

MODEL FISIK
PENGOLAHAN LIMBAH
BLACKWATER
PADA SEPTICTANK KOMUNAL

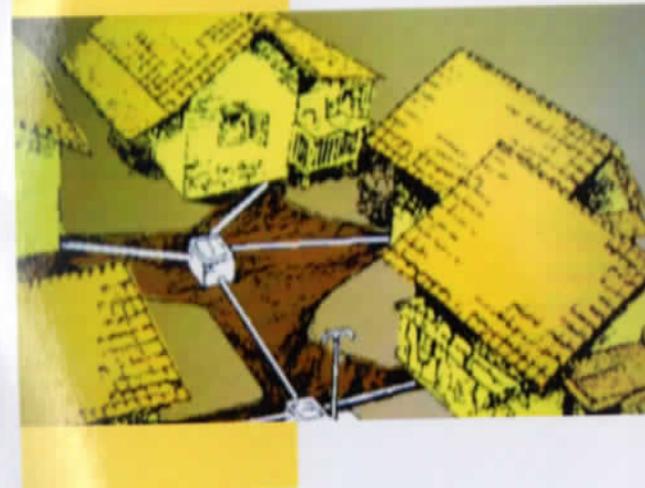
Blackwater merupakan jenis limbah yang dihasilkan setiap hari oleh manusia, dan harus diolah terlebih dahulu semaksimal mungkin sebelum dibuang agar tidak mencemari lingkungan. Dalam hal ini, modal awal yang diperlukan adalah pemahaman yang baik terkait karakteristik limbah *blackwater* dan dampak-dampak yang dapat ditimbulkan terhadap manusia dan lingkungan. Buku ini berusaha menjelaskan kedua hal tersebut secara sederhana, sekaligus memaparkan metode pengolahan sederhana yang dapat diterapkan dengan mudah di negara berkembang seperti Indonesia. Dengan kata lain, pengolahan limbah *blackwater* tidak selalu menuntut teknologi yang canggih dan tentunya modal yang besar, namun dapat pula menggunakan alat dan bahan yang mudah diperoleh dengan biaya yang murah. Karena mudah dan murah, maka harapannya masyarakat umum juga dapat menerapkan metode pengolahan tersebut, sehingga antar pihak dapat saling mendukung dalam pengendalian pencemaran air. Selain itu, penjelasan yang sederhana diharapkan dapat membantu pemahaman masyarakat umum tentang limbah *blackwater* dan teknik pengolahannya.

ISBN 978-602-5518-78-2



 dreamlitera

Anggota Ikapi
dream.litera@gmail.com



VOLUME 1

MODEL FISIK
PENGOLAHAN LIMBAH
BLACKWATER
PADA SEPTICTANK KOMUNAL

Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, MT.

KATA PENGANTAR

**MODEL FISIK PENGOLAHAN LIMBAH BLACKWATER
PADA SEPTICTANK KOMUNAL**

VOLUME 1

Dr.Ir. Lies Kurniawati Wulandari,MT.

**Dream Litera Buana
Malang 2019**

**MODEL FISIK PENGOLAHAN LIMBAH BLACKWATER
PADA SEPTICTANK KOMUNAL**

VOLUME 1

Penulis:

Dr.Ir. Lies Kurniawati Wulandari,MT.

©Dream Litera Buana
Malang 2019
66 halaman, 15,5x 23 cm

ISBN: 978-602-5518-78-2

Diterbitkan oleh:

CV. Dream Litera Buana

Perum Griya Sampurna, Blok E7/5
Kepuharjo, Karangploso, Kabupaten Malang

Email: dream.litera@gmail.com

Website: www.dreamlitera.com

Anggota IKAPI No. 158/JTI/2015

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan pertama, Juni 2019

Distributor:

Dream Litera Buana

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohim.

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena barokah, rahmad dan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan buku yang berjudul "**MODEL FISIK PENGOLAHAN LIMBAH BLACKWATER PADA SEPTICTANK KOMUNAL**". Buku ini ditujukan untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa S-3 yang sedang mencari kebaruan untuk menyusun sebuah disertasi di bidang Teknik Sipil Sumber Daya Air.

Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan beberapa waktu yang lalu. Penelitian dengan menggunakan limbah domestik *blackwater* dialirkan pada sebuah kotak filter yang berisikan kerikil dan kotak kedua berisikan arang batok kelapa dan kotak ketiga berisikan pasir cor, hal itu dilakukan untuk mengamati hasil yang akan dicapai.

Jika hasil filter tunggal tidak tercapai, maka sebaiknya dilakukan filter bertingkat dari ke tiga kotak filter tersebut. Adapun susunan filter dari halus ke kasar atau kasar ke halus harus melalui uji coba pada penelitian di laboratorium.

Filter bertingkat diharapkan sudah dapat memenuhi hasil yang dicapai, jika belum tercapai maka penelitian akan dilanjutkan dengan menggunakan *wetland* yang diambil dari dua buah tanaman sebagai pembanding guna menaikkan kualitas air buangan dengan parameter yang terpilih yang berpedoman pada air klas 4 atau standart air pertanian.

Penulis sadar bahwa penelitian ini masih bisa disempurnakan atau dilanjutkan karena keterbatasan waktu maka kritik dan saran masih diperlukan guna kesempurnaan tulisan ini. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih dengan harapan buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat secara luas serta memberikan inspirasi bagi pembaca.

Malang, 27 Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Daftar isi	v
Daftar tabel	vii
Daftar gambar	viii
PENDAHULUAN	1
A. Limbah Rumah Tangga	1
B. <i>Blackwater</i>	4
SEPTIC TANK KOMUNAL	7
A. <i>Septic Tank</i>	7
B. <i>Septic Tank</i> Komunal	8
C. Pembuangan Limbah dari <i>Septic Tank</i> Komunal	10
MODEL FISIK PENGOLAHAN LIMBAH	13
A. Kalibrasi	15
B. Verifikasi	16
C. Validasi	17

D. Analisis Statistik	17
KUALITAS AIR	25
A. Standar Menurut Peraturan Pemerintah	25
FILTER DAN WETLAND	31
A. Filter	31
1. Kerikil	31
2. Arang Batok Kelapa	33
3. Pasir Cor	35
B. Tanaman Air sebagai <i>Wetland</i>	37
1. Akar Wangi	38
2. <i>Cattail</i>	40
C. Parameter Limbah	42
1. Suhu	42
2. Tingkat Keasaman	43
3. Padatan Tersuspensi	44
4. Padatan Terlarut	44
5. Kebutuhan Oksigen Biologi	45
6. Kebutuhan Oksigen Kimia	46
Daftar pustaka	47
Biodata Penulis	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik air limbah domestik yang belum diolah.....	26
Tabel 2. Kriteria Air Berdasarkan Kelas	27
Tabel 3. Tabel Gradasi Agregat Kasar Berdasarkan SNI-03-2834- 2000	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Septic tank Komunal Tlogomas (2016).....	9
Gambar 2. Denah IPAL Komunal Tlogomas Kota Malang.....	11
Gambar 3. Model Fisik Pengolahan Limbah di Laboratorium.....	13
Gambar 4. Box filter 3 kotak dan wetland 2 kotak.....	14
Gambar 5. Arang batok kelapa	34
Gambar 6. Pasir Cor	36
Gambar 7. Tanaman Akar wangi (<i>Vetiveria zizanioides</i>)	38
Gambar 8. Tanaman Cattail (<i>Typha angostifolia</i>).....	41

PENDAHULUAN

A. Limbah Rumah Tangga

Limbah bahan buangan dari aktivitas manusia yang sudah tidak memiliki nilai dan daya guna. Jenis limbah cair pada dasarnya ada 2 yaitu limbah industri dan limbah rumah tangga. Limbah cair yang berasal dari aktifitas rumah tangga umumnya hanya mengandung zat organik, sehingga hanya membutuhkan pengolahan yang sederhana untuk menghilangkan polutan yang terdapat di dalamnya (Yasa, 2010). Limbah cair atau air buangan merupakan sisa air dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempattempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. *Domestic wastewater* (Limbah cair domestik) meliputi limbah cair dari dapur, kamar mandi, laundry dan sejenisnya.

Limbah cair sebagai air yang mengandung bahan pencemaran organik maupun yang berasal dari:

1) Kegiatan rumah tangga; seperti aktifitas mandi, mencuci pakaian, WC dan memasak.

- 2) Kegiatan komersil seperti hotel, resort, villa, rumah peristirahatan, perkantoran dan supermarket yang menghasilkan limbah cair.
- 3) Kegiatan industri yang menghasilkan air limbah seperti limbah cair dari industri, pertanian, peternakan, dan lain-lain yang menghasilkan limbah cair.
- 4) Air hujan yang turun melalui atap rumah, saluran drainase dan permukaan jalan.

Air limbah yang paling banyak dibuang dan mencemari sungai adalah air limbah yang berasal dari limbah rumah tangga (limbah domestik). Sekitar 50-75% dari beban organik yang berada di dalam sungai berasal dari limbah domestik (Nelwan, 2011). Akibat dari pembuangan limbah yang tidak berada pada tempatnya ini akan mengakibatkan munculnya berbagai macam penyakit saluran pencernaan, penyakit saluran pernapasan, dan penyakit lainnya. Jenis air limbah sendiri ada dua, yaitu air limbah *blackwater* dan air limbah *greywater* (Muti, 2011). Air limbah *blackwater* berasal dari kotoran manusia yang perlu pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai karena mengandung bakteri patogen. Pada umumnya *blackwater* ditampung kedalam *septic tank* atau langsung disalurkan ke *sewage system* untuk kemudian diolah dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah domestik (IPAL). Untuk air limbah *greywater* berasal dari kegiatan dapur (tempat cuci piring), air bekas mencucipakaian, dan air mandi yang biasanya langsung dibuang ke saluran drainase (selokan) atau ke perairan umum (sungai).

Penelitian Haandel et al. (2012), limbah cair domestik yang dikenal sebagai *black water* merupakan limbah cair yang berasal dari toilet. Sedangkan yang dikenal sebagai *grey water* merupakan limbah cair yang berasal dari dapur, laundry dan kamar mandi. Austin dan Yu (2016) menambahkan bahwa sebanyak 33,3% limbah cair dari rumah pada umumnya berasal dari toilet, 33,33% dari kegiatan mandi, dan sisanya berasal dari aktifitas mencuci baik itu makanan, minuman maupun pakaian. Dilihat dari komponen penyusunnya, limbah cair rumah tangga tersusun atas karbohidrat, lemak, protein, urea, garam fosfat, bakteri dan logam berat. Berdasarkan sifat limbah, maka proses pengolahan limbah cair dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

1) Proses Fisika

Proses ini dilakukan secara mekanik tanpa penambahan bahan kimia. Proses ini meliputi penyaringan, pengendapan dan pengapungan.

2) Proses kimia

Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan bahan kimia untuk menetralkan bahan pencemar.

3) Proses Biologi

Proses ini menghilangkan polutan menggunakan kerja mikroorganisme. Pada kenyataannya proses pengolahan ini tidak berjalan sendiri tapi sering harus dilaksanakan dengan kombinasi.

B. Blackwater

Air limbah rumah tangga terdiri dari 3 fraksi penting, yaitu tinja (*feces*), berpotensi mengandung mikroba patogen, air seni (*urine*), umumnya mengandung Nitrogen (N) dan Fosfor, serta kemungkinan kecil mikroorganisme yang biasa disebut *blackwater*. *Blackwater* merupakan salah satu limbah cair domestik yang memerlukan pengolahan yang tepat agar nantinya dapat dibuang tanpa menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan.

Blackwater dikenal dengan kandungan bahan organik yang tinggi, sehingga apabila diolah dengan baik, luaran yang dihasilkan juga dapat dimanfaatkan sebagai air untuk keperluan irigasi. Apabila hasil pengolahan limbah *blackwater* masih belum memenuhi standar untuk air irigasi pertanian, maka akan berdampak negatif bagi tanaman. Hal ini berkaitan dengan masih tingginya kandungan bahan organik dan polutan yang terkandung di dalamnya.

C. Greywater

Greywater merupakan bagian dari limbah cair domestik yang proses pengalirannya tidak melalui toilet, misalnya seperti air bekas mandi, air bekas mencuci pakaian, dan air bekas cucian dapur. Sekitar 60 – 85% dari total volume kebutuhan air bersih akan menjadi limbah cair domestik (Metcalf, 1991). Bagian dari *greywater* adalah sekitar 75% dari total volume limbah cair domestik (Hansen & Kjellerup dalam Eriksson et al, 2001). Penanganan *greywater* di Indonesia saat ini adalah langsung dibuang ke saluran drainase tanpa pengolahan sebelumnya).

Karakteristik *greywater* pada umumnya banyak mengandung unsur nitrogen, fosfat, dan potasium (Lindstrom, 2000). Unsur-unsur tersebut merupakan nutrisi bagi tumbuhan, sehingga jika *greywater* dialirkan begitu saja ke badan air permukaan maka akan menyebabkan eutrofikasi pada badan air tersebut.

Greywater yang merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi. *Greywater* sering juga disebut dengan istilah *sullage*. Sampai awal 1900-an limbah cair dari kota (*municipal wastewater*) yang berasal dari pemukiman, komersial, industri dan urban run off tidak diolah terlebih dahulu, sehingga masuk langsung ke perairan termasuk laut. *Greywater* adalah air limbah yang berasal dari kegiatan mandi dan cuci. Karakteristik *Greywater* adalah memiliki zat organik yang cukup tinggi dan *greywater* dari dapur memiliki kandungan organik yang lebih tinggi dibandingkan *greywater* dari kamar mandi

SEPTIC TANK KOMUNAL

A. Septick Tank

Tangki septik (*Septic Tank*) adalah suatu kolam atau bak bersekat-sekat sehingga terbagi-bagi dalam beberapa ruang, biasanya terdapat di bawah tanah. Tangki septik merupakan tempat pembuangan yang dibuat tangki ini dibuat dengan bahan yang kedap air sehingga air dalam tangki septik tidak dapat meresap ke tanah. Tangki septik berguna untuk pembuangan kotoran, tinja, dan sebagainya, yang tidak boleh disalurkan ke saluran pembuangan umum karena kekotorannya, dimaksudkan untuk menjaga kesehatan dan kebersihan lingkungan. Dalam tangki septik, air pembuangan dan bahan padat yang ikut diberi kesempatan membusuk dan musnah secara alamiah. Air yang keluar karena berlebih dibuang ke sumur septik yang dapat meneruskannya ke air tanah tanpa mengganggu kebersihan air tanah. Jika tidak diguyur dengan obat pembasmi renik, untuk jangka waktu lama, tangki septik tidak perlu dikuras.

Tangki septik digunakan untuk mengolah limbah cair rumah tangga skala individual. Tangki septik terdiri dari bak pengendap, ditambah dengan suatu filter yang diisi kerikil atau

pecahan batu untuk menguraikan limbah. Penguraian zat organik dalam limbah cair atau tinja dilakukan oleh bakteri anaerobik. Bak pengendap biasanya terdiri dari dua ruang, yang pertama berfungsi sebagai bak pengendap pertama, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung lumpur. Sedangkan ruang kedua berfungsi sebagai pengendap kedua dan penampung lumpur yang tidak terendapkan di ruang pertama dan luapan air dari bak pengendap dialirkan ke media filter dengan arah aliran dari bawah ke atas.

B. *Septic tank* Komunal

Septic tank Komunal atau yang lebih sering disebut IPAL komunal adalah *septictank* raksasa yang dibangun dengan teknologi yang lebih baik dengan menggunakan potensi kinetik dan menggunakan filter 5-7 lapis (*Anaerobic Baffle Reactor*) dapat mengubah limbah cair dan keluarannya diharapkan menjadi air sesuai standard baku mutu limbah domestik yang layak untuk disalurkan ke sungai, kolam ataupun area persawahan. Salah satu contoh pembuangan air limbah *septictank* komunal di Tlogomas kota Malang. Limbah tersebut setelah melalui endapan pada beberapa kolam kemudian langsung dibuang ke sungai.



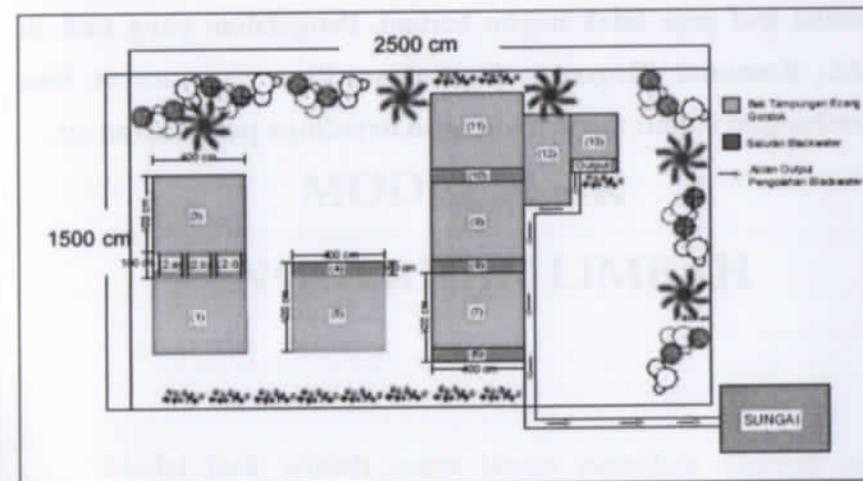
Gambar 1.
Septic tank Komunal Tlogomas (2016)

IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas atau MCK Terpadu terletak di Kelurahan Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, tepatnya disamping aliran sungai Brantas. Sejak puluhan tahun, warga RT 03 RW 07 Kelurahan Tlogomas, Kota Malang telah menerapkan perubahan perilaku kebersihan, yakni kebiasaan MCK ke sungai dirubah menjadi ke MCK. Pada mulanya, IPAL Komunal Tlogomas dikenal sebagai "tangki AG" atau Tangki Agus Gunarto, tepatnya sejak tahun 1986. Agus Gunarto merupakan pendiri IPAL Komunal Tlogomas dan telah mendapatkan penghargaan *World Technology Award* pada tahun 2001 dari sebuah kompetisi internasional di London, Inggris yang

diadakan oleh *World Technology Network* (WTN). IPAL Komunal Tlogomas memanfaatkan lahan seluas 25 m X 15 m untuk menampung limbah rumah tangga dari sebuah perkampungan di yang dihuni oleh 120 KK. Adapun konsep dan penataan yang ada sudah cukup bagus.

C. Pembuangan Limbah Dari Septicktank Komunal

Limbah cair yang berasal dari seluruh rumah yang terdapat di perkampungan Tlogomas disalurkan dengan pipa dan bermuara di IPAL Komunal yang berada tepat di belakang kampung. Berdasarkan hasil pengamatan, kawasan IPAL Komunal Tlogomas terlihat bersih dan dilengkapi dengan berbagai tanaman dan tempat duduk yang justru menjadikannya terlihat seperti taman. Jenis tanaman yang terdapat di kawasan IPAL Komunal Tlogomas antara lain jeruk, belimbing, pepaya, cabai, serta tanaman bunga pucuk merah dan aneka jenis puring. Penataan yang bagus, tertutup dan asri ini menjadikan IPAL Komunal Tlogomas jauh dari kesan kumuh. IPAL memiliki sembilan kolam penampungan limbah *blackwater* yang ditumbuhi dengan tanaman eceng gondok. Adapun *septic tank* ditempatkan di bagian sudut IPAL.



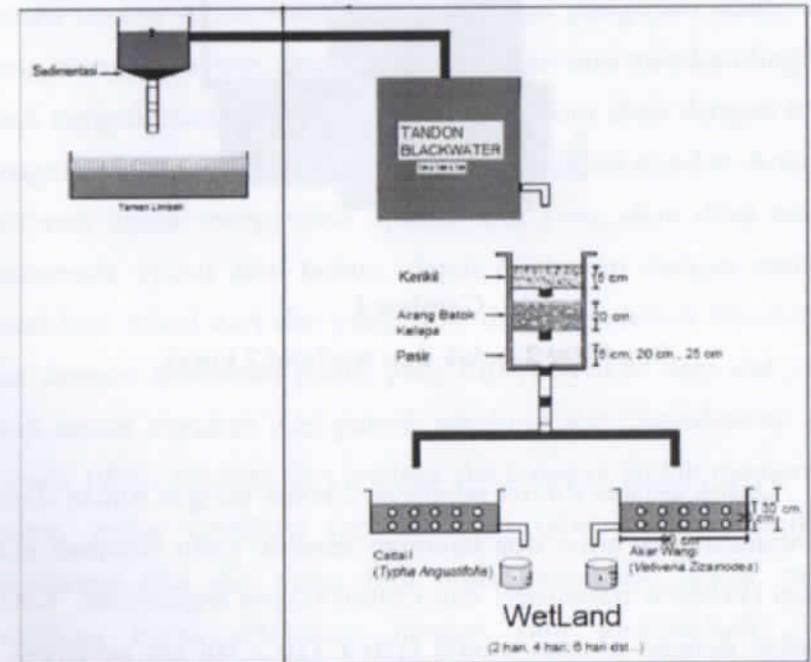
Gambar 2.
Denah IPAL Komunal Tlogomas Kota Malang

Sistem kerja IPAL komunal Tlogomas cukup sederhana, yakni menggunakan sistem pipa dan berbasis hukum gravitasi dan Archimedes. Prinsipnya adalah menampung dan mengolah limbah cair dari warga hingga akhirnya memenuhi standar dan layak dibuang ke sungai. Limbah *blackwater* yang telah terkumpul di bak induk nantinya akan disalurkan ke tangki penghancur dan diproses dengan metode filtrasi. Limbah kemudian disalurkan ke kolam endapan secara berurutan hingga melalui 9 kolam. Adapun kolam kolam terakhir adalah kolam yang difungsikan sebagai media penjernihan air. Sebagian besar proses pengolahan pada IPAL komunal bersifat terbuka, kecuali pada pipa saluran dan bak penghancur yang diposisikan tertutup. Adanya berbagai tanaman di IPAL Komunal dirasa membantu memperindah suasana IPAL yang sejatinya adalah tempat pengolahan limbah. Selain sejuk,

kondisi ipal juga tidak begitu berbau. Pengolahan yang baik di IPAL Komunal Tlogomas juga menjadikan masyarakat bisa membangun sumur tanpa takut akan terjadinya pencemaran air.

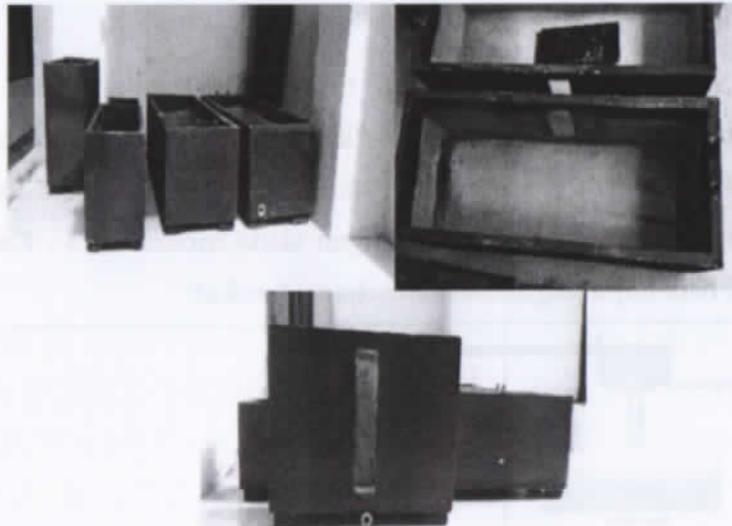
MODEL FISIK PENGOLAHAN LIMBAH

Model fisik adalah suatu tiruan peristiwa alamiah atau prototipe pada lapangan yang dibentuk dengan menggunakan model fisik di laboratorium. Model bangunan direncanakan dengan menggunakan perbandingan skala model 1 : 3 . Konsep model fisik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.
Model Fisik Pengolahan Limbah di Laboratorium

Model terdiri dari 3 kotak yang digunakan sebagai filter yang berisi kerikil, arang dan pasir dengan susunan dari kasar ke halus dengan tujuan supaya TSS dapat tersaring diatas sehingga aliran air ke bawah bisa lebih jernih. Adapun ukuran masing-masing kotak adalah (20 x 30 x 60) cm, (25 x 30 x 60) cm (30 x 30 x 60) cm dari ukuran di lapangan (30x30x170) cm dengan skala kedalaman 1 : 3



Gambar 4.

Box filter 3 kotak dan *wetland* 2 kotak

Untuk *wetland* dibuat sebanyak 2 kotak dengan tujuan dapat membandingkan antar dua tanaman tersebut yaitu tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) dan Cattail (*Typha angustifolia*). Kotak tersebut dengan ukuran model (120 x 110 x 60) cm sebanyak 2 buah dari ukuran lapangan (370 x 340 x 170) cm untuk tanaman

akar wangi dan *cattail*. Pada model fisik ini menggunakan debit limbah yang diambil dari IPAL komunal Tlogomas dengan 120 KK, sehingga debit aktual juga dimodelkan karena menyesuaikan kondisi tempat laboratorium yang ada. Spesifikasi teknis model fisik pengolahan limbah adalah sebagai berikut:

- Beton dengan mutu K₁₂₅ (1 PC : 2 Ps : 3Kr)
- Kaca penduga (untuk melihat level air)
- Kran dengan diameter ¾ "
- Cat dengan warna hitam

A. Kalibrasi

Kalibrasi mempunyai makna pengujian atau pencocokan. Secara umum dapat didefinisikan sebagai pengujian suatu alat yang dianggap belum akurat (tepat) dengan cara membandingkan hasil pengukuran berdasarkan alat yang akan diuji dengan hasil pengukuran alat yang dianggap tepat atau sesuai standar. Analisis kalibrasi untuk mengetahui apakah alat yang akan diuji sudah memenuhi syarat atau belum, dapat dilakukan dengan melihat kesalahan relatif dari alat yang akan diuji. Kemudian dibandingkan dengan kesalahan relatif yang diperbolehkan dari alat yang diuji sesuai standart dari pabrik pembuat alat (*Sosrodarsono dan Takeda, 1978*). Apabila dari analisis alat tersebut sudah memenuhi syarat, maka verifikasi (penyesuaian) tidak perlu dilakukan. Sebaliknya jika alat yang diuji tidak memenuhi syarat, maka verifikasi harus dilakukan dengan cara memperbaiki atau menyempurnakan alat ukur tersebut. Selanjutnya proses kalibrasi

dapat dilakukan lagi. Penyesuaian akhir dapat dilakukan dengan menambah suatu tetapan pada hasil (debit aliran) alat ukur yang diuji.

Persyaratan pengisian bak filter dan *wetland* adalah sebagai berikut:

- a. Kotak *wetland* untuk fitoremediasi diisi air blackwater tanpa media atau tanda tanah dan dibiarkan dengan waktu tinggal, sehingga dengan waktu tertentu dapat dianalisa.
- b. Kotak filter diisi material baik kerikil, arang, maupun pasir tidak penuh atau selisih 5 cm dr atas.
- c. Pada filter pengisian debit limbah sampai pada jenuh baru dibuka kran output. Hasil kualitas air output dimasukkan jirigen kecil untuk test laboratorium sesuai parameter terpilih.
- d. Kotak *wetland* diisi tanah tidak penuh atau selisih 5 cm dari atas.
- e. *Wetland* menerima siraman air sampai menggenang dr output filter bertingkat yang susunannya menyesuaikan hasil filter tunggal.

B. Verifikasi

Verifikasi dilakukan untuk mengetahui proses secara logika pada saat pengoperasian model dari kondisi lapangan yang besar diterapkan pada model fisik di laboratorium. Sehingga membandingkan kondisi lapangan ke model dengan proses fisik yang menggunakan cara statistik dan uji laboratorium pada setiap parameternya. Pada proses verifikasi ini juga dilihat sejauh mana

kemiripan model dan kondisi lapangan. Koefisien model dibagi dengan skala, sedangkan debit dikalikan dengan skala supaya bisa mendapatkan data yang akurat, yaitu persamaan yang didapat pada model bisa diterapkan di lapangan, sehingga persamaan yang didapat tidak lagi dirubah.

C. Validasi

Validasi adalah sebuah model konseptual untuk menentukan simulasi sebagai perbandingan. Program komputer adalah presentasi akurat dari system nyata yang akan dan sedang dimodelkan. Jadi validasi model konseptual adalah suatu proses pembentukan miniatur yang nyata yang dapat disimulasikan dengan system tertentu dimana model tersebut akan mendapatkan sebuah persamaan yang dapat diterapkan secara aktual atau *prototype*.

D. Analisis Statistik

1 Analisis Regresi Linier

Analisis Regresi Linier berganda adalah hubungan secara linear antara dua atau lebih variabel independen (X_1, X_2, \dots, X_n) dengan variabel dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah masing-masing variabel independen berhubungan positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio.

Persamaan Regresi Linier berganda adalah sebagai berikut:

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Keterangan:

- Y' : Variabel dependen (nilai yang diprediksikan)
 X_1 dan X_2 : Variabel independen
 A : Konstanta (nilai Y' apabila $X_1, X_2, \dots, X_n = 0$)
 b : Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

Dalam analisis Regresi, terdapat koefisien Regresi (R) yang digunakan untuk mengetahui besar pengaruh yang ditimbulkan dari serangkaian variabel independen (X_1, X_2, \dots, X_n) terhadap variabel dependen (Y). Nilai koefisien R berkisar antara 0 hingga 1, nilai koefisien yang semakin mendekati 1 menunjukkan bahwa pengaruh antar variabel semakin besar. Menurut Sugiyono (2007), pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi adalah sebagai berikut:

0,00 - 0,199 = sangat rendah

0,20 - 0,399 = rendah

0,40 - 0,599 = sedang

0,60 - 0,799 = kuat

0,80 - 1,000 = sangat kuat

Selanjutnya, salah satu hasil dari analisis Regresi adalah Koefisien Determinasi (R^2). Koefisien ini digunakan untuk mengetahui kontribusi atau besar pengaruh terhadap variabel dependen (Y) yang disebabkan oleh variabel independen (X). Nilai R^2 berkisar antara 0 hingga 100 persen, di mana semakin tinggi nilai R^2 maka semakin besar pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen.

2. Analisis Faktor

Analisis faktor adalah salah satu jenis analisis statistik multivariat yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antar variabel yang sama-sama merupakan variabel independen sehingga dapat dirumuskan menjadi satu variabel. Analisis faktor digunakan untuk mereduksi data dan menginterpretasikannya sebagai suatu variabel baru yang berupa variabel bentukan. Selain itu, analisis faktor juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor yang paling dominan terhadap suatu variabel. Di dalam analisis varian, regresi berganda dan diskriminan, satu variabel disebut sebagai variabel tak bebas (*dependent variable*) atau kriteria dan variabel lainnya sebagai variabel bebas atau prediktor. Di dalam analisis faktor disebut teknik interdependensi (*interdependence technique*) di mana seluruh set hubungan yang independen diteliti (Supranto, 2010).

Di dalam analisis faktor, variabel tidak dikelompokkan menjadi variabel bebas dan tidak bebas, sebaliknya penggantinya seluruh set hubungan interdependen antar-variabel diteliti. Analisis faktor dapat pula dipandang sebagai perluasan dari

analisis komponen utama. Keduanya merupakan teknik analisis yang menjelaskan struktur hubungan diantara banyak variabel dalam sistem konkret. Tujuan dari analisis faktor adalah untuk menggambarkan hubungan-hubungan kovarian antara beberapa variabel yang mendasari tetapi tidak teramati, kuantitas random yang disebut faktor (Johnson and Wichern, 2007).

Analisis faktor juga dapat digunakan untuk mengetahui faktor dominan. Analisis ini dapat dipandang sebagai perluasan Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis*) yang pada dasarnya bertujuan untuk mendapatkan sejumlah kecil faktor yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Mampu menerangkan semaksimal mungkin keragaman data.
2. Faktor-faktor tersebut saling bebas.
3. Tiap-tiap faktor dapat diinterpretasikan.

Vektor variabel acak X yang diamati dengan p komponen merupakan vektor rata-rata μ dan matriks ragam peragam Σ , secara linear bergantung pada sejumlah variabel acak yang tak teramati, yaitu F_1, F_2, \dots, F_m . Variabel acak ini disebut dengan *common factors*, sedangkan p adalah penyimpangan tambahan $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$, atau disebut dengan *specific factors*. Model persamaan analisis faktor dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_1 - \mu_1 &= \lambda_{11}F_1 + \lambda_{12}F_2 + \dots + \lambda_{1q}F_q + \varepsilon_1 \\ X_2 - \mu_2 &= \lambda_{21}F_1 + \lambda_{22}F_2 + \dots + \lambda_{2q}F_q + \varepsilon_2 \\ &\vdots \\ X_p - \mu_p &= \lambda_{p1}F_1 + \lambda_{p2}F_2 + \dots + \lambda_{pq}F_q + \varepsilon_p \end{aligned}$$

Dimana:

μ = rata-rata dari variabel ke- i

ε_i = faktor spesifik (*specific factors*) ke- i .

λ_i = *loading* untuk variabel ke- i pada faktor ke- j .

F_j = *common factors* ke- j

$i = 1, 2, \dots, p$ dan $j = 1, 2, \dots, q$

Dalam notasi matriks dapat dituliskan sebagai berikut:

$$X(p \times 1) - \mu(p \times 1) = L(p \times q)F(q \times 1) + \varepsilon(p \times 1)$$

Adapun struktur kovarian untuk model adalah:

$$1. \text{Cov}(X) = LL' + \psi$$

$$\text{Var}(X_i) = l_{i1}^2 + l_{i2}^2 + \dots + l_{im}^2$$

$$\text{Cov}(X_i, Y_j) = l_{i1}l_{j1} + l_{i2}l_{j2} + \dots + l_{im}l_{jm}$$

$$2. \text{Cov}(X, F) = L$$

$$\text{Cov}(X_i, Y_j) = l_{ij}$$

Model $(X - \mu) = LF + \varepsilon$ merupakan linier dalam faktor simultan. Selanjutnya, bagian dari *Variance* (X_i) dapat diterangkan oleh faktor simultan disebut *communality* ke- i . Bagian dari *Variance* (X_i) adalah faktor spesifik dan disebut *variance* spesifik ke- i .

$$\sigma_{ii} = l_{i1}^2 + l_{i2}^2 + \dots + l_{im}^2 + \psi_i = h_i^2 + \psi_i$$

Dimana:

h_i^2 = *communality*

ψ_i = varian spesifik ke- i

Faktor-faktor yang didapatkan dari metode PCA (*Principal Component Analysis*) umumnya masih sulit ditafsirkan secara langsung. Untuk itu dilakukan manipulasi dengan cara merotasi loading L dengan menggunakan metode Rotasi Tegak Lurus Varimax (*Varimax Orthogonal Rotation*) sesuai dengan saran beberapa ahli, karena rotasi tegak lurus varimax lebih mendekati kenyataan dibanding yang lain. Rotasi varimax adalah rotasi yang memaksimalkan faktor pembobot, dan mengakibatkan korelasi variabel-variabel dengan suatu faktor mendekati satu, serta korelasi dengan faktor lainnya mendekati nol, sehingga mudah diinterpretasikan.

Hasil dari rotasi tersebut adalah matriks *loading* baru, yakni L^* , yaitu $L^*(p \times q) = L(p \times q) \cdot T(q \times q)$, dimana T merupakan matriks transformasi yang dipilih. Sehingga, $T^T T = T T^T = I$, penentuan matriks transformasi T dilakukan hingga menghasilkan total keragaman kuadrat *loading* L sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^q \left(\sum_{i=1}^p \left(\frac{\lambda_{ij}}{h_i} \right)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^p \left(\frac{\lambda_{ij}}{h_i} \right)^2 \right)^2}{p} \right) \quad (4)$$

menjadi maksimum, dimana $V = \Sigma$ merupakan keragaman dari kuadrat loading untuk faktor ke- j dan $h_i^2 = \lambda_{i1}^2 + \lambda_{i2}^2 + \dots + \lambda_{iq}^2$ (*communality*, yaitu jumlah varians dari suatu variable ke- i yang dapat dijelaskan oleh sejumlah m *common factors*).

Berdasarkan perumusan di atas, rotasi dapat dinyatakan sebagai upaya untuk memperoleh faktor penimbang baru dengan

mengalikan faktor penimbang awal dengan matriks transformasi yang bersifat *orthogonal*. Hasilnya, matriks korelasi tidak akan berubah dan lebih mudah diinterpretasikan. Rotasi matriks *loading* menjadikan setiap variabel mempunyai nilai korelasi tinggi dan memiliki faktor tertentu saja. Adapun dengan faktor lain, variabel tersebut memiliki korelasi yang relatif rendah, sehingga setiap faktor menjadi lebih mudah ditafsirkan.

Tipe Analisis Faktor adalah antara lain Q-faktor Analisis, R-faktor Analisis, Analisis Faktor Konfirmatory (CFA), Analisis faktor eksploratori (EFA). Selanjutnya, penyusunan matrik korelasi adalah sebagai berikut:

- Matrik korelasi menunjukkan hubungan antara variable, nilai korelasi yang tinggi atau signifikan menunjukkan bahwa kedua variable tersebut berhubungan erat .
- KMO mengukur kecukupan sampel, indeks yang digunakan untuk menguji kesesuaian analisis faktor, nilainya minimal 0,5.
- Jika untuk mereduksi data, beri nama faktor hasil reduksi dan hitung faktor skor nya.

KUALITAS AIR

A. Standar Menurut Peraturan Pemerintah

Pengelolaan air limbah adalah pengelolaan semua limbah kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia, dan radioaktif (DepKes, 1990). Pengelolaan air limbah merupakan hal krusial kaitannya dengan usaha pemeliharaan lingkungan dan perlindungan masyarakat dari ancaman berbagai penyakit akibat pencemaran. Air limbah yang tidak ditangani secara benar akan mengakibatkan dampak negatif khususnya bagi kesehatan, sehingga perlu pengelolaan yang baik agar bila dibuang ke suatu areal tertentu tidak menimbulkan pencemaran yang didukung dengan Instalasi Pengolahan Air limbah (IPAL). Bahan pencemar adalah jumlah berat zat pencemar dalam satuan waktu tertentu yang merupakan hasil perkalian dari kadar pencemar dengan debit limbah cair.

cepat dibandingkan sebatang kayu, sehingga dalam penguraian limbah kotoran manusia akan lebih banyak membutuhkan oksigen. Pada pengujian laboratorium BOD, disimulasikan melalui proses penguraian polutan dari molekul besar menjadi lebih kecil secara alami. BOD ditentukan dengan jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam 5 hari oleh suatu sampel pada suhu standar 20^o C. Peningkatan proses biokimia BOD akan cenderung meningkat seiring dengan peningkatan suhu air.

6. Kebutuhan Oksigen Kimia (*Chemical Oxygen Demand / COD*)

COD adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) (Said, 2017). Kebutuhan oksigen kimia (COD) adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang diperlukan untuk oksidasi komponen-komponen polutan (organisme) dalam air dengan cara kimia, yaitu dengan menambah bahan kimia pengoksidasi pada polutan.

Bahan kimia (oksidator) K₂Cr₂O₇ banyak digunakan sebagai sumber oksigen dalam pengujian di laboratorium. Secara prinsip seba-gaian besar zat organik akan dioksidasi oleh K₂Cr₂O₇ dalam keadaan asam mendidih, dan reaksi berlangsung selama ± 2 jam. Nilai COD merupakan tolok ukur atas tingkat pencemaran air yang diakibatkan dari bahan organik. Bahan-bahan organik ini secara alami dioksidasi oleh mikroba sehingga akan menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhibaswara, B., Prasetya, I.R., Nico, M., Muzdalifah, Z., 2011. Pengelolaan Air Secara Ekonomis dengan Penggunaan Tanggul Batang Kelapa Serta Penjernih Air Alami. *Proceeding PgESAT (Psikologi, Ekonomi, Astra, Arsitektur Sipil) UniversitasGunadarma*. Depok18-19 Oktober 2011, Vol.4, ISSN:1858-2559.
- Afandi, Y. Vari, Henna, R. Sunoko, dan Kismartini. 2013. Pengelolaan Air Limbah Domestik Komunal Berbasis Masyarakat di Kota Probolinggo. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 10 Oktober 2013. ISBN 978-602-17001-1-2.
- Alhusin, Syahri. 2003. *Aplikasi Statistik Praktis dengan Menggunakan SPSS 10 for Windows*, Edisi Kedua. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Asep, Sapei, M.Yanuar, Purwanto, Sutoyo, Allen, K. 2011. Desain Pengolahan limbah WC Komunal Masyarakat Pinggir Sungai Desa Lingkar kampus. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 10 Agustus 2011, hlm 91-99 ISSN 0853-4217.

Al-Hamaiedeh, H., Bino, M. 2010. Effect Of Treated Grey Water Reuse In Irrigation On Soil And Plants. Vol. 256, Issues 1-3, Pages 115-119. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.02.004>.

A. Peramanan, A. Anto, W.B., P. Arunkumar, G. Naveen, K., A. Veera, S. 2014. Fabrication Of Human Powered Reverse Osmosis Water Purification Process. *International Journal of Research In Aeronautical and Mechanical Engineering*. Vol.2, Issue.3, pp: 90-95. ISSN: 2321-3051.

Arikunto, Suharsimi. 2002. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*, Edisi Revisi V, Jakarta: PT Rineka Cipta.

Austin, Gary dan Yu, Kongjian, 2016. *Constructed Wetlands and Sustainable Development*. Routledge, London dan New York.

Bhatia, M., & Dinesh, G. 2013. Analyzing Remediation Potential of Wastewater Through Wetland Plants: A Review. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. Vol.00, No.00. DOI 10.1002/ep.

Bian, Xiao, Gong, Hui dan Wang, Kaijun, 2018. Pilot-Scale Hydrolysis-Aerobic Treatment for Actual Municipal Wastewater: Performance and Microbial Community Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* Vol. 15, 477-485, doi: 10.3390/ijerph15030477.

Calheiros, C.S.C., Antonio, O.S.S. Rangel, dan Paula, M.L. Castro. 2013. *Constructed Wetlands for Tannery Wastewater Treatment in Portugal: Ten Years of Experience*. Vol.16, pp: 859-870.

doi: <http://dx.doi.org/10.1080/15226514.2013.798622>

Caroline, J., & Guido, A. Moa. 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Jurnal Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. ISBN 978-602-98569-1-0.

Chibueze, G. Achi, Mynepalli .K. C. Sridhar, Akinwale. O. Coker. 2015. Performance Evaluation of a Water Hyacinth Based Institutional Wastewater Treatment Plant to Mitigate Aquatic Macrophyte Growth at Ibadan, Nigeria. *International Journal of Applied Science and Technology*, Vol 4. No 3. May 2015.

Clarkson, BR, Ausseil, AE, dan Gerbeaux P., 2013. Wetland ecosystem services. In Dymond JR ed. *Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends*. Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand.

Cobb, Ami, Mikell, W., Edwin, P. Maurer, & Steven Chiesa. 2012. Low-Tech Coconut Shell Activated Charcoal Production. *International Journal for Service Learning in Engineering*. Vol. 7, No. 1, pp: 93-104.

Davis, Debra A., Gamble, Megan D., Bagwell, Christopher E., Bergholz, Peter W. dan Lovell, Charles R., 2011. Responses of Salt Marsh Plant Rhizosphere Diazotroph Assemblages to Changes in Marsh Elevation, Edaphic Conditions and Plant Host Species. *Environmental Microbiology*, Vol 61, 386–398, DOI 10.1007/s00248-010-9757-8.