

STUDI PEMODELAN *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN VEGETASI *SAGITTARIA MONTEVIDENSIS* DENGAN KOMBINASI ARANG AKTIF DALAM MENURUNKAN KADAR POLUTAN PADA AIR LIMBAH DETERJEN

Aulia Rahman Oktaviansyah

Abstrak: Total pospat dan surfaktan LAS pada air limbah deterjen yang langsung masuk ke badan sungai tanpa melalui pengolahan limbah dapat menyebabkan algae blooming atau meningkatnya populasi tanaman air seperti ; ganggang, algae, dan lain-lain pada sungai. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan pemodelan sistem constructed wetland aliran bawah permukaan dengan kombinasi penggunaan arang aktif (karbon aktif) dalam pengolahan air limbah deterjen. Penelitian ini dilakukan dalam reaktor constructed wetland dengan sistem SSF (Subsurface Flow System) sedangkan Tipe aliran yang digunakan adalah aliran vertikal menanjak. Pemodelan dengan skala laboratorium ini menggunakan model kolam pengolahan air limbah deterjen yang disimulasikan dengan bak kontainer dengan dimensi panjang = 60 cm, lebar = 35, dan tinggi = 55, berjumlah total 6 buah, menggunakan 2 jenis limbah deterjen yaitu; deterjen biasa dan deterjen konsentrat (matic). Masing-masing jenis limbah memiliki 3 model variasi susunan pemodelan wetland yang sama. Model I dengan komposisi media filtrasi yaitu kerikil, tanah, dan arang aktif, pada model II komposisinya berupa media filtrasi sama dengan model I ditambah tanaman air *Sagittaria montevidensis* atau daun tombak (lili air), sedangkan pada model III berisi tanah dan tanaman air *Sagittaria montevidensis* atau daun tombak (lili air). Lama pengamatan dilakukan selama 5 hari, 10 hari, dan 15 hari, dengan 3 kali pengulangan percobaan. Berdasarkan dari hasil penelitian pemodelan constructed wetland dengan sistem SSF (Subsurface Flow System) aliran vertikal menanjak, model II dan model III pada perlakuan menggunakan jenis limbah deterjen biasa dapat menurunkan konsentrasi total pospat sebesar 84% (15 hari pada percobaan pertama) dari konsentrasi limbah awal, sedangkan pada jenis limbah deterjen konsentrat (matic) mengalami penurunan sebesar 90% (15 hari pada percobaan III) dari konsentrasi awal. Parameter surfaktan LAS (Linear Alkylbenzene Sulfonate) mengalami penurunan 78% pada model III (15 hari percobaan kedua) dengan jenis limbah deterjen biasa, dan penurunan surfaktan LAS sebesar 94% pada model III (15 hari percobaan kedua) dengan perlakuan jenis limbah deterjen konsentrat (matic).

Kata kunci : Constructed Wetland, Arang Aktif, Subsurface Flow System, *Sagittaria montevidensis*

Limbah deterjen dari hasil kegiatan mencuci pada rumah tangga mengandung bahan utama surfaktan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS), yang merupakan sumber pencemar potensial serta menimbulkan dampak penting bagi lingkungan, yaitu pada proses perambatan pertumbuhan seiring dengan semakin tingginya konsentrasi deterjen yang masuk kedalam siklus kehidupan pada suatu lingkungan.

Constructed wetland atau lahan basah buatan adalah system pengolahan terencana dan terkontrol yang telah didesain dan dikonstruksi untuk menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi lahan basah, tanah dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah.

Tanaman air mempunyai kemampuan mengabsorpsi unsur hara yang merupakan polutan (organik maupun anorganik) dari air limbah, untuk keperluan metabolismenya. Penggunaan karbon aktif dari tempurung kelapa bahan bakunya mudah didapat dan memiliki kekuatan mekanik yang tinggi (Djarmiko,1996).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh arang aktif dan tanaman *Sagittaria montevidensis* terhadap penurunan polutan (total pospat, kadar

deterjen - LAS, pH, dan suhu) limbah deterjen dari hasil kegiatan mencuci pada rumah tangga dalam pemodelan *constructed wetland* menggunakan skala laboratorium. Pemodelan lahan basah buatan dibuat dalam skala laboratorium dengan sistem aliran air tipe Vertikal Flow Sistem (VFS), serta menggunakan media tanah, pasir, arang aktif, dan kerikil, serta tanaman *Sagittaria montevidensis* dengan waktu pengamatan limbah 5, 10, sampai dengan 15 hari dengan sistem aliran air limbah secara terus menerus selama 24 jam.

Manfaat dari penelitian ini yang pertama adalah pada penelitian ini diharapkan bisa memberikan kontribusi mengenai kemampuan tanaman *Sagittaria montevidensis* yang dikombinasikan dengan media arang aktif dalam menurunkan kadar polutan pada limbah deterjen (total pospat, kadar deterjen-LAS, pH, dan suhu) dengan system *constructed wetland* menggunakan tipe aliran Vertikal Subsurface Flow (VSF). Manfaat kedua yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat direkomendasikan sebagai salah satu alternatif pengolahan air limbah domestik dengan teknologi tepat guna yang ekonomis dan mudah. Manfaat terakhir yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat secara langsung meningkatkan kualitas air permukaan dan air tanah, sehingga secara tidak langsung meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.

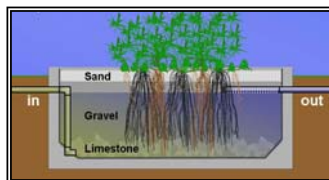
Constructed Wetland

Pengertian *constructed wetland* adalah lahan basah buatan yang dikelola dan dikontrol oleh manusia (Novotny and Olem, 1994). Sistem ini memakai berbagai konfigurasi yang berbeda seperti jenis media dan jenis tumbuhan air. *Constructed wetland* memiliki kemampuan efisiensi yang lebih tinggi, jika dimanfaatkan untuk pengolahan air limbah (Kurniadie, 2000).

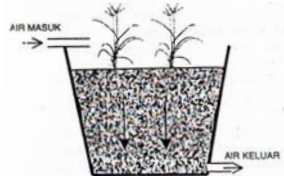
Tipe Constructed Wetland

Menurut Bendorrchio (2000), terdapat tiga tipe utama yang bisa dikategorikan sebagai *constructed wetland* adalah:

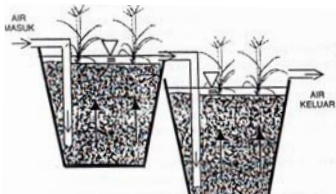
1. Free Water Surface (FWS) / aliran air permukaan.
2. Vertikal Flow Sistem (VFS) / aliran air secara vertikal



Gambar 1. Tipikal Vertical Subsurface Flow constructed wetland



Gambar 2. Tipe Aliran Vertikal Menurun

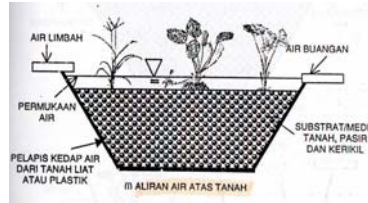


Gambar 3. Tipe Aliran Vertikal Menanjak (dipasang secara seri)

3. *Horizontal Subsurface Flow* / aliran air secara horisontal.

Tipe aliran secara horizontal dapat digolongkan lebih lanjut dalam 4 bentuk (Khiatuddin, 2003) yaitu :

a. *Constructed wetland* yang airnya mengalir di atas permukaan tanah.



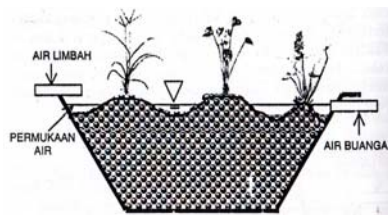
Gambar 4. Tipe Aliran Air Atas Tanah

b. *Constructed wetland* yang proses pengaliran airnya lewat substrat tempat tumbuhnya tanaman air.



Gambar 5. Tipe Aliran Air Bawah Tanah

c. Kombinasi bentuk pertama dan kedua.



Gambar 6. Tipe Aliran Air Atas Tanah dan Bawah Tanah

d. *Constructed wetland* hidroponik



Gambar 7. Tipe Hidroponik Aliran Tipis

Proses Pengolahan dalam *Constructed Wetland*

Dalam sistem *constructed wetland* terjadi proses fisik, kimia, biologi dengan adanya interaksi antara mikroorganisme, tumbuhan dan substrat (Haberl et al., 1995). Penyerapan nutrisi dan beberapa jenis polutan oleh tumbuhan yang kemudian akan membentuk biomassa tumbuhan yang baru.

Mekanisme Penghilangan Bahan Pencemar Pada *Wetland*

Tanaman pada *wetland* juga berfungsi secara tidak langsung dalam proses pembersihan air, yaitu mendukung kehidupan mikroorganisme mikro pengurai limbah, misalnya bakteri, jamur, alga dan protozoa. Oksigen tersebut mengalir ke akar melalui

batang setelah berdifusi dari atmosfer melalui pori-pori daun (*Brix dalam R.Savitri, 2007*). Pelepasan oksigen oleh akar tanaman *wetland* menyebabkan air/tanah di sekitar serabut akar memiliki kadar oksigen terlarut yang lebih tinggi dibandingkan dengan air atau tanah yang tidak ditumbuhi tanaman air, sehingga memungkinkan organisme mikro pengurai seperti bakteri aerob dapat hidup dalam lingkungan *wetland* yang berkontensi anaerob.

Pengolahan Air Limbah Menggunakan *Constructed Wetland* dan Tanaman Air

Pemilihan tanaman untuk *constructed wetland* dipertimbangkan dengan alasan (*Campbell dan Ogden, 1999*):

- a. Pada dasarnya jenis tanaman tersebut timbul (*emergent spesies*) yang dapat bertahan pada kedalaman air 6-24 inchi (15 - 61 cm) dan dapat dipakai untuk *wetland* aliran permukaan maupun aliran *subsurface*.
- b. Tanaman tersebut memiliki perakaran yang menyebar secara lateral atau horizontal dan vertikal, karena makin dalam akar masuk, kontak dengan mikroorganisme makin besar dan meningkatkan oksigen pada zona akar yang anaerob.
- c. Tanaman tersebut berkembangbiak dengan cepat.
- d. Tanaman tersebut sesuai dengan kondisi setempat.

Tanaman Air

Berdasarkan habitat dan karakteristiknya, tanaman air dapat dibagi menjadi empat golongan yaitu :

1. Tanaman air penghuni tepi pengairan (*Marginal Emergent Aquatic Plant*)
2. Tanaman air penghuni permukaan (*Floating Aquatic Plant*)
3. Tanaman air yang hidup melayang di dalam pengairan (*Submerged Aquatic Plant*)
4. Tumbuhan air yang tumbuh pada dasar perairan (*Deep Aquatic Plant*)

Fungsi lain dari makrofita adalah menstabilkan substrat sehingga polutan yang terperangkap dalam *wetland* dapat diendapkan (*Fisher dalam Fitriarini, 2002*).

Penyerapan Unsur Hara Oleh Tanaman Air

Penyerapan unsur hara oleh akar melibatkan beberapa proses antara lain :

1. Pergerakan ion dari media tanaman menuju ke permukaan akar tanaman.
2. Penimbunan ion dalam sel akar
3. Pergerakan ion secara radial dari permukaan akar ke dalam pembuluh kayu.
Pergerakan ini dilakukan melalui 3 jalan, yaitu :
 - a. Pergerakan antar vakuola sel, dimana vakuola sel berfungsi sebagai tempat penampungan ion bukan jalan utama.
 - b. Pergerakan melalui simplas, dimana ion dikumpulkan dalam sitoplasma dan bergerak dari sel yang satu ke sel yang lainnya melalui plasmadismata (penghubung diantara sel-sel hidup). Pergerakan ini berhubungan dengan pergerakan plasma sel secara difusi.
 - c. Pergerakan melalui ruang bebas dari dinding sel atau kombinasi ketiganya.
Pergerakan ini dilakukan melalui difusi aliran massa diantara sel.
4. Pengangkutan ion dari akar menuju batang dan daun, dimana pergerakan ion secara pasif melalui membran ini memerlukan adanya daya gerak sehingga kesetimbangan pada dua sisi membran.

Unsur-unsur Hara Yang Digunakan Tanaman

Ada dua macam sumber unsur hara yang tersedia dalam tanah, yaitu:

- a. Unsur hara yang terserap pada permukaan koloid.
- b. Garam yang terdapat dalam larutan tanah.

Tanaman dalam *Constructed Wetland*

Tanaman berfungsi sebagai pompa biologis yang mengkonversi energi sinar matahari menjadi energi kimia dan membawa oksigen dari permukaan daun dan batang untuk dilepaskan melalui akar, sehingga dapat memungkinkan terjadi degradasi senyawa organik dan anorganik media *constructed wetland* (R.Savitri, 2007). Beberapa jenis vegetasi yang dapat dimanfaatkan dalam *constructed wetland* (Qasim, 1985) diantaranya adalah :

- Famili Typhaceae (*Typha angustifolia*, *Typha montevidensis*)
- Famili Cyperaceae (*Scirpus acutus*, *Scirpus cypernius*)
- Famili Poaceae (*Phragmites australis*)
- Famili Juncaceae (*Juncus articulatus*, *Juncus balticus*)
- Famili Cyperaceae (*Carex aquatilis*, *C.lacustris*)
- Famili Alismataceae (*Sagittaria sp*)

Tanaman Air *Sagittaria montevidensis*

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Sagittaria montevidensis*, termasuk ke dalam famili *Alismataceae*, taksonomi dari tanaman ini adalah seperti berikut (R.Savitri, 2007) :

Tabel 1. Klasifikasi Tanaman *Sagittaria montevidensis*

Kingdom	Plantae
Subkingdom	Tracheobionta
Superdivisio	Spermatophyta
Division	Magnolophyta
Class	Lilopsida
Subclass	Alismatidae
Order	Alismatales
Family	Alismataceae
Genus	<i>Sagittaria</i>
Species	<i>Sagittaria Montevidensis</i>



Gambar 8. Tanaman *Sagittaria montevidensis*

Karakteristik Arang Batok

Secara umum arang batok atau arang tempurung kelapa berfungsi untuk meningkatkan penyerapan (*adsorpsi*).

Mekanisme Adsorpsi Karbon Aktif

Karbon atau arang aktif ini lebih efektif dalam mengadsorpsi dibandingkan dengan arang biasa.

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi antara lain :

- a. Luas permukaan,
- b. Jenis dan sifat adsorben,
- c. Sifat adsorbat,
- d. pH larutan,
- e. Suhu,
- f. Konsentrasi adsorbat,
- g. Waktu kontak,



Gambar 9. Arang Batok (karbon aktif)

Tinjauan Tentang Pencemaran Air

Secara garis besar asal pencemar-pencemar utama di dalam air adalah sebagai berikut (Lensley & Franzini, 1986 : 102, dalam Oktaviansyah, 2006) :

- a. Dari mineral, tanah dan batuan.
- b. Dari udara
- c. Dari pembusukan bahan-bahan organik.
- d. Dari organisme hidup.
- e. Dari berbagai kegiatan di perkotaan dan industri maupun kegiatan-kegiatan manusia.

pH (Power of Hydrogen)

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran kualitas air baku maupun air limbah. Hal ini disebabkan karena aktivitas ion hidrogen (H^+) merupakan faktor yang harus diperhitungkan pada reaksi kimia dalam ilmu penyehatan yaitu karena (Alaerats dkk, 1984 dalam Anggraheni, 2004) :

- (H^+) selalu ada dalam kesetimbangan dinamis air yaitu dalam bentuk H_2O , yang membentuk reaksi kimiawi yang berkaitan dengan masalah pencemaran air menggunakan ion hidrogen.
- (H^+) tidak hanya unsur molekul H_2O saja, tetapi juga merupakan unsur senyawa-senyawa lain, sehingga jumlah reaksi tanpa ion (H^+) dapat dikatakan hanya sedikit saja.

Suhu

Tidak semua persyaratan air bersih mencantumkan suhu sebagai salah satu standart baku mutu air, dengan demikian uraian di atas dapat memberikan gambaran alasan mengapa suhu dicantumkan sebagai salah satu persyaratan air bersih, yaitu karena suhu digunakan untuk (Sutrisno T.C, 1987 dalam Anggraheni, 2004) :

- Menjaga derajat toksisitas dan kelarutan bahan-bahan polutan yang mungkin terdapat di air dengan serendah mungkin.
- Menjaga adanya temperatur air yang sedapat mungkin tidak menguntungkan atau tidak memungkinkan bagi pertumbuhan mikroorganisme dan virus yang merugikan dalam air.

Total Pospat

Fosfor merupakan unsur yang penting bagi kehidupan yang diserap oleh akar tanaman dalam bentuk larutan ion pospat ($H_2PO_4^-$ atau HPO_4^{2-}) (Khiauddin, 2003). Hal ini yang terjadi ketika salah satu senyawa fosfor (ion pospat, PO_4^{3-}) yang terdapat di dalam deterjen masuk ke dalam perairan.

Deterjen

Deterjen mulai dikenal konsumen tidak lama setelah Perang Dunia II, dan berhasil menjaring sekitar 75% konsumen pengguna sabun. Akan tetapi kelemahannya adalah strukturnya yang stabil membuat deterjen sulit terdegradasi di alam (Connell & Miller, 1995 dalam R.Savitri, 2007).

Kandungan Deterjen

Sebagian besar deterjen terdiri atas surfaktan dan *builders* serta bahan-bahan lainnya yang disebut dengan bahan aditif. Senyawa kompleks posfat, natrium sitrat, natrium karbonat, natrium silikat atau zeolit dan fluorescent sering digunakan dalam *builders* (Duffus, 1980).

Menurut Connell & Miller (1995) berdasarkan sifat ionisasi senyawa aktifnya, surfaktan diklasifikasikan kedalam 3 kelompok yaitu:

- a. Surfaktan anionik
- b. Surfaktan kationik
- c. Surfaktan nonionik

Pada awalnya surfaktan (senyawa aktif) yang digunakan dalam komposisi deterjen yaitu dari jenis BAS (*Branched Alkylbenzene Sulphonate*) yang memiliki rantai karbon bercabang. Rantai cabang BAS inilah yang membuat BAS terurai sehingga peningkatan konsentrasinya berjalan cepat. Oleh karena itu BAS dikenal sebagai senyawa pencemar yang toksik terhadap biota perairan (Connell & Miller, 1995 dalam R.Savitri, 2007).

Pada tahun 1965 para ahli menemukan bahan aktif deterjen sintetis baru yang mudah terurai yang dikenal dengan LAS (*Linear Alkylbenzene Sulphonate*). Senyawa aktif LAS termasuk kedalam criteria surfaktan anionic yang memiliki rantai alkil lurus. Struktur rantai alkilnya yang lurus membuat senyawa LAS ini bersifat lipofilik sehingga menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada membran sel (Sunardi, 1998). Dengan sifat ini LAS berpotensi merusak membran sel organisme dan mematikan bakteri-bakteri yang berguna diperairan.

Mekanisme Deterjen sebagai Pembersih

Proses pembersihan oleh surfaktan terdiri dari tiga tahap (Ariens, 1978 dalam Sunardi, 1998), yaitu :

- a. Pembasahan (*wetting*) kotoran oleh deterjen
- b. Lepasnya kotoran dari permukaan bahan
- c. Pembentukan suspensi kotoran yang stabil

BAHAN DAN METODE

Perencanaan Model dan Peralatan Penelitian

Model alat yang digunakan dalam penelitian constructed wetland ini terdiri dari :

- a. Alat-alat

Alat-alat pemodelan constructed wetland :

- Bak dari kontainer plastik dengan dimensi panjang = 60 cm, lebar = 35, dan tinggi = 55, seperti gambar berikut :



Gambar 10. Bak Kontainer 60x35x55

- Kran air, pipa sambungan. Bak penampung untuk outlet dan inlet.
- b. Bahan Penelitian
- Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- Tanaman *Sagittaria montevidensis* (dalam bahasa indonesia yaitu tanaman daun tombak atau lili air).



Gambar 11. Tanaman *Sagittaria montevidensis* (umur 6–10 bulan)

- Media filtrasi yaitu arang aktif, kerikil, pasir, dan tanah.



Gambar 12. Media Filtrasi (Arang Aktif, Pasir, dan Kerikil)

- Air limbah deterjen (dengan jenis deterjen biasa dan deterjen konsentrat).
- Debit yang dipakai pada pemodelan ini sebesar 0,375 ml/detik (Q harian = 32,4 liter/hari).

Metode Kerja

Rancangan Percobaan

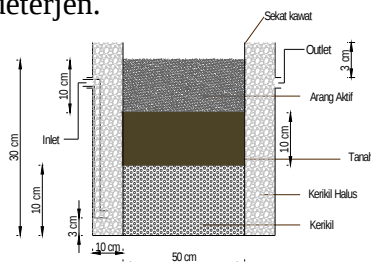
Tipe aliran yang diterapkan pada pemodelan constructed wetland ini adalah tipe aliran vertikal subsurface flow (VSF), perlakuan yang digunakan adalah menggunakan jenis deterjen yang berbeda, yaitu jenis deterjen biasa yang digunakan mencuci secara manual dengan jenis deterjen yang menggunakan konsentrat. Setiap perlakuan diperlukan waktu kurang lebih 15 hari sampai 30 hari.

Air limbah dialirkan kedalam sistem dilakukan selama 15 hari untuk setiap model. Penetapan 15 hari didasarkan asumsi bahwa waktu 15 hari dianggap cukup untuk mengamati efisiensi penurunan polutan limbah. Constructed wetland dibuat dengan 3 model, yaitu :

Rancangan Pemodelan Wetland

a. Model I

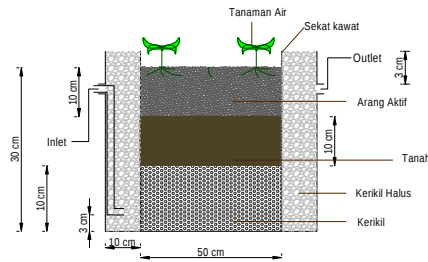
Kolam tampungan diisi dengan media filter yaitu pasir / tanah, kerikil, arang aktif, dan dialiri air limbah deterjen.



Gambar 13. Desain Pemodelan Constructed Wetland Model I (tampak samping)

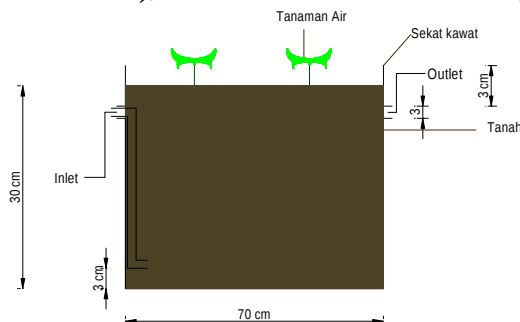
b. Model II

Kolam tampungan diisi dengan vegetasi tanaman *Sagittaria montevidensis* (2 tanaman) yang dikombinasikan dengan media filter yaitu pasir / tanah, kerikil, arang aktif, dan dialiri air limbah deterjen.



Gambar 14. Desain Pemodelan Constructed Wetland Model II (tampak samping)
c. Model III

Kolam tampungan diisi dengan tanah / pasir dan vegetasi tanaman *Sagittaria montevidensis* (4 koloni tanaman), serta dialiri air limbah deterjen.



Gambar 15. Desain Pemodelan Constructed Wetland Model III (tampak samping)

Aklimatisasi

Aklimatisasi tanaman merupakan proses penyesuaian kondisi tanaman dengan lingkungan sesuai dengan tujuan penggunaannya, dalam hal ini penggantian air pada tanaman secara bertahap selama periode waktu tertentu sampai dengan tanaman tersebut benar-benar mampu beradaptasi dengan kondisi yang baru.

Penggunaan air limbah deterjen diberikan pada pot-pot tanaman *Sagittaria montevidensis* selama 2 minggu atau 15 hari, dengan volume tiap koloni yang berisi 5 – 8 batang tanaman sebesar 500 ml/hari.

Pengujian Parameter

Pengujian parameter kimia dilakukan per 5 hari, 10 hari, sampai dengan 15 hari, sedangkan pengukuran pertumbuhan tanaman dilakukan setiap minggu. Parameter fisika dan kimia yang dianalisa antara lain :

- Pengukuran pH
- Pengukuran suhu
- Pengukuran Total Posfat
- Pengukuran kadar deterjen (LAS)
- Pengukuran pertumbuhan tinggi tanaman

Analisa Data

Data-data yang diperoleh digunakan sebagai dasar melakukan analisa yang mengacu pada studi literatur. Penyajian data dalam bentuk tabulasi, sehingga dari perubahan angka masing-masing parameter dapat menggambarkan efisiensi sistem pengolahan dengan constructed wetland tersebut.

$$\text{Prosentase penurunan}(\%) = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100\%$$

Dimana: C_0 = konsentrasi parameter awal

C_1 = konsentrasi parameter pada effluent reaktor

PEMBAHASAN

Secara garis besar, penelitian pemodelan *constructed wetland* ini terdiri dari dua kelompok pembahasan, yaitu analisa hidrolika dan analisa kualitas air yang dilakukan dengan membahas kondisi kualitas air limbah awal sebelum perlakuan dan kualitas air limbah setelah melalui pemodelan *constructed wetland* dengan menggunakan beberapa parameter kualitas secara fisika dan kimiawi.

Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika yang diteliti pada pemodelan *constructed wetland* menggunakan skala laboratorium ini antara lain :

1. Debit

Debit pada pemodelan *constructed wetland* ini sebesar 0,375 ml/detik (Q harian = 32,4 liter/hari).

3. Waktu Pengoperasian Pemodelan

Air limbah dialirkan kedalam sistem dilakukan selama 15 hari untuk setiap model. Pengulangan tiap pemodelan dilakukan sebanyak 3 kali, sehingga lama waktu pengoperasian pemodelan total kurang lebih 2 bulan.

Analisa Kualitas Air

Parameter yang diteliti dalam pemodelan ini adalah parameter kimia dan parameter fisika. Parameter fisika yang diteliti adalah suhu atau temperatur, sedangkan parameter kimia yang diteliti adalah pH (*power of hydrogen*), total pospat, dan deterjen.

Tabel 2. Perubahan Parameter Hasil Olahan Limbah A

Waktu Pengamatan (hari)	Perubahan Parameter Hasil Pemodelan Wetland											
	pH			Suhu(°C)			Total phospat (ppm)			Surfaktan LAS (ppm)		
	Model I	Model II	Model III	Model I	Model II	Model III	Model I	Model II	Model III	Model I	Model II	Model III
Sampel awal Percobaan I	8.39			26.9			53.2			56.29		
5	8.20	7.68	7.59	25.80	28.20	28.20	26.01	14.19	13.73	44.07	35.87	30.90
10	7.80	7.61	7.56	26.00	26.00	26.00	21.28	11.82	10.64	42.51	36.11	31.92
15	7.66	7.59	7.53	26.90	28.40	28.10	10.65	8.28	8.28	23.95	18.56	16.17
Sampel awal Percobaan II	7.79			28.00			26.06			80.84		
5	6.82	7.69	7.53	26.90	28.40	28.90	18.92	15.62	10.64	45.51	44.31	23.35
10	7.91	7.50	7.34	27.90	28.20	28.80	17.73	14.19	8.28	45.51	26.95	20.36
15	7.65	7.48	7.58	26.30	28.20	28.10	12.72	11.82	8.17	25.75	24.55	17.96
Sampel awal Percobaan III	7.93			29.10			23.65			76.05		
5	7.53	7.40	7.44	28.80	27.90	27.50	20.56	17.73	15.37	46.71	29.34	23.35
10	7.38	7.28	7.58	28.80	26.50	26.30	13.31	13.01	10.64	37.13	25.15	22.16
15	7.44	6.65	6.73	28.10	25.60	25.40	9.46	7.09	5.91	27.54	23.95	19.16

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 3. Perubahan Parameter Hasil Olahan Limbah B

Waktu Pengamatan (hari)	Perubahan Parameter Hasil Pemodelan Wetland											
	pH			Suhu(°C)			Total phospat (ppm)			Surfaktan LAS (ppm)		
	Model I	Model II	Model III	Model I	Model II	Model III	Model I	Model II	Model III	Model I	Model II	Model III
Sampel awal Percobaan I	7.74			26.00			62.66			71.86		
5	7.50	7.59	7.56	26.00	28.20	28.40	41.38	21.28	44.93	55.09	25.15	17.96
10	7.48	7.78	7.83	27.00	26.60	26.60	33.10	16.55	33.10	29.94	14.37	12.57
15	7.64	7.74	7.66	27.60	27.90	27.90	22.46	15.78	14.19	23.35	6.59	5.99
Sampel awal Percobaan II	7.63			28.10			46.11			62.87		
5	6.74	7.61	7.63	26.80	29.20	28.90	21.28	14.19	7.09	55.09	16.77	11.98
10	7.61	7.36	7.54	28.10	28.30	27.90	16.55	11.82	5.91	20.36	14.37	6.59
15	7.67	7.48	7.58	26.50	27.80	28.20	15.78	7.09	4.73	16.87	10.18	3.59
Sampel awal Percobaan III	7.98			29.10			48.47			44.91		
5	7.38	7.64	7.43	29.00	27.70	28.00	44.93	14.19	13.01	37.13	15.57	11.98
10	7.30	7.05	7.03	29.30	26.40	26.30	33.10	9.46	9.46	34.73	13.77	13.17
15	7.45	6.96	6.70	28.10	25.50	25.70	14.19	4.73	4.73	17.37	11.98	10.78

Sumber : Hasil Perhitungan

1. Pengujian dan Tingkat Penurunan Kadar Suhu Air Limbah Deterjen

Kesimpulan dari keterangan tentang parameter suhu dengan jenis **Limbah A** (deterjen biasa) dari ketiga percobaan adalah perubahan suhu yang terjadi pada pemodelan *wetland* tidak mengalami fluktuasi yang terlalu besar.

Kesimpulan dari keterangan tentang parameter suhu dengan jenis **Limbah B** (deterjen konsentrat) dari ketiga percobaan adalah perubahan suhu yang terjadi pada pemodelan *wetland* tidak mengalami fluktuasi yang terlalu besar.

2. Pengujian dan Tingkat Penurunan Kadar pH Air Limbah Deterjen

Kesimpulan dari keterangan tentang parameter pH dengan jenis **Limbah A** (deterjen biasa) dari ketiga percobaan adalah perubahan nilai pH yang terjadi pada pemodelan *wetland* tidak mengalami fluktuasi yang terlalu menonjol (relatif konstan).

Kesimpulan dari keterangan tentang parameter pH dengan jenis **Limbah B** (deterjen konsentrat) dari ketiga percobaan adalah perubahan nilai pH yang terjadi pada pemodelan *wetland* tidak mengalami fluktuasi yang terlalu menonjol (relatif konstan). Besarnya nilai pH dari hasil olahan air limbah masih dalam batas normal (antara 6,5 – 8,5).

3. Pengujian dan Tingkat Penurunan Kadar T.Pospat Air Limbah Deterjen

Pemodelan *wetland* yang menggunakan jenis **Limbah A** dan **Limbah B** masing-masing mempunyai efektifitas dalam penurunan konsentrasi total pospat sebesar 10% sampai 85% untuk jenis **Limbah A** dan 5% sampai 90% untuk **Limbah B**.

4. Pengujian dan Tingkat Penurunan Kadar Deterjen (LAS) Air Limbah Deterjen

Pemodelan *wetland* yang menggunakan jenis **Limbah A** dan **Limbah B** masing-masing mempunyai efektifitas dalam penurunan konsentrasi senyawa aktif LAS (*Linear Alkylbenzene Sulphonate*) sebesar 20% sampai 80% untuk jenis **Limbah A** dan 10% sampai 95% untuk **Limbah B**.

Perubahan Pertumbuhan Tanaman *Sagittaria montevidensis*

Pertumbuhan tanaman *sagittaria montevidensis* atau tanaman daun tombak pada instalasi pemodelan *constructed wetland* dapat berkembang biak dengan baik. Hal ini dapat ditunjukkan dengan tumbuhnya tunas-tunas baru dan bunga dari tanaman tersebut selama proses pengolahan air limbah dilakukan sampai dengan pengamatan terakhir.

Peranan Media Filtrasi (Model I) Tanpa Tanaman

Pada media krikil tanpa tanaman (model I) juga mampu menurunkan total pospat maupun konsentrasi deterjen (surfaktan LAS) namun tidak sebgus media dengan Tanaman Daun Tombak (*Sagittaria montevidensis*). Hal ini di sebabkan tidak adanya tanaman yang membantu penyerapan dan kurang berkembangnya mikroorganisme pada media.

Peranan Karbon Aktif Dalam *Constructed Wetland*

Peranan penggunaan karbon aktif dalam susunan pemodelan *wetland* cukup memberikan kontribusi dalam proses penyerapan (*adsorpsi*) polutan dalam air limbah deterjen seperti lemak dan minyak yang terlarut didalam limbah deterjen tersebut. Setiap proses pencucian menggunakan deterjen kotoran-kotoran seperti minyak dan lemak akan ikut diikat oleh surfaktan LAS dalam proses pencucian tersebut. Penggunaan karbon aktif dalam *constructed wetland* berfungsi menyerap lemak dan minyak dalam air limbah deterjen yang digunakan, baik jenis **Limbah A** (deterjen biasa) maupun pada jenis **Limbah B** (deterjen konsentrat).

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pemodelan *constructed wetland* menggunakan kombinasi arang aktif dengan skala laboratorium adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi penurunan terbesar konsentrasi polutan limbah deterjen (total pospat, kadar surfaktan LAS, pH, dan suhu) yang dapat direduksi oleh ketiga pemodelan *wetland* dengan jenis deterjen biasa maupun deterjen konsentrat dalam skala laboratorium adalah sebagai berikut :
 - Total pospat pada jenis limbah A mengalami penurunan rata-rata sebesar 46% (Model I), 57% (Model II), dan 67% (Model III), pada jenis limbah B prosentase

rata-rata penurunan sebesar 49% (Model I), 76% (Model II), dan 73% (Model III).

- Surfaktan LAS mengalami penurunan rata-rata sebesar 46% (Model I), 57% (Model II), dan 66% (Model III), pada jenis limbah B prosentase rata-rata penurunan sebesar 45% (Model I), 75% (Model II), dan 82% (Model III).
- Parameter pH dan suhu pada pemodelan *constructed wetland* tidak terlalu mengalami perubahan yang besar, bahkan kondisi pH dan suhu setelah melalui pengolahan relatif konstan atau tidak mengalami perubahan yang signifikan. Nilai derajat keasaman (pH) pada jenis deterjen biasa maupun deterjen konsentrat setelah mengalami pengolahan di model I sampai dengan model III dengan waktu pengamatan selama 5 hari, 10 hari, dan 15 hari masih berkisar antara 6,5 – 9. Nilai kisaran tersebut masih berada pada ambang batas derajat keasaman normal.

Tabel 4. Prosentase Perubahan Parameter Hasil Olahan Limbah A

Percobaan	Total Pospat			Surfaktan LAS (Deterjen)		
	Model I	Model II	Model III	Model I	Model II	Model III
I	64%	79%	80%	35%	46%	53%
II	37%	47%	65%	52%	60%	75%
III	39%	47%	55%	51%	66%	72%
Rata-rata	46%	57%	67%	46%	57%	66%

Tabel 5. Prosentase Perubahan Parameter Hasil Olahan Limbah B

Percobaan	Total Pospat			Surfaktan LAS (Deterjen)		
	Model I	Model II	Model III	Model I	Model II	Model III
I	48%	71%	51%	50%	79%	83%
II	61%	76%	87%	51%	78%	88%
III	37%	80%	81%	34%	69%	73%
Rata-rata	49%	76%	73%	45%	75%	82%

2. Pengaruh arang aktif sebagai media tambahan terhadap efektifitas penurunan polutan limbah deterjen (surfaktan LAS) dalam susunan pemodelan *wetland* cukup memberikan kontribusi dalam proses penyerapan (*adsorpsi*) polutan dalam air limbah deterjen tersebut.
3. Efektifitas pengolahan menggunakan sistem aliran air tipe Vertikal Subsurface Flow (VSF) pada pemodelan *constructed wetland* skala laboratorium cukup optimal dalam penurunan kadar polutan limbah deterjen.

SARAN

Adapun saran dalam penelitian ini adalah :

1. Pemodelan *constructed wetland* sebaiknya dilakukan di area terbuka, dimana kontak tanaman yang digunakan pada pemodelan *constructed wetland* dapat melakukan kontak langsung dengan sinar matahari, sehingga proses fotosintesa yang terjadi bisa lebih maksimal dalam hubungan proses penyerapan unsur hara yang terdapat zona pengolahan pemodelan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kestabilan debit inlet, variasi waktu kontak limbah, dan penggunaan tanaman air jenis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, C. 2005. Studi Kemampuan SSF *Wetland* dalam Mengolah Air Limbah Kamar Mandi. Skripsi S1. TL-ITB. Bandung.

- Anggraheni, E. 2004. *Studi Tentang Aerasi Pada Instalasi Pengolahan Air Mikro Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga*. Skripsi S1. Teknik Pengairan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Anonim a. 2004. *BPLHD Provinsi DKI Jakarta*.
- Anonim c. 1964. *Food and Nutrition Center Hand – Book No.1 manila*. Manila.
- Anonim d. 2006. *Laboratorium Lingkungan*. Penerbit ITB. Bandung.
- Azan, D;Rudyanto, J. S .1983. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Inti Sawit*, Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Medan: 7-15. Pohan, H.g; dkk (1984/1985), *Pengembang Pembuatan Arang Aktif Tahap II dari Tempurung Kelapa*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian, Bogor; 4-8.
- Bendorrichio, G. 2000. *Guidelines for free Water Surface Wetland Design*. Boca Raton, FL.
- Connell, D., Miller, G. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. UI press. Jakarta.
- Cooper, P.1999. *Wetland System for Water Pollution Control*. Wath scie Pergamon. Germany.
- Dibiyanoro, L., Abidin, H. 1996. *Analisis Dampak Biota Predominan dan Kandungan Bahan Beracun Berbahaya pada Komunitas Kangkung*. Laporan Penelitian E.3 BALITSA.
- Djajadiningrat, A. 1992. *Penetapan Baku Mutu Lingkungan Air Limbah Rumah Tangga*. Pusat Penelitian Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Djatmiko, A. 1996. *Penentuan Daya Adsorpsi Surfaktan Anionik Alkil Bensen Sulfonat oleh Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa*. Skripsi S1. Jurusan Kimia. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya Malang.
- Fitriarini, L. 2002. *Studi Literatur Pemanfaatan Tumbuhan Air untuk Pengolahan Limbah Cair Domestik*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Gersberg, R.M. dkk. (1985). *Role of Aquatic Plants in Wastewater Treatment by Artificial Wetlands, Water Resources*. 20. 363-367.
- Khiatuddin, M. 2003. *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan*. Gajah Mada University Pers. Yogyakarta.
- Kuchler, T and Schnaak, W. 1997. *Behaviour of linier alkylbenzensulfonates (LAS) in sandy soil with low amounts of organic matter*. Chemosphere. 35 (1-2) pp.153-167.
- Kurniadie, D. 2000. *Akar Olah Limbah. Ozon*. September p66-67.
- Kusuma, R.T., (2005). *Studi Penurunan COD dan BOD₅ Air Limbah Domestik dengan Menggunakan Subsurface Constructed Wetland dengan Menggunakan Tanaman Kana-Studi Kasus di Kampus Teknik Lingkungan ITS*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse*. Third Edition. Mc. Graw Hill Company. New York.
- Ningsih, R. 2000. *Pengaruh LAS terhadap Struktur Radikula dan Tanaman Kacang Hijau Vigna radiata*. Skripsi S1. Biologi ITB. Bandung.
- Novotny, V., and Olem, H. 1994. *Water quality: prevention, identification and management of diffuse pollution*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Oktaviansyah, A.R. 2006. *Model Pemurnian Air Dengan Bak Pelimpah Menggunakan Kombinasi Arang Batok Kelapa*. Skripsi S1. Teknik Pengairan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Puspita, L., E. Ratnawati, I N. N. Suryadiputra, A. A. Meutia. 2005. *Lahan Basah Buatan di Indonesia*. Wetlands International - Indonesia Programme. Bogor.
- Robert J. Kodoatie, 2003. *Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur*. Pustaka Pelajar: Jakarta.
- Said, N.I. 2001. *Proses Biofilter Anaerob-Aerob Tercelup Menggunakan Arang Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga*. Majalah Ilmiah Pengkajian Industri. Jakarta.
- Savitri R.D. 2007. *Pengaruh Arang Aktif dan Sagittaria montevidensis Terhadap Penurunan Polutan Limbah Deterjen Dengan Menggunakan Lahan Basah Buatan*. Skripsi S1. Fakultas MIPA, Program Studi Biologi ITB. Bandung.
- Siswoyo, E dan Kasam. 2005. *Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan CN Limbah Sugiharto*. 1987. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*. Penerbit UI. Jakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 1993. *Taksonomi Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

-
- Tourizka, K. 2006. *Perancangan Instalasi Pengolahan Air Bersih Melalui Penyaringan Zeolit dan Arang Serta Koagulan Tawas Untuk Memenuhi Kebutuhan Rumah Tangga*. Skripsi S1.Teknik Pengairan. Universitas Brawijaya. Malang.
- USAID Environmental Services Program. 2006. *Sistem Sanitasi Yang Berkelanjutan Dan Sesuai Dengan Persyaratan Bangunan untuk Nanggroe Aceh Darussalam*. Aceh.
- Wetzel, R.G., 1993. *Constructed Wetland; scientific foundation are critical*. Pp 3-7 I
- Whassler, J. 1974. *Purification with Activated Carbon*. Chemical Publishing Co. New York.
- Winter, P.de and Amoroso, V.B. 2003. *Cryptograms: Ferns and Fern Allies*. Prosea Bogor
- Wood, A. 1990. *Constructed wetland for wastewater treatment engineering and design consideration*. Proceedings of the Int.Conference on the Use of Consructed Wetlands in Water Polution Control. (Cambridge, UK). September 24-28. pp.481-494.
- Yuanita, C. 2003. *Pengaruh variasi media tanaman terhadap penurunan kandungan organik (PV) dan TSS pada pengolahan efluen IPLT Keputih, Sukolilo Surabaya dengan menggunakan tanaman cattail (Typha latifolia) menggunakan system constructed wetlands*. Tugas akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
<http://www.kimpraswil.go.id/Limbah.pdf>.
- Modul Tugas Studio Permukiman Kota, 2008. Universitas Brawijaya Jurusan Perencanaan Wilayah & Kota