat sore hari, kecuali pada hari Kamis. Sedangkan di Kota Bandung dengan akses layanan air limbah lebih tinggi, beban organik maximum

terjadi pada hari Rabu dan terendah terjadi pada hari Selasa. Karena jumlah layanan dan pola aktivitas dan fungsi dari kedua kota tersebut tidak sama, maka karakteristik kualitas dan kuantitas air limbah yang dihasilkan pun sedikit berbeda.

3.2 STUDI KINETIKA PADA SEWERAGE SYSTEM

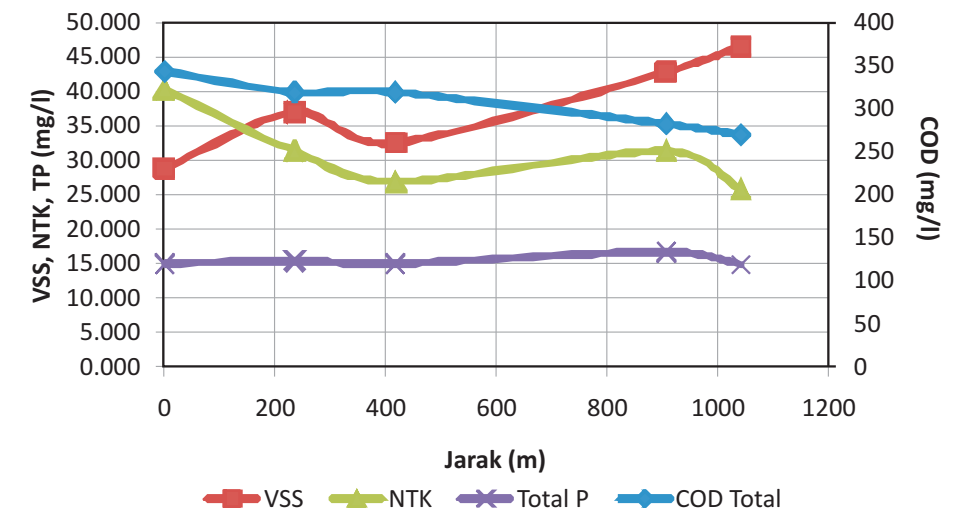
Studi untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi proses biologis dalam saluran *sewerage* sampai saat ini masih sangat langka, terutama parameter-parameter utama dari kinetiknya. Melalui studi karakteristik dan pola fluktuasi kuantitas dan kualitas suatu segmen dalam sistem jaringan air limbah pada berbagai kondisi musim yang berbeda, maka dapat diketahui pola degradasinya sehingga dapat diperoleh pendekatan-pendekatan model pertumbuhan mikroorganisme yang paling sesuai. Angka-angka kinetika yang diperoleh, dapat diperkirakan biodegradasi yang akan terjadi. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi saluran air limbah sebagai bagian yang terintegrasi dari sistem pengolahan air limbah domestik.

Proses Biodegradasi dalam *sewerage* system ditunjukkan dengan menurunnya materi organik yang diwakili oleh parameter COD dan meningkatnya biomassa yang diwakili oleh parameter VSS. Berdasarkan data sekunder dari IPAL Bojongsoang, Desember 2008, konsentrasi COD di inlet IPAL adalah 166,4 mg/l, sedangkan pada data karakteristik sampel pada musim hujan, konsentrasi COD pada rentang 102-345 mg/l, pada

musim pancaroba 128-706 mg/l, pada musim kemarau 266-294 mg/l. Nilai COD yang didapat lebih tinggi dari nilai COD pada inlet Bojongsoang, hal ini menunjukkan adanya proses di sepanjang saluran air buangan dengan jarak 5 km sebelum masuk IPAL Bojongsoang yang memungkinkan konsentrasi COD menurun selama perjalanan menuju IPAL.

Contoh profil yang menunjukkan terjadinya proses biodegradasi dalam saluran *sewerage* di Antapani Bandung ditunjukkan oleh Gambar 3.4. Sample air diambil pada saluran pipa sepanjang 1042.5 meter dengan diameter pipa antara 500-800 mm. Pemilihan lokasi tersebut berdasarkan pertimbangan seminimum mungkin adanya infiltrasi yang tidak terdata.

Disini terlihat adanya penurunan organik dan peningkatan biomassa begitu juga dengan penurunan Nitrogen dan phosphat yang menunjukkan terjadinya proses biodegradasi dalam *sewerage* system.



Gambar 3.5 Profil Biodegradasi Pada Segmen *Sewerage* di Bandung

Penentuan kinetika biodegradasi pada *sewerage* menggunakan pendekatan dari aliran pada *plug flow reactor*. *Plug Flow Reactor* (PFR) atau reaktor aliran sumbat ditandai dengan rasio lebar per panjang yang besar. Suspensi nutrisi masuk ke dalam reaktor melalui *inlet* sementara biomassa dan produk keluar melalui titik outlet. PFR ditunjukkan dengan adanya gradien konsentrasi searah aliran dan diharapkan tidak terjadi pencampuran dalam arah aliran.

Dengan asumsi keadaan *steady state*, maka kesetimbangan massa pada *plug flow reactor* adalah sebagai berikut :

- Untuk spesies S:

$$v_z \frac{[C_{SZ}]_z - [C_{SZ}]_{z+\Delta z}}{\Delta z} R_{SZ} \dots\dots\dots(3.1)$$

- Untuk spesies M:

$$v_z \frac{[C_{MZ}]_z - [C_{MZ}]_{z+\Delta z}}{\Delta z} R_{MZ} \dots\dots\dots(3.2)$$

- Untuk spesies P:

$$v_z \frac{[C_{Pz}]_z - [C_{Pz}]_{z+\Delta z}}{\Delta z} R_{Pz} \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan mengetahui data kecepatan aliran, panjang saluran, konsentrasi substrat atau COD, dan konsentrasi VSS di sepanjang saluran yang diambil pada musim kemarau, maka diperoleh nilai R_{Mz} atau μ (lihat table 3.2, 3.3 dan 3.4).

Tabel 3.2 Data VSS dan COD untuk Perhitungan μ

titik sampling (mg/l)	M1		M2		M3		M4		M5	
	VSS	COD	VSS	COD	VSS	COD	VSS	COD	VSS	COD
Senin	18,37	358,8	41,18	248,4	36,16	184	48,05	174,8	54,90	156,4
Selasa	28,80	343,48	36,97	318,93	32,55	318,93	42,84	282,13	46,57	269,87
Rabu	27,73	374,1	46,16	288,26	35,82	282,13	43,62	208,53	47,70	177,867

Tabel 3.3 Data Kecepatan dan Jarak untuk Perhitungan μ

titik sampling	M1-M2	M2-M3	M3-M4	M4-M5	
ΔZ (m)	235	182,5	490	135	
Kecepatan aliran (m/s)	Senin	0,613	0,936	0,446	0,582
	Selasa	0,613	0,957	0,309	0,611
	Rabu	0,613	1,022	0,964	0,653

Tabel 3.4. Nilai μ (/jam)

Hari	Ttitik Sampling			
	M1-M2	M2-M3	M3-M4	M4-M5
Senin	11,67	2,25	1,08	2,21
Selasa	2,66	2,26	0,72	1,42
Rabu	6,24	4,52	1,54	1,63

Setelah diperoleh nilai μ , maka nilai μ_{maks} dan K_s dapat diperoleh dengan analisis regresi linier atau menggunakan metode Lineweaver-Burkplot sesuai dengan model yang digunakan, dalam penelitian ini dicoba model monod, contois, dan logistik. Hasil perhitungan angka-angka kinetika masing-masing model pada musim kemarau diperoleh nilai μ_{maks} dan K_s terlihat pada table 3.5.

Tabel 3.5. Angka-angka kinetika model monod, contois, dan logistik

	model monod		model contois		model logistik	
	μ_{maks}	Ks	μ_{maks}	Ks	μ_{maks}	Ks
Senin	1,97	431,69	1,87	12,44	0,044	410,44
Selasa	0,22	363,71	0,27	10,78	0,008	10,82
Rabu	2,38	546,19	1,04	10,62	0,023	10,19

Dari angka-angka kinetika yang diperoleh terlihat adanya perbedaan nilai μ_{maks} dan Ks untuk masing-masing model pertumbuhan mikroorganisme. Hal ini disebabkan karena masing-masing model pertumbuhan memiliki fungsi masing-masing yang sesuai pada pada kondisi tertentu. Untuk mengetahui model pertumbuhan mikroorganisme yang paling sesuai dengan kondisi pada *sewerage*, maka angka-angka kinetika ini perlu di aplikasikan ke dalam model biodegradasi melalui pendekatan *plug flow* reaktor.

4. PENGOLAHAN AIR LIMBAH YANG BERKELANJUTAN

Pemilihan teknologi pengolahan air limbah untuk sistem setempat, khususnya untuk mengolah air limbah domestik maka akan dipilih teknologi pengolahan yang mudah murah dan sederhana. Hasil penelitian karakteristik air limbah pada *sewerage system* di Bandung menunjukkan adanya air limbah yang berasal dari industri kecil yang masuk kedalam sistem tersebut. Disini terlihat, bahwa industri skala rumah tangga, juga sangat berperan dalam meningkatkan pencemaran

badan air, seperti industri tahu, rumah pemotongan hewan dan lain-lain. Salah satu teknologi pengolahan air limbah yang dapat diterapkan adalah *constructed wetland* (*wetland* buatan atau lahan basah buatan).

4.1 GAMBARAN UMUM WETLAND

Wetland merupakan suatu ekosistem yang berupa lahan basah, yang mana secara garis besar dapat dibagi dua, yaitu : *wetland* alami (*natural wetland*) dan *wetland* buatan (*constructed wetland*). Sebagai contoh dari *wetland* alami adalah kolam, rawa-rawa, sedangkan *wetland* buatan adalah sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang telah didesain dan dikonstruksi untuk menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi lahan basah, tanah dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah.

Penggunaan *wetland* dalam pengolahan air limbah telah dilakukan sejak puluhan tahun yang lalu, terutama di daerah *rural* di Eropa. Saat ini penggunaan *wetland* dikembangkan kembali dengan mengembangkan teknologi pada media dan mikroorganisme, terutama bila di manfaatkan untuk mengolah air limbah yang sulit terdegradasi, misalnya limbah minyak. Beberapa keuntungan penggunaan *wetland* adalah kemungkinan penyediaan air (mengisi air tanah, irigasi), baik untuk kontrol hidrolik (perluasan kolam untuk pencegahan banjir), eksploitasi kegiatan penambangan (pasir dan kerikil), pemanfaatan tanaman yang digunakan pada *wetland* (bahan dasar untuk pakan ternak, kosmetik, obat-obatan, kertas, pupuk, tanaman hias), kehadiran binatang-binatang (unggas yang

bermigrasi), kehadiran ikan dan hewan invertebrata, kemungkinan penggunaan *integrated production* (pertambahan ikan dikombinasikan dengan pengolahan padi), mengontrol erosi dan penggundulan, dan memberikan kontribusi dalam keanekaragaman hayati, kemungkinan penggunaan sebagai sumber energi (listrik tenaga air, matahari, panas, gas, biomass) dan yang terakhir untuk pendidikan dan rekreasi. (Mitsch & Gosselink 1986, Sather et al 1990, Whigham & Brinson 1990).

Wetland alami memiliki karakteristik yang spesifik terhadap komponen fungsionalnya. Hasil pengolahan limbah yang diperoleh dari suatu tipe *wetland* pada suatu daerah belum tentu memberikan hasil yang sama pada daerah yang berbeda meskipun jenis limbahnya sama. Meskipun dapat diamati peningkatan kualitas limbah cair yang telah melewati suatu *wetland* alami, tidak mungkin untuk memperoleh hitungan yang tepat terhadap kemampuan penguraian dari *wetland* tersebut. Pada pertengahan tahun 1970-an, sudah banyak dilakukan penelitian pemanfaatan perencanaan dan pengontrolan kapasitas kemampuan penguraian dari beberapa *wetland* alami untuk mengetahui kualitas air yang tepat. Hasil dari penelitian *wetland* alami selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk mengetahui desain rekonstruksi atau ciptaan lahan basah buatan untuk mengolah limbah cair.

Wetland buatan memiliki susunan media (tanah) yang jauh berbeda dengan *natural wetland* karena telah didisain seoptimal mungkin untuk memudahkan pergerakan air. Perbedaan yang paling jelas yaitu pada

keanekaragaman hayati. *Natural wetland* memiliki tingkat keanekaragaman dan kerapatan vegetasi yang tinggi dibandingkan *wetland* buatan karena vegetasi yang ada telah terbentuk secara alami dan dibiarkan tumbuh secara alami. Sedangkan untuk *wetland* buatan biasanya didisain hanya memiliki satu jenis vegetasi. Meskipun tiap tahun kerapatannya semakin bertambah, kerapatan pada *wetland* buatan tetap rendah karena dilakukan pembersihan (panen) untuk mengurangi kepadatan pada *wetland*.

Wetland buatan telah dimanfaatkan selama berabad-abad di berbagai belahan negara untuk mengolah limbah cair baik domestik maupun non-domestik. Umumnya *wetland* buatan digunakan sebagai kolam penyimpanan sebelum di buang ke lingkungan atau badan air. Sehingga diperlukan pengolahan awal pada air limbah cair sebelum dialirkan ke *wetland*.

Aplikasi *wetland* saat ini sudah banyak digunakan di berbagai negara untuk pengolahan limbah cair. Banyak penelitian yang telah dilakukan oleh universitas-universitas dan lembaga-lembaga penelitian lainnya di Inggris, Denmark, Jerman, Amerika Serikat, Austria dan lain-lain. Sejak 15 tahun yang lalu negara-negara tersebut telah melakukan penelitian baik dalam skala pilot maupun lapangan untuk menentukan model dan proses kinetik, memanfaatkan data dari pemantauan yang diperoleh berdasarkan kondisi cuaca pada area, karakteristik dari limbah cair dan penerapan solusi teknik.

Wetland buatan dapat memberikan efisiensi yang diinginkan

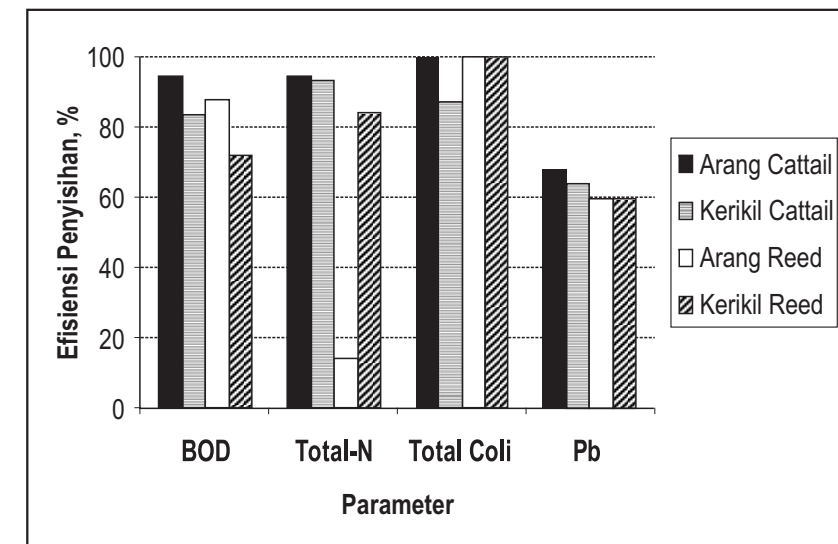
berdasarkan pengetahuan tentang jenis substrat, tipe vegetatif dan *hydraulic path*. Selain itu, *wetland* buatan ramah terhadap lingkungan (alam), fleksibel dalam dimensi dan solusi geometris, dan kontrol terhadap *hydraulic path* dan waktu detensi.

4.2 APLIKASI CONSTRUCTED WETLAND DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK

Faktor yang mempengaruhi dalam pengolahan air limbah dengan *constructed wetland* adalah jenis tanaman yang digunakan, waktu kontak hidraulis, kualitas dan kuantitas air limbah yang diolah dan modifikasi yang dilakukan, misalnya terhadap jenis media, menambah aerasi pada media, menambah waktu kontak hidraulis dan lain-lain. Penempatan unit *constructed wetland*, selalu pada pengolahan tingkat kedua atau ketiga dan hindarkan penempatan pada tingkat pertama.

Usaha untuk meningkatkan efisiensi pengolahan dalam *constructed wetland* adalah melakukan modifikasi pada media. Salah satu uji coba di lapangan yang dilakukan di Pusda kota Surabaya dengan melakukan pemisahan antara *black water*, *grey water* dan *yellow water*. Selanjutnya *grey water* dilakukan pengolahan dengan menggunakan *constructed wetland* dengan menambahkan media arang dan media kerikil. Jenis tumbuhan uji yang digunakan adalah *Cattail* dan *Reed*. Perbandingan efisiensi penyisihan kadar organik sebagai BOD, total N, total coli dan salah satu golongan logam berat Pb terlihat pada Gambar 4.1.

Efisiensi penyisihan BOD rata-rata pada media Arang-*Reed* sebesar 88 %, media Kerikil-*Reed* 71 %, media Arang-*Cattail* 93 %, media Kerikil-*Cattail* 78 %. Kecenderungan efisiensi penyisihan BOD lebih besar pada tumbuhan *Cattail*, akan tetapi efisiensi penyisihan konsentrasi BOD real (media-tumbuhan; kontrol) dari tumbuhan uji menunjukkan bahwa tumbuhan *Reed* memiliki kemampuan efisiensi penyisihan yang lebih besar yaitu 7% pada media arang dan 14 % pada media kerikil, sedangkan efisiensi penyisihan tumbuhan uji real pada tumbuhan *Cattail* sebesar 7 % pada media arang dan 10 % pada media kerikil. Sedangkan untuk media tumbuh, efisiensi lebih besar ditunjukkan oleh media arang dibandingkan pada media kerikil untuk kedua tumbuhan uji yang digunakan.



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Efisiensi penyisihan BOD, Total N, Total Coli, Pb pada ke empat unit *HSF Wetland* dengan variasi media dan jenis tumbuhan (Akbar, et al, 2005).

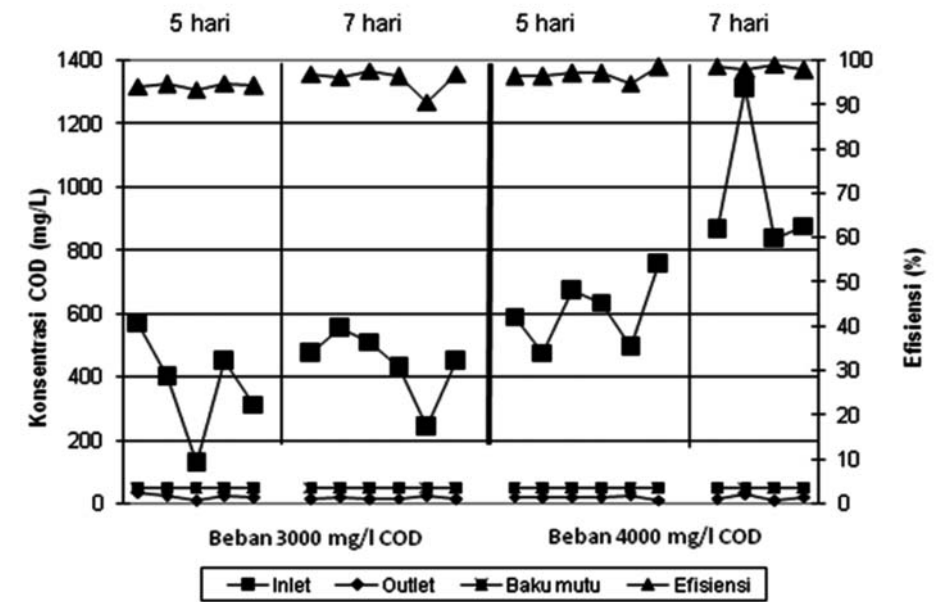
Efisiensi penyisihan Total N terbesar dicapai oleh media Arang-*Cattail* sebesar 94,5 % disusul Kerikil-*Cattail* sebesar 93,4 % lalu Kerikil-*Reed* sebesar 84 % dan Arang-*Reed* sebesar 14 %. Pengaruh tumbuhan dalam penyisihan total N ini sangat kecil, dibawah 10%. Efisiensi penyisihan indikator pathogen yaitu coliform pada semua media sangat baik, mencapai 99,99 %, untuk Kerikil-*Cattail* penyisihan hanya 85 %. Penyisihan bakteri pathogen dan virus meliputi proses filtrasi, sedimentasi, absorpsi dan kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi pathogen.

4.3 APLIKASI CONSTRUCTED WETLAND DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH INDUSTRI KECIL

Industri kecil ataupun industri rumah tangga umumnya bersifat konvensional dengan peralatan sederhana dan pada umumnya tidak memiliki sistem pengolahan limbah, sehingga air limbah proses produksi langsung dibuang ke sungai maupun badan air lain. Kurangnya penanganan terhadap limbah cair ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan dan semakin parahnya kondisi badan air.

Salah satu contoh air limbah industri kecil berasal dari RPH dan pabrik Tahu dengan perbandingan 1:1 dilakukan pengolahan dengan menggunakan dua tingkat pengolahan, yaitu ABR (*anaerobic baffled reactor*) dan *constructed wetland* (CW). Limbah asli yang digunakan di variasikan konsentrasi influent, yaitu : 3000 dan 4000 mg/l COD. Dua jenis tanaman

yang banyak terdapat di Indonesia digunakan pada unit WR, yaitu : *Sagittaria lancifolia* dan *Scirpus grossus*. Waktu kontak hidraulis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah 5 dan 7 hari. Gambar 4.2 memperlihatkan efisiensi penyisihan COD dengan variasi waktu detensi dan beban pengolahan pada jenis tanaman *Sagittaria lancifolia* di unit WR, sedangkan perbandingan dengan tanaman *Scirpus grossus* terlihat pada tabel 4.1.



Gambar 4.2 Efisiensi penyisihan COD dengan variasi waktu kontak hidraulis dan beban pengolahan pada *Sagittaria lancifolia* (Soewondo, et al, 2007).

Berdasarkan tingkat penyisihan, *Sagittaria lancifolia* dan *Scirpus grossus* memiliki kemampuan penyisihan parameter pencemar berbeda yang tergantung pada beban COD, HRT, dan jenis parameter pencemar.

Sagittaria lancifolia lebih efektif dalam menyisihkan BOD, NTK, dan Total Phosphat pada beban ABR 3000 mg/l COD untuk HRT= 5 hari yaitu masing-masing sebesar 3,56 g/m².hari; 0,59 g/m².hari; dan 0,05 g/m². hari dengan efisiensi penyisihan 94,32 %; 68,98 %; dan 86,49 %. Sedangkan *Scirpus grossus* lebih efektif dalam menyisihkan COD dan Total Solid pada beban ABR 4000 mg/l COD yaitu masing-masing sebesar 16,67 g/m².hari (waktu detensi 7 hari) dan 24,65 g/m².hari (HRT= 5 hari) dengan efisiensi penyisihan 98,29 % dan 66,74 %.

Tabel 4.1 Efisiensi Penyisihan COD pada Reaktor *Constructed Wetland* dengan Variasi Waktu dan Beban Pengolahan

Reaktor	COD Influen ABR (mg/L)	HRT (hari)	Influen (mg/L)	Efluen (mg/L)	Efisiensi (%)
<i>Scirpus grossus</i>	3000	5	415	38	90,7
		7	367	33,4	91,02
<i>Scirpus grossus</i>	4000	5	616	44,7	92,1
		7	1202	21,2	98,29
<i>Sagittaria lancifolia</i>	3000	5	371	21	94
		7	407	16,12	95,74
<i>Sagittaria lancifolia</i>	4000	5	602,5	19	96,7
		7	971,4	16,87	98,31

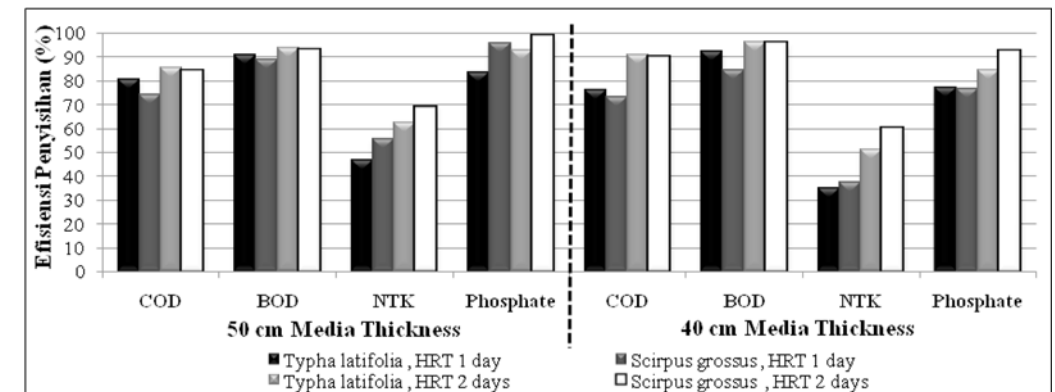
Sumber : Soewondo, et al, 2007

4.4 APLIKASI CONSTRUCTED WETLAND MENGOLAH EFLUEN IPAL

Dewasa ini telah banyak dikembangkan berbagai teknologi pengolahan tingkat lanjut dan modifikasi dari pengolahan eksisting untuk mengatasi permasalahan akan kebutuhan air. Oleh sebab itu, dalam

penelitian digunakan *constructed wetland* untuk mengolah effluent suatu IPAL Bojongsoang di Bandung. Dengan menerapkan sistem tersebut, diharapkan air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan selanjutnya. Diharapkan pemanfaatan sistem daur ulang air limbah akan dapat mengatasi permasalahan persediaan cadangan air tanah demi kelangsungan kegiatan industri dan kebutuhan masyarakat akan air.

Empat buah reactor *wetland* dijalankan secara parallel dengan kondisi operasi masing-masing berbeda, yaitu jenis tanamannya, tinggi media dan dilakukan modifikasi dengan penambahan aerasi dan tanpa aerasi. Gambar 4.3 memperlihatkan pengaruh jenis tanaman dan ketebalan media.



Gambar 4.3 Pengaruh jenis tanaman dan waktu detensi hidraulis (Rinarti, et al, 2011)

Disini terlihat bahwa, penyisihan COD dan BOD pada kedua ketebalan media yang berbeda dengan HRT 2 hari untuk tanaman *Typha latifolia* menghasilkan efisiensi yang lebih baik dari pada *Scirpus grossus*,

Sedangkan untuk parameter NTK dan total phosfat penggunaan tanaman *Scirpus grossus* penyisihannya lebih baik. Akar tanaman disini berfungsi sebagai tempat tinggalnya mikroorganisma yang akan juga membantu dalam proses biodegradasi.

4.4 STUDI KINETIKA PADA HORIZONTAL SUBSURFACE CONSTRUCTED WETLAND

Dalam perencanaan *constructed wetland*, nilai konstanta temperatur (K_T) dan hydraulic conductivity (K_s) merupakan parameter penting. Nilai K_T diperlukan untuk menentukan luas permukaan (*surface area*) *constructed wetland* dan K_s diperlukan untuk menentukan luas potongan (*sectional area*).

Perhitungan K_T terlihat sebagai berikut:

$$K_T = -\frac{\ln(C_e/C_0)}{t} \dots\dots\dots(4.1)$$

- dimana, C_e = effluent COD (mg/L)
 C_0 = influent COD (mg/L)
 t = HRT (day)
 K_T = Temperature constant (/day)

Nilai K_T dari penelitian diperoleh pada rentang 0,6/hari dan 2,5/hari. Faktor yang mempengaruhi nilai K_T adalah konsentrasi influent dan effluent, media dan mikroba yang ada. Semakin kecil nilai K_T yang diperoleh, maka dibutuhkan semakin luas permukaan lahan yang diperlukan.

Perhitungan K_s terlihat sebagai berikut :

$$K_s = \frac{Q}{A_c x S} \dots\dots\dots(4.2)$$

- Dimana, A_c = section area dari constructed wetland (m²)
 Q = flowrate (m³/hari)
 K_s = hydraulic conductivity (m³/m²/hari)
 S = Slope=0.01

Hasil perhitungan K_s diperoleh 24.62 m³/m²/hari dan 12.1 m³/m²/hari, yang menunjukkan kecepatan aliran air limbah melalui media. Faktor yang mempengaruhi dalam nilai tersebut adalah debit aliran, *slope* dan *sectional area*. Semakin besar porositas dari media, maka nilai K_s yang diperoleh akan lebih besar. Tabel 4.2 memperlihatkan perbandingan nilai K_T and K_s .

Tabel 4.2. Perbandingan nilai K_T dan K_s

Reaktor CW	C _{COD,0} (mg/L)	Jenis tanaman	K_T (hari ⁻¹)	K_s (m ³ /m ² /hari)
Tanpa aerasi	3000 dan 4000	<i>Scirpus grossus</i>	0,52 – 0,69	1,41 – 2,12
Tanpa aerasi	4000, 5000 dan 6000	<i>Scirpus grossus</i>	0,27 – 0,55	1,41 – 2,12
Tanpa aerasi	100 dan 300	<i>Typha latifolia</i>	0,21 – 0,40	18,75 – 31,53
Tanpa aerasi	100 – 200	<i>Scirpus grossus</i>	0,8 – 1,2	12,1 – 24,62
Tanpa aerasi	100 – 200	<i>Typha latifolia</i>	0,7 – 1,4	12,1 – 24,62

Sumber : Rinarti, et al, 2011

5. PENUTUP DAN HARAPAN

Hasil kajian pengelolaan air limbah domestic di Indonesia, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Hasil kajian memperlihatkan, bahwa karakteristik air limbah cair yang terdapat dalam *sewerage system* harus dilakukan pengolahan pada bagian hilirnya. Ketidak adaannya pengelolaan air limbah domestik dapat semakin memperparah kondisi kualitas badan air di Indonesia. Mengetahui karakteristik air limbah yang dihasilkan untuk suatu daerah pemukiman atau kota, maka dapat diketahui pola aktivitas terjadi pada daerah tersebut.
- Saluran air limbah dalam pengelolaan air limbah domestik sistem terpusat dapat berfungsi sebagai bioreactor, sehingga hal ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kapasitas pengolahan IPAL domestik yang ada pada bagian hilirnya.
- Penerapan pengolahan air limbah setempat pada pengolahan tingkat kedua, dapat menggunakan *constructed wetland*. Aplikasi *constructed wetland* telah berhasil digunakan untuk mengolah air limbah domestik, juga air limbah industri kecil seperti air limbah yang berasal dari rumah potong hewan dan industri tahu. Melalui modifikasi media dan waktu tinggal dapat meningkatkan efisiensi dari pengolahan.
- Pemikiran pemanfaatan kembali (*water reuse*) hasil pengolahan

limbah cair domestik suatu IPAL sebaiknya sudah mulai dilakukan untuk menjawab keterbatasan sumber air baku. Pemanfaatan *constructed wetland* dalam mengolah effluent IPAL Bojongsoang telah menunjukkan hasil yang sangat baik, sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan industri, irigasi dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Akbar, C. and Soewondo, P., The Study of Horizontal Subsurface Flow Wetland Capability for Domestic Wastewater Treatment, Case Study: Urban Community Empowerment Center Surabaya, Faculty of Civil Engineering and Planning Seminar, ITB Bandung. March, 2005
- 2 Letema, S., Van Vliet, B. And Van Lier, J.B. : Innovations in Sanitation for Sustainable Urban Growth; Modernized Mixtures in an East African Context, 2011
- 3 Napitupulu, I.D., Setiyawan, A.S. dan Soewondo, P. : Fluktuasi Kandungan Oganik Air Limbah Di Sewerage Sebagai Bioreaktor (Studi Kasus : Kota Bandung), Jurnal Lingkungan Tropis, Edisi Khusus Agustus 2009
- 4 Rinarti, A., Dwi, A.R., Handajani, M. and Soewondo, P. : "The Effect of Aeration and Reactor's Media Thickness in the Organic Removal of Bojongsoang WWTP's Effluent Using Horizontal Subsurface Flow in a Constructed Wetland", Environmental Technology and Management Conference 4th ETMC, November 3rd -4th, 2011, Bandung, West Java, Indonesia

- 5 Soewondo, P., Setyawan, A.S., Napitupulu, I.D. and Kurniaputri, H. : "Comparator of Fluctuation Organic Material in Sewerage System In Bandung City and Lippo Karawaci Residence, Tangerang", Technical Report of ITB Research Grant 2009.
- 6 Soewondo, P., Firdayati, M. dan Setiyawan, A.S.: "Pemanfaatan Constructed Wetland dalam Mengolah Limbah Cair Industri Makanan Dengan *Sagittaria Lancifolia* dan *Scirpus Grossus*", Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 2007, 17-18 Desember 2007, ISSN 0854-7769, 2007, 14, p. 1-11.
- 7 Soewondo, P., Firdayati, M., Sonie, R. and Setiyawan, A.S.: "The Using of Modification of Constructed Wetland to Treat Wastewater From Small Scale Industries", SEATUC, February 26-27, 2008, Aula Barat ITB, Bandung.
- 8 Utomo, N.T. : "Indonesia Sanitation Development 2010-2014 and Beyond", ICSS-Asia 2012 : Sustainable Sanitation in The Developing Countries Session, January 11, 2012.
- 9 Warith, M.A., Kennedy, K., Reitsma, R. : "Use of sanitary sewers as wastewater pre-treatment systems", Waste Management 18 : 235-247, 1998.

CURRICULUM VITAE



Nama : **PRAYATNI SOEWONDO**
 Tempat/Tgl lahir : Jakarta, 21 Februari 1957
 NIP : 131284856
 Fakultas/Sekolah : Fakultas Teknik Sipil & Lingkungan
 Kelompok Keahlian: Rekayasa Air dan Limbah Cair
 Bidang Keahlian : Pengolahan Limbah Cair
 Nama Suami : Widartono Sarli (alm)
 Nama anak : Prasanti Widiasih Sarli, ST.

RIWAYAT PENDIDIKAN:

- Sarjana Teknik Penyehatan, FTSP, ITB, 1981
- Sarjana Magister Science Teknik Lingkungan, ITB, 1986
- Dr.-Ing, Verfahrenstechnik, Technische Universität Berlin, Germany, 1997

RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL:

- Asisten Ahli Madya tmt 1-07-1984
- Asisten Ahli tmt 1-04-1987
- Lektor Muda tmt 1-07-1989
- Lektor Madya tmt 1-05-1998
- Lektor tmt 1-01-2001

- Lektor Kepala (Inpassing) tmt 1-01-2001
- Lektor Kepala tmt 1-12-2004
- Guru Besar tmt 1-08-2011

RIWAYAT PENUGASAN DI ITB:

- 2010 – skrg : Ketua KK Rekayasa Air & Limbah Cair, FTSL-ITB
- 2011 – skrg : Anggota Senat FTSL-ITB
- 2008 – skrg : Manajer Teknis Lab Kualitas Air, FTSL-ITB
- 2003 – 2007 : Kepala Laboratorium Kualitas Air, FTSL, ITB
- 1998 - 2001 : Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITB

PENGHARGAAN :

- Satya Lancana Karya Satya 10 Tahun, Presiden RI, 2001
- Ganesha Wira Adi Utama, Rektor ITB, 2001
- Satyalancana Karya Satya 20 tahun, Rektor ITB, 2006
- Piagam Penghargaan serta Lencana Pengabdian 25 Tahun, Rektor ITB, 2008

BUKU DAN CATATAN KULIAH :

- Catatan Kuliah TL-3230 Drainage dan Sewerage, Program Studi Teknik Lingkungan ITB, 2008
- Catatan Kuliah TL- Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Limbah, Program Studi Teknik Lingkungan ITB

PENGALAMAN PENELITIAN:

- 2012 : Pengolahan Tinja Dengan Proses Terra Preta Sanitation System, DIPAITB, JICA

- 2010-2011 : Potensi Lahan Basah Sebagai Solusi Alternatif Daur Ulang Effluent IPAL Domestik, Case Study IPAL Bojongsoang), DIKTI, Hibah Strategi Nasional
- Jan 2008 - June 2010: Propionic acid metabolism during anaerobic biowaste treatment - Comparison of different digestion regimes, Cooperation ITB-LIPI Bandung-University of Karlsruhe, Germany, DFG /BMZ 2008-2009, Germany
- 2009 : Pembuatan Koagulan Dari Tanah Lempung Gambut dan Aplikasinya Dalam Pengolahan Air Minum dan Air Limbah, DIKTI, Hibah Bersaing
- 2009 : Biodegradasi pada sistem *sewerage* di Daerah Perkotaan, Studi Kasus: kota Bandung, Program Riset KK-ITB
- 2006-2007 : Pemanfaatan Sewerage Sebagai Bioreaktor Pengolahan Limbah Cair Domestik Untuk Mengurangi Beban Pencemaran Di Perkotaan, Program Riset ITB
- 2006-2007 : "Pengembangan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Kecil dengan hemat energi (Modifikasi reaktor Anaerobik Bersekat & Wetland), Studi Kasus: Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan dan Pabrik Tahu".DIKTI, Hibah Bersaing XIV
- 2000-2001 : Pengolahan Limbah Tekstil Secara Biologis, RUT VII, Kantor Menristek dan Teknologi Dewan Riset
- 2000 : Pengolahan Limbah Tekstil Secara Biologis Menggunakan Beton Porous Sebagai Media Penunjang, DIKTI, Program Voucher

PUBLIKASI ILMIAH PROSIDING NASIONAL DAN INTERNATIONAL

1. **Soewondo, P.** And Handajani, M.: The Domestic Wastewater Management in Indonesia, Application Ecosan and Resource Oriented Sanitation - The New Challenge for Indonesian Wastewater Management in Rural Area, March 13th, 2012, ITB, Bandung
2. **Soewondo, P.** and Handajani, M.: "The Future Development In Managing Domestic Wastewater In Indonesia", International Conference on Sustainability Science in Asia 2012 (ICSS-Asia 2012), January 11-13, 2012, Sanur, Bali
3. **Soewondo, P.,** Atika, R.K., Rahayu, S.N. and Handajani, M.: "Removal of Organic Compounds from Liquid Fraction Biowaste Using Upflow Anaerobic Fixed-Bed Reactor Without pH Regulator", Proceedings of the 4th ASEAN Environmental Engineering Conference, November 22-23, 2011, Yogyakarta
4. Rinarti, A., Dwi, A.R., Handajani, M. and **Soewondo, P.:** "The Effect of Aeration and Reactor's Media Thickness in the Organic Removal of Bojongsoang WWTP's Effluent Using Horizontal Subsurface Flow in a Constructed Wetland", Environmental Technology and Management Conference 4th ETMC, November 3rd-4th, 2011, Bandung, West Java, Indonesia
5. Prasetya, R.W. and **Soewondo, P.:** "Green Roof Potential Application As A Part of Sustainable Drainage System in Urban Area (Case Study: Bintaro Area, Jakarta)", Environmental Technology and Management Conference 4th ETMC, November 3rd-4th, 2011, Bandung, West Java, Indonesia

6. Hartati, E., **Soewondo, P.,** Syafila, M. dan Damanhuri, E.: "Degradation of Biowaste Liquid Fraction Vegetables and Fruits in Anaerobic Batch Reactor", Proceedings of the Environmental Technology and Management Conference, 4th ETMC, November, 3rd-4rd, 2011 Bandung, West Java, Indonesia.
7. Hartati, E., Syafila, M., **Soewondo, P.,** Handajani, M., Binol, R.R., Dian, S. dan Damanhuri, E.: "Degradation of Biowaste Liquid Fraction in Anaerobic Batch Reactor", Proceedings of the ACIKITA International Conference of Science and Technology, July 25th-27th, 2011, Jakarta - Indonesia.
8. **Soewondo, P.,** Handajani, M., Notodarmodjo, S., Setiani, B., Irsyad, M., Setiyawan, A.S. and Ferriyanto, K.: "The role of Subsurface Horizontal Flow Wetland in The Tertiary Process of Domestic Wastewater Treatment (Case Study: Bojong Soang Wastewater Treatment Plant, Bandung)", Alumni Seminar TU-Berlin in Challenges in Water Supply and Wastewater Treatment, Berlin. 27th April - 6th May 2011
9. **Soewondo, P.** and Handajani, M.: "The Chalange How To Manage of Domestic Wastewater in Urban Area in Indonesia", International Congress on Sustain 2010, Kyoto University, Kyoto December 11-12, 2010
10. **Soewondo, P.,** Handajani, M., Setiyawan, A.S. dan Panelin, Y.: "Studi Potensi Pemanfaatan Ulang Effluen IPAL Domestik Dengan Penggunaan Constructed Wetland (Studi Kasus: IPAL Bojongsoang, Bandung)", Seminar Ilmiah Nasional FALTH Trisakti, Hijau Kotaku 2010, Jakarta, 9 Desember 2010
11. Paramita, N, and **Soewondo, P.:** Strategy for Sustainable Domestic

Waste water Onsite Facility Improvement in Slum Area Through PNPM Mandiri, (Case study: Sadang Serang Area-Bandung, West Java), The 1st International Conference and On Sustainable Infrastructure and Built Environment in Developing Countries, SABUGA ITB, Bandung-Indonesia, 2nd - 3rd November 2009 / SIBE - 2009

12. **Soewondo, P.** and Munazah, A.R.: "The Application of Constructed Wetland to Treat Wastewater From tofu Industry and Slaughtering Houses", SURED / GAWN Alumni International Seminar " Sustainable Management of Water & Land Resources", August 25-27, 2008, Jakarta
13. Hartati, E., Damanhuri, E., Syafila, M. and **Soewondo, P.**: "Degradasi Sampah Organik Pasar Fraksi Cair dalam Reaktor Batch Anaerob". Seminar Nasional Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia 2010, Universitas Udayana Denpasar Bali, 29 Juli 2010.
14. Hanupurti, D., Hartati, E. and **Soewondo, P.**: "Penyisihan Senyawa Organik Biowaste Fasa Cair dalam Reaktor Upflow Anaerobic Fixed Bed Bermedia Bambu". Seminar Nasional Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia 2009, Universitas Diponegoro, Semarang, 6 Agustus 2009.
15. Hartati, E., Cahyani, S.D., **Soewondo, P.** and Handajani, M.: "The Influent of Pre Treatment of Biowaste in Mechanical Biological Treatment Process", International Conference Sustainable Env. Technology and Sanitation for Tropikal Region, Teknik Lingkungan-Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS), Nov 18-19, 2008.

16. Hartati, E., Susanto, N., Handajani, M., **Soewondo, P.** and Chaerul, M.: "The Carbon and Phosphorous Content in the Biowaste-Solid Fraction Pre-Treating in a Mechanical Biological, International Seminar on Sustainable Urban Development (ISoSUD) 2008, Jakarta 20-21 August 2008, Trisakti University, Indonesia.
17. **Soewondo, P.**, Firdayati, M., Sonie, R. and Setiyawan, A.S.: "The Using of Modification of Constructed Wetland to Treat Wastewater From Small Scale Industries, SEATUC, February 26-27, 2008, Aula Barat ITB, Bandung
18. **Soewondo, P.**, Firdayati, M. dan Pitaloka, D.C. : "Pemanfaatan Modifikasi Reaktor Anaerobik Bersekat Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Kecil, (Studi kasus: Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan dan Industri Tahu)", Seminar Hasil Penelitian FTSL-ITB 2008, 9 Januari 2008, Bandung
19. **Soewondo, P.**, Firdayati, M. dan Setiyawan, A.S.: "Pemanfaatan Constructed Wetland dalam Mengolah Limbah Cair Industri Makanan Dengan *Sagittaria Lancifolia* dan *Scirpus Grossus*", Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 2007, 17-18 Desember 2007, ISSN 0854-7769, 2007, 14, p. 1-11
20. **Soewondo, P.**: "Integrated Water Management in Citarum River, West Java, Indonesia, The Second International Water Conference in Berlin: Water Problems in Urban Areas and Approach to Solutions Considering the Aspect of Sustainability", Berlin September 12-14, 2007
21. **Soewondo, P.**; Firdayati, M.; Yuniarti, L. and Sonie, R.: "Two Stages Of Wastewater Treatment Using Modifications Of Anaerobic

- Baffled Channels and Wetland To Treat Slaughtering Houses and Tofu Industries", ISW2007, September 4-6, 2007, Johor Baru, Malaysia
22. **Soewondo, P.:** "The Management of domestic Wastewater in Urban Areas In Indonesia", The Second International Congress on Environmental Planning & Management, Berlin, Germany, 5-10 August 2007
 23. **Soewondo, P.:** "Sustainable Household sanitation In Aceh, Indonesia, Sauberes Trinkwasser-Ein Millenniumsziel Seminar, Berlin, 25 July-5 August 2007, Berlin, Germany
 24. **Soewondo, P.:** "The Causes of Flood in Urban Areas (Case study: Bandung City), DAAD Regional Alumni Seminar 2006, Sustainable Infrastructure in Flood Endangered Areas, December 6-9, 2006, Bandung West Java, Indonesia
 25. **Gustiani, S. and Soewondo, P.:** "The Kinetic of Organic Removal of Domestic Wastewater in Sewerage as Plug Flow Reactor", Environmental Technology and Management Conference 2006, September 7-8, 2006, Bandung West Java, Indonesia
 26. **Soewondo, P.:** "The Influence of Organic Loading in Saguling Dam, West Java, Indonesia", International Seminar-Workshop on Integrated Water Resources Management, September 4-8, 2006, National of Geological Sciences, University of the Philippines, Diliman, Quezon City, Philippines
 27. **Soewondo, P.:** "The Concentration of BOD, N-Total and P-Total During Dry and Rainy Seasons in Saguling Dam, West Java, Indonesia", 2nd International Conference on Environmental and Urban Management, 3-4 August 2006 Semarang, Indonesia

28. **Soewondo, P. and Madyanova, M.,** *Modification of Anaerobic Baffled Channel for Domestic Wastewater Treatment*, DAAD Alumni Seminar: Engineering for Environment, November 27-29, 2005, ITB Bandung, Bandung, Indonesia
29. **Setiani, B., Soewondo, P. and Perdani, V.,** *The Effect of Water Pollution on Makrozoobenthic Diversity, Study case: Cileungsi-Bekasi River, West Java*, Seminar PROKASIH (Seminar on Clean Water of Rivers Programmed), May 28, 2005, Surabaya, Indonesian
30. **Soewondo, P.,** *The Influence of Toxicity on the Biological Treatment of Textile Wastewater*, Second International Seminar on Environmental Chemistry and Toxicology, April 26-27, 2005, Jogjakarta, Indonesia
31. **Akbar, C. and Soewondo, P.,** *The Study of Horizontal Subsurface Flow Wetland Capability for Domestic Wastewater Treatment, Case Study: Urban Community Empowerment Center Surabaya*, Faculty of Civil Engineering and Planning Seminar, ITB Bandung. March, 2005
32. **Soewondo, P., Andayani, L.R., Syafila, M. And Cahyaningsih, S.,** *The Influence of Glucose Addition on Circulating Bed Reactors under Anaerobic Batch Conditions from Wastewater of Slaughter Houses*, Proceedings of Indonesian of Biotechnology Seminar 2002, October 10-11, 2002, ITB-Bandung
33. **Soewondo, P.,** *The Biological Process of Batik Wastewater*, SURED IV, Bandung, March 11-14, 2002
34. **Soewondo, P. and Setyaningsih, P.,** *The Biological Process For Color and Organics Removal of Batik Wastewater Under Batch Experiments*, ETMS 2002, Bandung, January 9-10, 2002

35. **Soewondo, P.**, Setiani, B. and Merdykasari, I., *The Biological Process of Textile Wastewater Treatment Using Porous Concretes as Support materials*, ETMS 2002, Bandung, January 9-10, 2002
36. **Soewondo, P.**, Ayuningtias, T.H., and Koesdaryani, S., *The Decolourization of Acid Blue 113 and Reactive Black 5 with Rhizosphere Microbe from The root of Eceng Gondok*, Regional Symposium on Chemical Engineering, Bandung, Indonesia, October 29-31, 2001
37. **Soewondo, P.**, *The Biological Process of textile Wastewater Treatment*, Expert Workshop of Environmental Challenges for the Indonesian Textile Industry, Jakarta 5 - 6th June, 2001, OTTO-EKONID
38. **Soewondo, P.** and Mirda, *The Biological Process of Textile Wastewater Treatment Using Porous Concretes as Support Materials* on National Seminar Voucher Programme, Jakarta 3-5 August 2000
39. **Soewondo, P.**, *The Biodegradation of Textile Wastewater with synthetic Dye Reactive Orange 16 with anaerobic and aerobic Fixed Bed Reactor* on The Third Seminar on Wastewater Management, Jakarta, 15-16th February 2000
40. **Soewondo, P.**, *The Biological Decolorization of Reactive Dyes on Batch*, Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 1999, Bandung 19-20 October 1999
41. **Soewondo, P.**, *The Kinetic of Hydroxy-Sulfanic as Metabolic of Reactive Orange 96 on Batch*, on Seminar of Application of Biotechnology on Pollution Control, Bandung, 22th March 1999
42. **Soewondo, P.** and Libra, J., *A Laboratory Scale of Biological Treatment of Textile Wastewater with synthetic Dye* on Environmental Technology and Management Seminar 1997, Bandung, 8-10 October 1997

43. **Soewondo, P.** And Libra, J., *Biologisch-chemisch Behandlung von Textilfarbstoffen unter Einsatz von Festbettumlauf- und Rotationscheibenreaktoren* on 3 GVC-Kongress Verfahrens-technik der Abwasser- und Schlammbehandlung, Wurzburg, 14-16th October 1996 as poster
44. **Soewondo, P.** and Libra, J., *Biologischer Abbau von Reaktivfarbstoffen der Textilfärberei in einer zweistufigen kontinuierlichen Anlage*, on Neue Apparate, Methoden und Verfahren zur Aufbereitung von Bioprodukten, Dresden, 13-14 May 1996 as poster
45. Sosaath, F., Libra, J. and **Soewondo, P.**, *Behandlung von Textilfarbstoffen mit einem neuen Rotationscheibenreaktor* on ENVITEC 95, Dusseldorf, 19-23 June 1995 as poster

PUBLIKASI ILMIAH JURNAL NASIONAL DAN INTERNATIONAL

1. Napitupulu, D.I., Setiyawan, A.S. dan **Soewondo, P.**: *Fluktuasi Kandungan Oganik Air Limbah Di Sewerage Sebagai Bioreaktor (Studi Kasus: Kota Bandung)*, Jurnal Lingkungan Tropis, Edisi Khusus Agustus 2009
2. **Soewondo P.** dan Andik Yulianto: *The Effect of Aeration Mode on Submerged Aerobic Bio Filter Reactor for Grey Water Treatment*", Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation, ISSN 0126-2807, Volume 3:160-175, September-December 2008, Department of Environmental Engineering Sepuluh November Institute of Technology-Surabaya.
3. **Soewondo, P.** dan Indiyani, A.: *Penyisihan Linear Alkyl Benzene Sulfonat (LAS) Limbah Domestik Dalam Reaktor Anaerob Bersekat*, Studi Kasus: Grey Water, Jurnal ITENAS November 2007

4. Sonie, R. dan **Soewondo, P.:** "Modifikasi Subsurface Wetland Pada Pengolahan Limbah Cair RPH dan Industri Tahu", Jurnal Lingkungan Tropis, Edisi Khusus Agustus 2007, Buku 2, ISSN No. 1978-2713, p. 551-560
5. Yuniarti, L. dan **Soewondo, P.:** Penyisihan Organik Dalam Limbah Cair Industri Rumah Pemotongan Hewan (RPH) dan Industri Tahu Dengan Menggunakan Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Jurnal Lingkungan Tropis, Edisi Khusus Agustus 2007, Buku 1, ISSN No. 1978-2713, p. 259-267.
6. **Soewondo, P** dan Anggraini, R.: Penyisihan Organik Instalasi Pengolahan Limbah Cair Domestik Sistem Johkasou, Studi Kasus: Rumah Susun Dukuh Semar, Cirebon, Jawa Barat, Jurnal Purifikasi Vol. 8 no.1 Juni 2007, p. 37-42
7. **Soewondo, P** and Gustiani, S., The Degradation of Organic and Surfactant in Sewerage as Bioreactor to Reduce Pollution Load in City Areas, ITB-Grand Research Programme, January 2007
8. Yesika, **Soewondo, P** dan Prayitno:" Penurunan Kadar Cadmium dalam Limbah Cair Industri Percetakan dengan Metode Reduktor Elektromagnetik Plating", Jurnal Teknik Lingkungan, Edisi Khusus Agustus 2006, ITB, p. 103-110, Bandung, ISSN 0854–1957
9. Harjono and **Soewondo, P.,** *Penambahan Unit Saringan Pasir Lambat Untuk Menurunkan Kandungan Zat Organik Dalam Pengolahan Air Gambut (Addition of Slow sand Filtrations unit to Lower Content Level of Organic Substance in Processing Peatland Water)*, Jurnal Teknik Lingkungan (Environmental Engineering Journal), Vol. 11, No. 2, November 2005
10. Taliwongso, S. and **Soewondo, P.,** *Kinetika Penyisihan Kromium Menggunakan Lignin Sebagai Bahan Adsorben , Studi kasus Limbah*

- Cair Penyamakan Kulit (Kinetics of Chromium Removal By Lignin As Adsorbent, Case study in Leather Tanning Wastewater)*, Jurnal Teknik Lingkungan (Environmental Engineering Journal), Edisi Khusus (Special edition), Oktober 2005, p. 483-490
11. **Soewondo, P.** and Yonas, A., *Textile Industrial Wastewater Treatment With Anaerobic and Aerobic Fixed Bed Continue Reactor*, Biosains Journal, Vol. 6, No. 1, p. 30-36, June 2001
12. **Soewondo, P.,** *The Kinetic of Biological Treatment of Reactives Dyes*, Final Report The Young Academics Program, Directorate General of Higher Education. Ministry of Education and Culture, February 2001
13. **Soewondo, P.,** The Biodegradation of Metabolic of Azo Dyes for example Hydroxy-Sulfanic on Jurnal Teknik Lingkungan, Jur. TL-ITB, ISSN 0854-1957, Vol. 5, No. 1, November 1999
14. **Soewondo, P.,** The Biological Treatment of Textile Wastewater with Reactive Orange 96 on Jurnal Teknik Lingkungan, Jur. TL-ITB, ISSN 0854-1957, Vol. 4, No. 1, March 1998
15. **Soewondo, P.,** *Zweistufige anaerobe und aerobe biologische Behandlung von farbstoffhaltigen Abwässern der Textilveredlung*, Ph.D. Thesis, 1997, TU-Berlin, Germany
16. **Soewondo, P.** and Libra, J. *Zweistufige anaerobe und aerobe biologische Behandlung von farbstoffhaltigen Abwässern der Textilveredlung on Tätigkeitsberichts des Instituts für Verfahrenstechnik II*, 1994-1995, TU-Berlin, Germany
17. **Soewondo, P.,** *Untersuchung des biologischen Abbaus des Farbstoffes Remazol Gold Gelb 3 R*, Diplomarbeit, 1993, TU-Berlin, Germany

BEASISWA :

- 1983 – 1986 : BPPS, Diknas
- 1992 – 1997 : DAAD, Germany

KEANGGOTAAN

1. Anggota, IATPI (*Ikatan Ahli Teknik Penyehatan Indonesia*)
2. Anggota, MASTAN (*Masyarakat Standarisasi*)
3. Anggota SURED
4. Anggota Alumni TU-Berlin
5. Anggota Alumni DAAD

