

**RANCANGAN DAN HASIL MODEL FISIK
BLACKWATER PADA SEPTICKTANK KOMUNAL
STANDAR AIR PERTANIAN**

VOLUME 2

Dr.Ir. Lies Kurniawati Wulandari,MT.

**Dream Litera Buana
Malang 2019**

dreamlitera

RANCANGAN DAN HASIL MODEL FISIK *BLACKWATER* PADA SEPTICKTANK KOMUNAL STANDAR AIR PERTANIAN

VOLUME 2

Penulis:

Dr.Ir. Lies Kurniawati Wulandari,MT.

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

ISBN: 978-602-5518-77-5

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 **“RANCANGAN DAN HASIL MODEL FISIK BLACKWATER PADA SEPTICKTANK KOMUNAL STANDAR AIR PERTANIAN”**. Buku ini merupakan lanjutan dari Vol 1 yang berjudul Model Fisik Pengolahan Limbah *Blackwater* Pada *Septicktank* 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.

Hasil rancangan yang dibuat adalah desain model fisik septicktank komunal untuk menaikkan kualitas air buangan yang biasanya langsung ke sungai. Dalam hal ini air buangan dapat dimanfaatkan langsung ke tanaman dengan melihat 6 parameter yang terpilih seperti pH, suhu, *Total Suspended Solid* (TSS), Padatan Terlarut atau *Total Dissolved Solids* (TDS), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD).

Hasil penelitian filter tunggal kurang memenuhi syarat air pertanian sehingga dilanjutkan filter bertingkat dengan dengan hasil uji penyusunan material dari kasar ke halus. Hasil uji filter bertingkat masih kurang memenuhi syarat air pertanian, sehingga penelitian dilanjutkan dengan wetland dan diambil 2 macam tanaman sebagai pembanding.

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

A. Rancangan Model Fisik	1
B. Gambaran Objek Studi	3
C. Evaluasi Kerja IPAL	4
D. Alat dan Bahan	6

RANCANGAN DAN HASIL FILTRASI

A. Filter Tunggal.....	11
B. Filter Bertingkat.....	16

RANCANGAN DAN HASIL WETLAND

A. Fitoremediasi.....	21
-----------------------	----

B. Hasil Filter Bertingkat dan <i>Wetland</i>	25
1. Suhu	25
2. pH (<i>Potential of Hydrogen</i>).....	28
3. TSS (<i>Total Suspended Solids</i>).....	30
4. TDS (<i>Total Dissolved Solids</i>)	33
5. BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	36
6. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	38

HASIL ANALISIS STATISTIK

A. Hasil Analisis Regresi Tiap Parameter	41
1. Suhu	43
2. pH (<i>Potential of Hydrogen</i>).....	45
3. TSS (<i>Total Suspended Solids</i>).....	48
4. TDS (<i>Total Dissolved Solids</i>)	51
5. BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	54
6. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	57
B. Hasil Analisis Seluruh Parameter	60
1. Analisis Faktor.....	60
2. Analisis Regresi Linier.....	63

PENUTUP

A. Kesimpulan	67
Daftar pustaka.....	69
Biodata Penulis	79
Lampiran	81

DAFTAR TABEL

TABEL 1. Hasil Perlakuan <i>Blackwater</i> dengan filter Tunggal.....	13
TABEL 2. Hasil Perlakuan <i>Blackwater</i> dengan Filter Bertingkat.....	17
TABEL 3. Hasil Pengolahan limbah <i>Blackwater</i> dengan Fitoremediasi.....	22
TABEL 4. Data hasil pengukuran suhu blackwater (Akar Wangi).....	25
TABEL 5. Data hasil pengukuran suhu blackwater (Cattail)	27
TABEL 6. Data Hasil pengukuran pH (Akar Wangi).....	28
TABEL 7. Data Hasil pengukuran pH blackwater (Cattail) ..	30
TABEL 8. Data hasil pengukuran TSS blackwater (Akar Wangi).....	31
TABEL 9. Data hasil pengukuran TSS blackwater (Cattail)..	32
TABEL 10. Data hasil pengukuran TDS blackwater (Akar Wangi).....	34

TABEL 11. Data hasil pengukuran TDS blackwater (Cattail)	35
TABEL 12. Data hasil pengukuran BOD blackwater (Akar Wangi).....	36
TABEL 13. Data hasil pengukuran BOD blackwater (Cattail)	37
TABEL 14. Data hasil pengukuran COD blackwater (Akar Wangi).....	38
TABEL 15. Data hasil pengukuran COD blackwater (Cattail)	39
TABEL 16. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter Suhu pada Tanaman Akar Wangi	43
TABEL 17. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter Suhu pada Tanaman Cattail	44
TABEL 18. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter pH pada Tanaman Akar Wangi	45
TABEL 19. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter pH pada Tanaman Cattail	46
TABEL 20. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter TSS pada Tanaman Akar Wangi.....	48
TABEL 21. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter TSS pada Tanaman Cattail	49
TABEL 22. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter TDS pada Tanaman Akar Wangi.....	51

TABEL 23. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter TDS pada Tanaman Cattail.....	52
TABEL 24. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter BOD pada Tanaman Akar Wangi.....	54
TABEL 25. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter BOD pada Tanaman Cattail.....	55
TABEL 26. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter COD pada Tanaman Akar Wangi.....	57
TABEL 27. Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter COD pada Tanaman Cattail	58
TABEL 28. Ringkasan Hasil Analisis Faktor.....	62
TABEL 29. Ringkasan Hasil Analisis Regresi antara Debit Air, Ketebalan Pasir dan Waktu Tinggal dengan Parameter Kualitas Air pada Tanaman Akar Wangi.....	63
TABEL 30. Ringkasan Hasil Analisis Regresi antara Debit Air, Ketebalan Pasir dan Waktu Tinggal dengan Parameter Kualitas Air pada Tanaman Cattail.....	64

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1. Box filter	2
GAMBAR 2. IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas Kota Malang.....	4
GAMBAR 3. Denah IPAL Komunal Tlogomas Kota Malang.....	5
GAMBAR 4. Alat pengukuran sampel air limbah (Jerigen, alat horibah dan pH meter)	7
GAMBAR 5. Peralatan filter.....	7
GAMBAR 6. Limbah Blackwater.....	8
GAMBAR 7. Bahan Filter.....	9
GAMBAR 8. Akar Wangi dan Cattail.....	9
GAMBAR 9. Skema Pengolahan blackwater dengan filter tunggal	12
GAMBAR 10. Grafik filter tunggal dari hasil penelitian	14
GAMBAR 11. Skema Pengolahan Blackwater dengan Filter Bertingkat.....	16

GAMBAR 12. Grafik hasil pengolahan limbah blackwater dengan filter bertingkat	20
GAMBAR 13. Skema Pengolahan limbah Blackwater dengan Fitoremediasi	21
GAMBAR 14. Karakteristik limbah blackwater selama proses pengolahan secara fitoremediasi	24

dreamlitera

PENDAHULUAN

A. Rancangan Model Fisik

Model fisik adalah suatu tiruan peristiwa alamiah atau prototipe pada lapangan yang dibentuk dengan menggunakan model fisik 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). Untuk *wetland* dibuat sebanyak 2 buah kotak dengan tujuan dapat membandingkan antar dua tanaman tersebut yaitu tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) dan Cattail (*Typha angustifolia*). Kotak tersebut dengan ukuran (120 x 110 x 60 cm) sebanyak 2 buah 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.

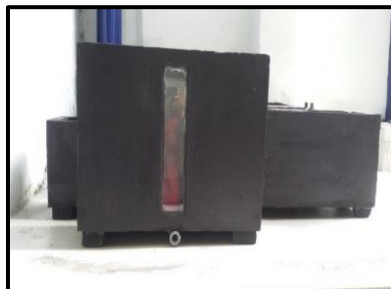
Spesifikasi Teknis Model:

- Beton dengan mutu K_{125} (1 PC : 2 Ps : 3Kr)
- Kaca penduga (untuk melihat level air)
- Kran dengan diameter $\frac{3}{4}$ "
- Cat dengan warna hitam

Model fisik ini dibuat dengan skala 1 : 264 dengan skala debit, yakni menyesuaikan luasan tempat yang ada di laboratorium, antara lain sebagai berikut:

a) Tandon Air

b) Filter 3 kotak dengan ukuran: (15 cm x 60 cm), (20 cm x 60 cm), (25 cm x 60 cm)



Gambar 1. Box filter

Persyaratan pengisian kotak filter dan *wetland* adalah :

- 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. Gambaran Objek Studi

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.



Gambar 2.

IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas Kota Malang

C. Evaluasi Kinerja IPAL

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

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.

D. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat ukur pH meter (lakmus), alat Horibah, jirigen, stopwatch, kamera, alat tulis, dan lain-lain. Selain itu, digunakan desain model yang terdiri dari 3 kotak untuk filter bertingkat dan 2 kotak besar untuk 2 jenis tanaman basah (*wetland*).



Gambar 4.

**Alat pengukuran sampel air limbah
(Jerigen, alat horibah dan pH meter)**



Gambar 5. Peralatan filter

Selanjutnya, bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

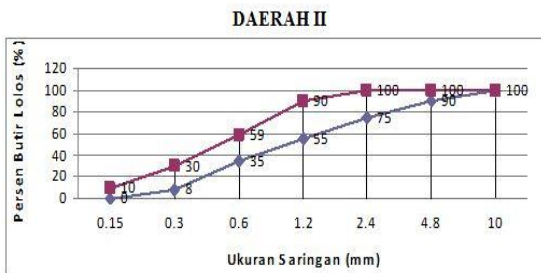
a. Bahan Baku

- Limbah rumah tangga (*Blackwater*) yang diambil dari MCK komunal Tlogomas



Gambar 6. Limbah *Blackwater*

b. Bahan Filter



Gambar 2.2. Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar

NO. AYAKAN	DIAMETER LUBANG AYAKAN (mm)
4	4.75
6	3.35
8	2.36
10	2.00
20	0.85
30	0.60
40	0.425
50	0.30
60	0.25
80	0.18
100	0.15
140	0.106
170	0.088
200	0.075

* Kerikil kasar dengan ayakan kerikil no ½, dengan ukuran 12,5 mm.

- Arang aktif kasar dari batok kelapa dengan ayakan no 10, dengan ukuran 2 mm

* Pasir Cor dengan ayakan pasir no 10, dengan ukuran 2 mm.



Gambar 7. Bahan Filter

c. Bahan *Wetland*

- Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanoides*)
- Tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia*)



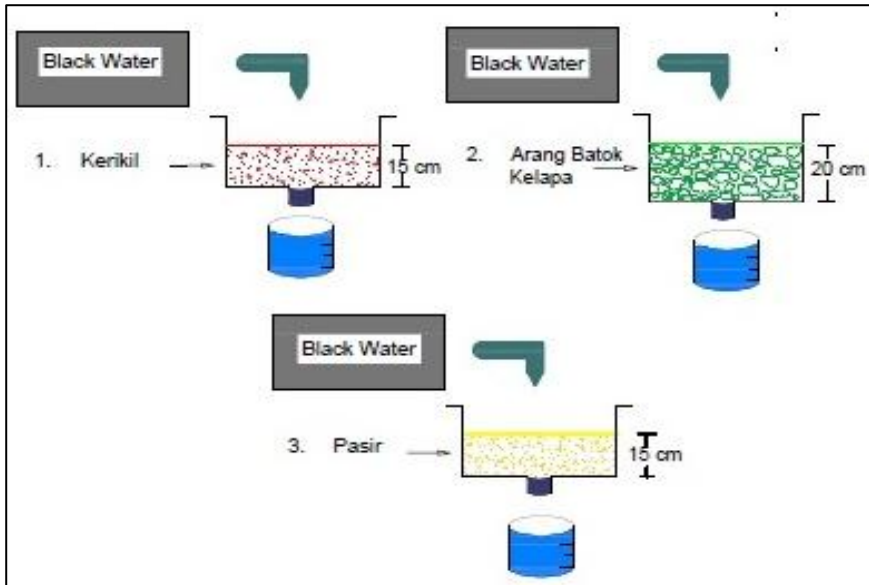
Gambar 8. Akar Wangi dan *Cattail*

dreamlitera

RANCANGAN & HASIL FILTER

A. FILTER TUNGGAL

Tahap penelitian ini dilakukan untuk mengetahui setiap material yang digunakan dapat menyerap polutan apa saja sehingga hasilnya dapat dianalisa. Material yang digunakan adalah kerikil, arang dan pasir. Langkah awal yaitu siapkan semua bahan kemudian isikan pada masing-masing kotak penelitian. Jika sudah siap maka tuanglah air limbah *blackwater* pada setiap kotak penelitian samapai jenuh. Kalau sudah jenuh, maka bukalah kran masing-masing percobaan dan ditampung untuk diperiksa sesuai parameter yang terpilih. Rancangan metode pengolahan limbah *blackwater* dengan filter tunggal yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan secara visual melalui gambar 5.2. Material filter yang digunakan adalah kerikil, arang dan pasir, dengan ketebalan masing-masing adalah 15 cm, 20 cm, dan 25 cm.



Gambar 9.

Skema Pengolahan *blackwater* dengan filter tunggal

Dalam penelitian ini, pengamatan dilakukan dengan mengukur parameter-parameter kualitas air terpilih, yang terdiri dari pH, Suhu, TSS, TDS, BOD, dan COD. Berikut ditunjukkan tabel deskriptif dari hasil pengolahan limbah *blackwater* dengan menggunakan perlakuan filter tunggal, yakni kerikil, arang, dan pasir secara individual:

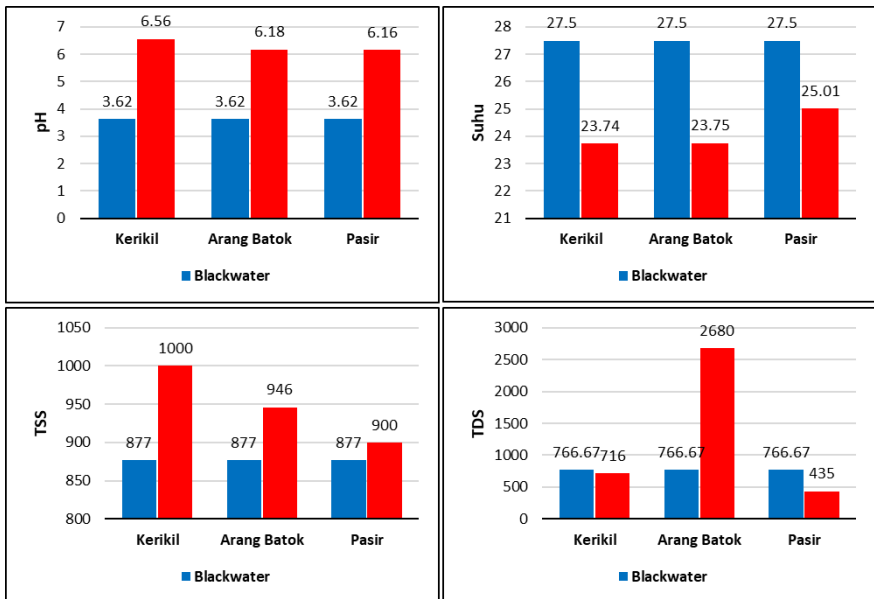
Tabel 1.

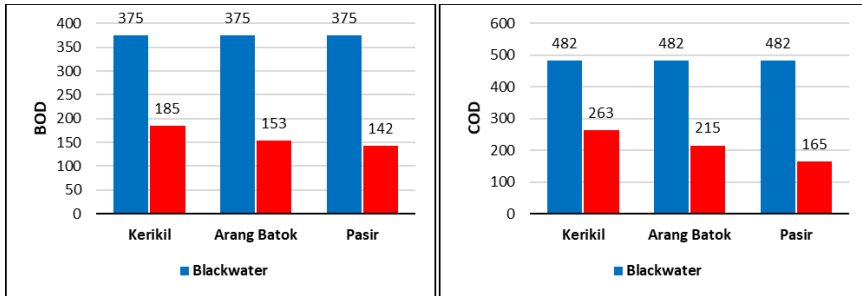
Hasil Perlakuan *Blackwater* dengan filter Tunggal

No	Parameter	Kondisi Awal <i>Blackwater</i>	Hasil Filter Kerikil	Hasil Filter ArangBatok	Hasil Filter Pasir	Standar (Kelas I V)
1	pH	3.62	6.56	6.18	6.16	5-9
2	Suhu (°C)	27.5	23.74	23.75	25.01	21
3	TSS (mg/L)	877	1000	946	900	400
4	TDS (mg/L)	766.67	716	2680	435	2000
5	BOD (mg/L)	375	185	153	142	12
6	COD (mg/L)	482	263	215	165	100

Sumber: Hasil penelitian

Berikut disajikan grafik perubahan kualitas air pada limbah *blackwater* berdasarkan masing-masing parameter yang diukur:





Gambar 10.

Grafik filter tunggal dari hasil penelitian

Penelitian awal dilakukan dengan menggunakan perlakuan filter tunggal, yakni kerikil, arang dan pasir untuk meningkatkan kualitas limbah *blackwater*. Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan melalui tabel dan grafik di atas, dapat diketahui bahwa proses filtrasi dengan material kerikil mampu menurunkan kadar TSS *blackwater* sebesar 17%. Adapun pada material arang aktif, kadar TSS turun hingga 21%, sedangkan pada material pasir turun hingga 25%. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa pasir merupakan material terbaik dalam menurunkan kadar TSS pada limbah *blackwater*.

Terkait parameter pH, material kerikil mampu meningkatkan kadar pH hingga 150%. Pada material arang aktif, pH *blackwater* mengalami peningkatan hingga 136%, sedangkan pada material pasir naik hingga 135%. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa dalam penelitian ini kerikil merupakan material filter terbaik untuk menurunkan derajat keasaman limbah *blackwater*. Terkait parameter suhu, hasil penelitian tidak menunjukkan adanya perubahan yang signifikan antara suhu

14

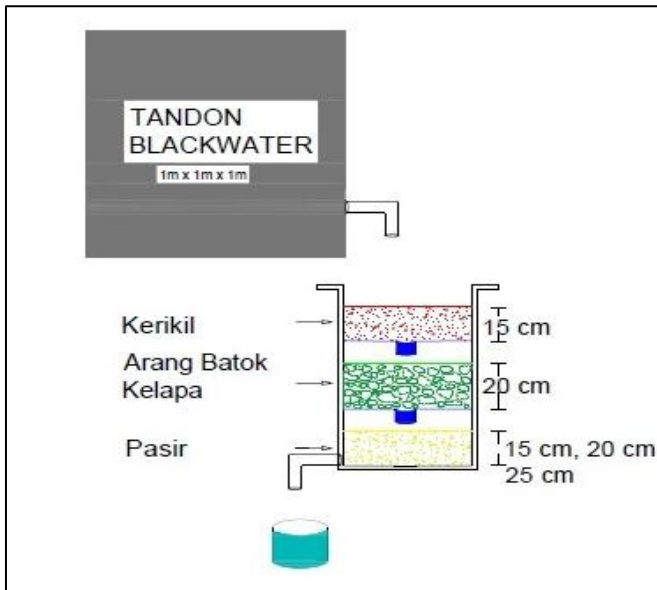
blackwater sebelum dan sesudah perlakuan. Keadaan tersebut berlaku pada ketiga material filter yang digunakan.

Penelitian ini juga menunjukkan temuan bahwa kadar TDS *blackwater* tidak mengalami penurunan yang signifikan. Berdasarkan hasil filtrasi dengan material arang, kadar TDS justru meningkat hingga 280%. Selanjutnya, berdasarkan hasil pengukuran pada parameter BOD, material kerikil mampu menurunkan kadar BOD hingga 49%. Sedangkan pada material arang aktif turun hingga 58%, dan pada hasil filtrasi dengan material pasir turun hingga 61%. Disini terlihat bahwa pasir merupakan material terbaik dalam menurunkan kadar BOD pada limbah *blackwater*. Hasil pengukuran pada parameter COD menunjukkan bahwa material kerikil mampu menurunkan kadar COD hingga 44%, sedangkan material arang aktif hingga 54%, dan pasir hingga 65%. Temuan ini menunjukkan bahwa pasir merupakan material filter terbaik untuk menurunkan kadar COD *blackwater*.

Secara keseluruhan, hasil pengolahan limbah *blackwater* dengan filter tunggal menunjukkan hasil dimana kualitas *blackwater* telah mengalami peningkatan berdasarkan parameter-parameter kualitas air yang diukur. Selain itu, material filter yang paling potensial dalam mereduksi polutan yang terkandung dalam limbah *blackwater* adalah pasir. Selanjutnya, limbah *blackwater* dapat diolah lagi dengan menerapkan perlakuan filter bertingkat, yakni kombinasi bersusun dari material kerikil, arang, dan pasir. Secara rinci, hasil perlakuan akan dijelaskan pada bagian berikutnya.

B. FILTER BERTINGKAT

Desain filter bertingkat yang diterapkan dalam penelitian ini dijelaskan melalui gambar 5.2. Pada tahap percobaan ini, material filter disusun secara bertingkat berdasarkan tekstur dan karakteristiknya, yakni mulai dari partikel kasar ke halus (Kerikil, arang, kemudian pasir). Ketebalan material kerikil yang digunakan adalah 15 cm, sedangkan arang 20 cm. adapun pada material pasir, digunakan tiga variasi ketebalan, yakni 15 cm, 20 cm, dan 25 cm.



Gambar 11.

Skema Pengolahan *Blackwater* dengan Filter Bertingkat

Tabel 2 berikut menjelaskan hasil penelitian secara deskriptif terkait karakteristik limbah *blackwater* selama proses pengolahan dengan metode filter bertingkat.

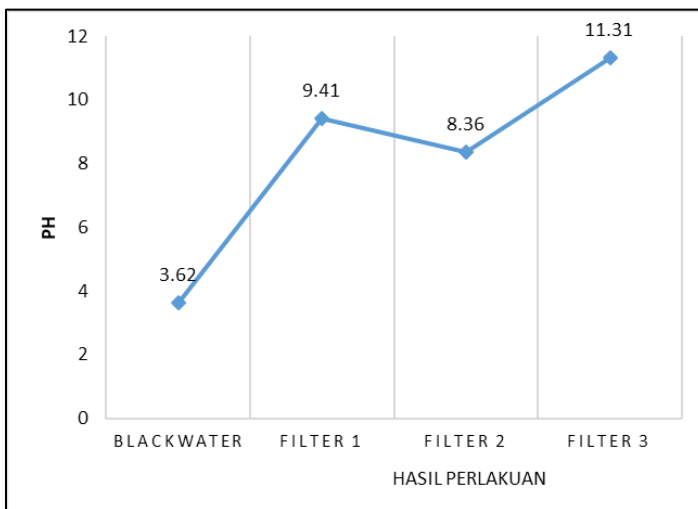
Tabel 2.

Hasil Perlakuan *Blackwater* dengan Filter Bertingkat

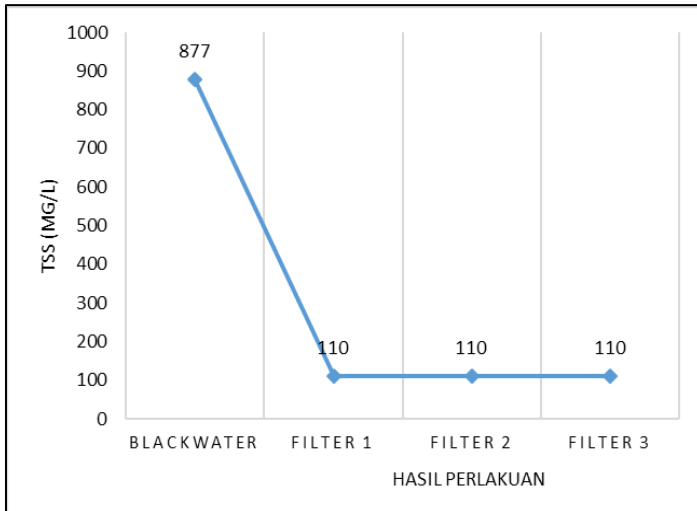
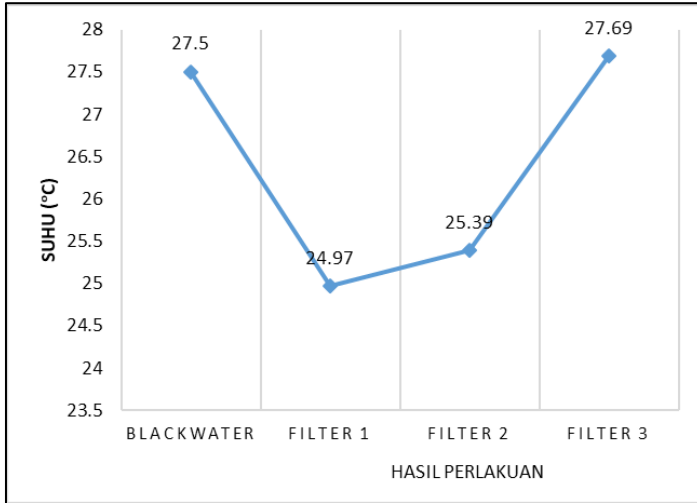
No	Parameter	<i>Blackwater</i>	Hasil Filter 1	Hasil Filter 2	Hasil Filter 3
1	pH	3.62	9.41	8.36	11.31
2	Suhu (°C)	27.5	24.97	25.39	27.69
3	TSS (mg/L)	877	110	110	110
4	TDS (mg/L)	766.67	3200	590	6620
5	BOD (mg/L)	375	166	135	119
6	COD (mg/L)	482	173	195	175

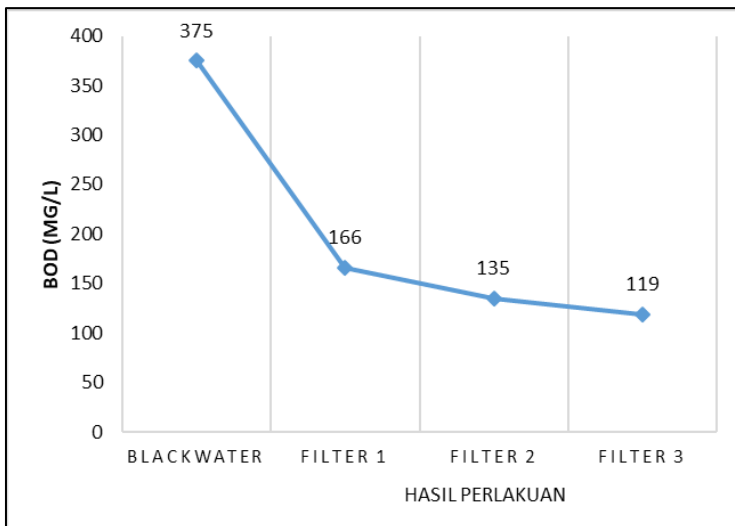
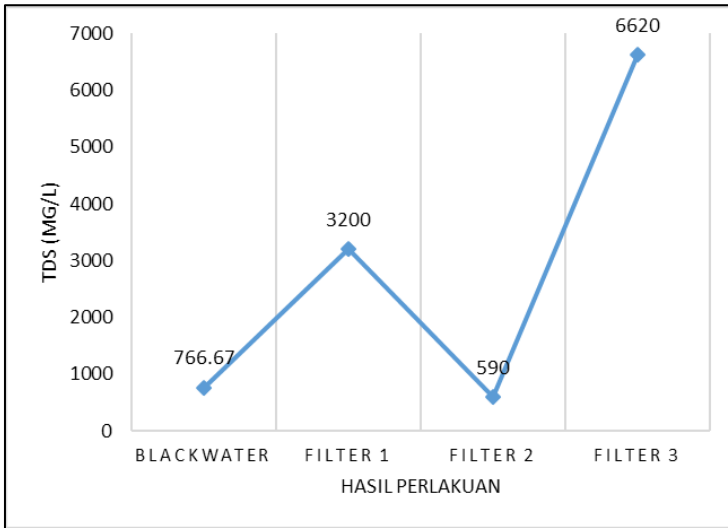
Sumber: Hasil Penelitian

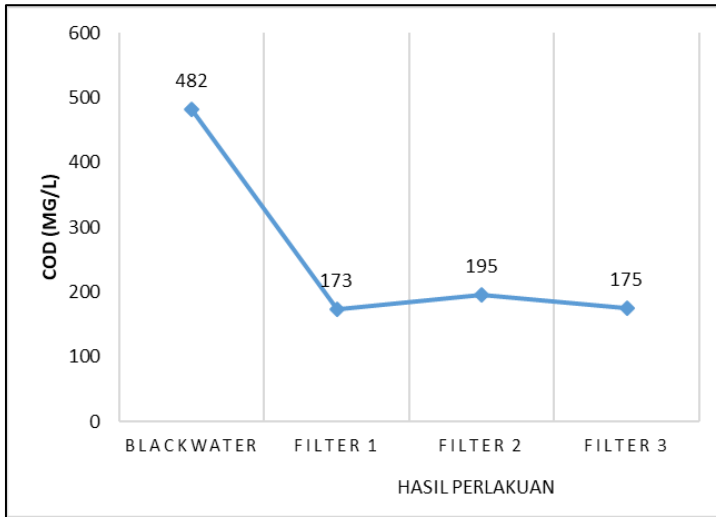
Selanjutnya, sajian data diatas ditransformasi dalam bentuk grafik untuk menjelaskan perubahan (peningkatan) kualitas air limbah *blackwater* secara visual. Grafik dibawah disajikan berdasarkan masing-masing parameter kualitas air.



dreamlitera







Gambar 12.

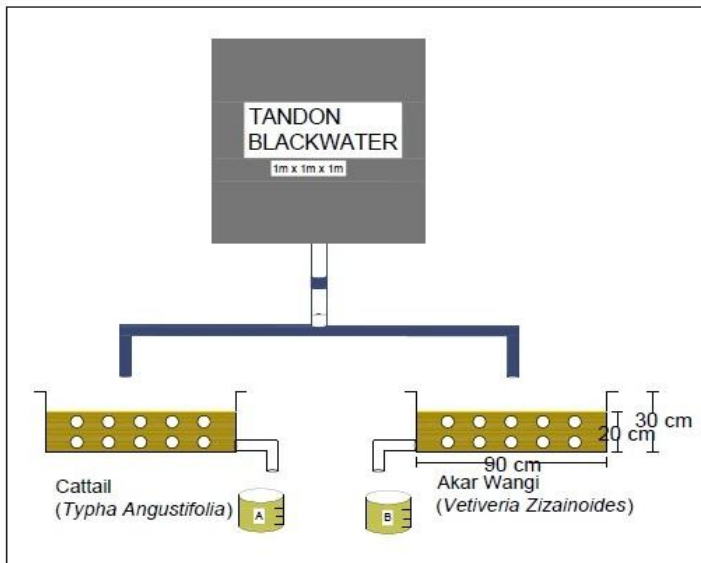
Grafik hasil pengolahan limbah *blackwater* dengan filter bertingkat

Dapat diketahui bahwa karakteristik *blackwater* telah mengalami perubahan. Dengan kata lain, kualitas air telah meningkat berdasarkan hasil pengukuran parameter-parameter pH, suhu, TSS, TDS, BOD, dan COD. Meskipun secara umum kualitas air telah mengalami peningkatan, namun perlu diterapkan metode perlakuan selanjutnya dengan menggunakan sistem *constructed wetland* untuk mendapatkan hasil akhir yang memenuhi kriteria baku mutu air kelas IV (air pertanian).

RANCANGAN & HASIL WETLAND

A. FITOREMEDIASI

Desain pengolahan limbah *blackwater* melalui metode fitoremediasi yang diterapkan dalam penelitian ini dijelaskan melalui gambar 5.5. Fitoremediasi dilakukan dengan menggunakan dua jenis tanaman air yang potensial untuk digunakan sebagai agen remediasi air limbah, yakni Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) dan Cattail (*Typha angustifolia*).



Gambar 13.

Skema Pengolahan limbah *Blackwater* dengan Fitoremediasi

Tabel 3 berikut menyajikan hasil pengolahan limbah *blackwater* dengan metode fitoremediasi. Pada bagian ini, parameter kualitas air yang diukur hanya empat, yaitu pH, suhu, TDS, dan TSS. Pengamatan dilakukan pada interval 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.

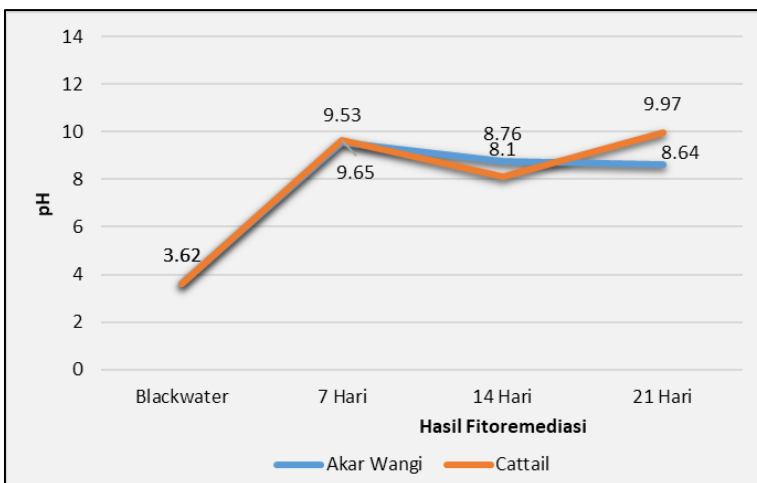
Tabel 3.

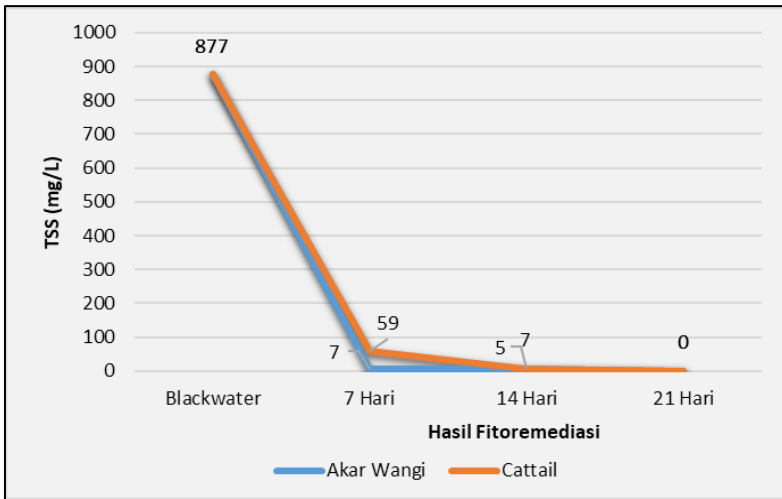
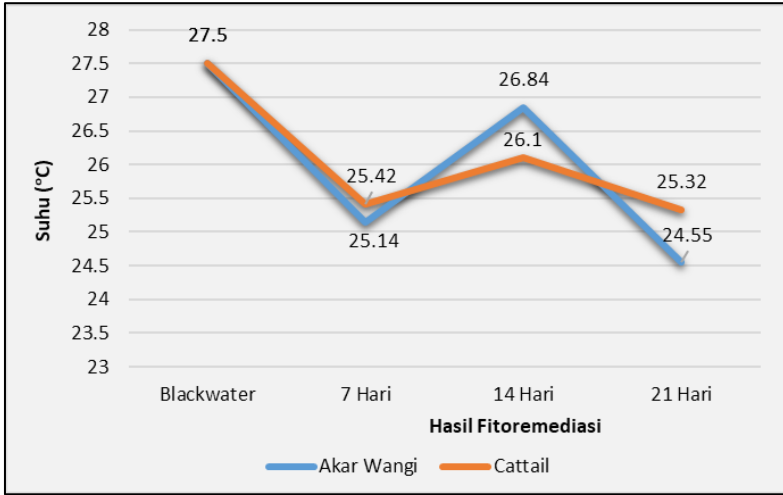
Hasil Pengolahan limbah *Blackwater* dengan Fitoremediasi

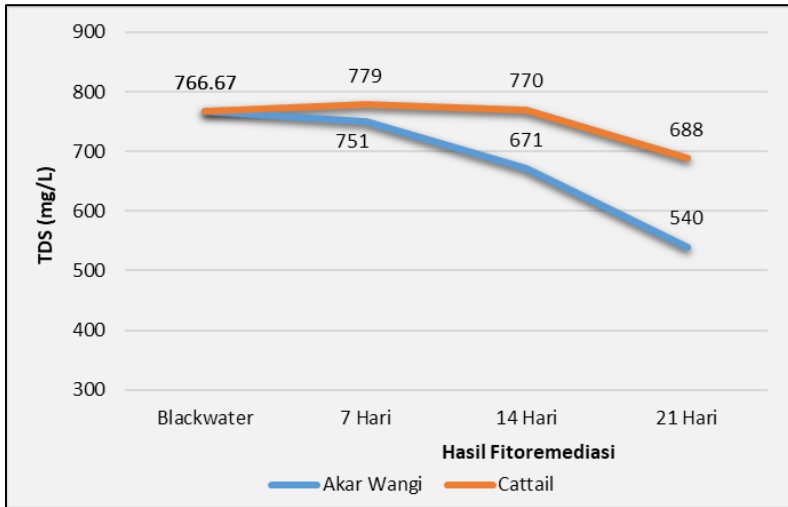
No	Parameter	Data <i>Black 3</i>	Usia 7 Hari		Usia 14 Hari		Usia 21 Hari	
			AW	<i>Cattail</i>	AW	<i>Cattail</i>	AW	<i>Cattail</i>
1	pH	3.62	9.53	9.65	8.76	8.1	8.64	mati
2	Suhu (°C)	27.5	25.14	25.42	26.84	26.1	24.55	mati
3	TSS (mg/L)	877	7	59	7	5	0	mati
4	TDS (mg/L)	766.67	751	779	671	770	540	mati

Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 14 berikut menyajikan grafik yang merupakan transformasi sajian data dalam tabel 3 di atas.







Gambar 14.

Karakteristik limbah *blackwater* selama proses pengolahan secara fitoremediasi

Penerapan metode fitoremediasi dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan tanaman Akar Wangi dan *Cattail* dalam menyerap polutan yang terkandung dalam limbah *blackwater* selama waktu tinggal 7 hari, 14 hari, dan 21 hari. Secara keseluruhan, hasil penelitian yang disajikan melalui Tabel 3 dan Gambar diatas menunjukkan hasil yang tidak begitu bagus. Hal tersebut dikarenakan tanaman *Cattail* mati pada waktu pengamatan ketiga (21 hari).Tanaman *Cattail* diduga tidak tahan dengan karakteristik media yang hanya terdiri dari air saja, sedangkan habitat aslinya adalah lumpur. Adapun tanaman Akar Wangi masih mampu bertahan hidup dan subur.

B. HASIL FILTER BERTINGKAT DAN WETLAND

1. Suhu

Suhu adalah parameter yang digunakan untuk menunjukkan temperatur dari media (pada kasus ini adalah air). Secara normal, suhu air dipengaruhi oleh suhu di lingkungan sekitar dan nilai suhu air terukur tidak boleh melebihi deviasi $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu lingkungan sekitar. Dari hasil pengamatan, semua perlakuan menunjukkan suhu yang normal yaitu pada kisaran $25 - 27^{\circ}\text{C}$ dan tidak lebih dari deviasi $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu lingkungan sekitar tempat penelitian.

Tabel 4. Data hasil pengukuran suhu *blackwater* (Akar Wangi)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	Suhu Awal	Suhu Filter	Suhu pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	27.5	24.97	26.11	25.87	25.10	21
	220			26.02	25.56	25.31	
	240			25.92	25.34	25.77	
20	180	27.5	25.39	26.00	25.80	25.00	
	210			25.86	25.57	25.54	
	230			25.95	25.66	25.11	
25	240	27.5	27.69	26.00	25.00	25.49	
	250			25.83	25.47	25.67	
	260			25.04	25.73	25.71	

Sumber: Hasil Penelitian

Pada gambar 5.13, terlihat bahwa suhu limbah *blackwater* berbeda-beda antar waktu tinggal. Hal tersebut merupakan hasil dari waktu pengukuran yang berbeda serta lokasi atau

karakteristik lingkungan sekitar. Pengambilan sampel dilakukan pada saat pagi hari sampai pada siang hari, dimana pada waktu tersebut aktifitas penduduk (MCK) masih sangat aktif.

Grafik diatas khusus menyajikan deskripsi suhu *blackwater* pada masing-masing pengamatan berdasarkan waktu tinggal di *wetland*. Kondisi suhu sampel awal berubah-ubah menyesuaikan suhu sekitar pada saat penelitian, dimana saat itu merupakan musim penghujan. Sampel awal atau *blackwater* tidak mengandung bahan-bahan yang dapat bereaksi menghasilkan perubahan suhu secara signifikan. Hal ini sesuai dengan pengamatan dilapangan, dimana suhu pada saat sampel awal datang relatif normal. Setelah melalui proses pengolahan menggunakan filter bertingkat dengan variasi kombinasierata didiamkan dalam bak *wetland*, didapat kisaran suhu air output yaitu 25°C – 25.71°C. Pada proses penyaringan dan perendaman pada bak *wetland*, bahan-bahan yang ada tidak mempengaruhi kondisi suhu air output. Deviasi suhu air *output* yang dihasilkan pada semua kombinasi perlakuan adalah 1, yang menunjukkan bahwa suhu air hasil pengolahan berada pada kisaran normal.

Tabel 5.

Data hasil pengukuran suhu *blackwater* (*Cattail*)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	Suhu Awal	Suhu Filter	Suhu pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	27.5	24.97	26.92	26.04	25.20	21
	220			26.37	25.63	25.03	
	240			26.80	25.31	25.26	
20	180	27.5	25.39	26.00	26.00	26.00	
	210			25.26	25.21	25.23	
	230			25.89	25.52	25.81	
25	240	27.5	27.69	26.00	25.00	25.59	
	250			25.54	25.51	25.59	
	260			25.03	25.83	26.17	

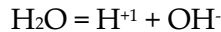
Sumber: Hasil Penelitian

Sejalan dengan hasil sebelumnya, pada perlakuan dengan sistem *wetland* menggunakan tanaman *Cattail*, dapat diketahui bahwa suhu limbah *blackwater* bervariasi sesuai dengan kondisi saat pengambilan sampel di lokasi. Suhu salah satunya sangat dipengaruhi oleh naungan yang terdapat disekitarnya. Grafik berikut khusus menjelaskan karakteristik suhu limbah *blackwater* selama waktu tinggal di bak *wetland*.

Berdasarkan gambar 5.16 di atas, dapat diketahui bahwa suhu *blackwater* selama waktu tinggal di *wetland* berada pada kisaran 25°C – 26.80°C yang menunjukkan bahwa suhu berada pada kisaran normal. Suhu tertinggi dijumpai pada perlakuan ketebalan pasir 15 cm pada waktu tinggal 2 hari. Sedangkan suhu terendah dijumpai pada perlakuan ketebalan pasir 25 cm pada waktu tinggal 4 hari.

2. pH (*Potential of Hydrogen*)

pH merupakan parameter yang menunjukkan derajat keasaman dari media, yang dalam hal ini adalah air. Derajat keasaman air disebabkan adanya disosiasi ion hidrogen dan ion hidroksil dari air dengan reaksi sebagai berikut:



apabila suatu larutan mengalami disosiasi dan menghasilkan ion hidrogen, maka larutan tersebut disebut larutan asam. Sebaliknya, jika proses disosiasinya menghasilkan ion hidroksil, maka disebut larutan basa. Standar nilai pH yang digunakan sebagai batas acuan pada penelitian ini adalah 5-9.

Tabel 6.
Data Hasil pengukuran pH (Akar Wangi)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	pH Awal	pH Filter	pH pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	3.62	9.41	9.2	8.6	8.1	5-9
	220			9.1	8.5	8.1	
	240			8.9	8.5	8.0	
20	180	3.62	8.36	8.9	8.8	8.0	
	210			8.8	8.8	7.9	
	230			8.8	8.7	7.9	
25	240	3.62	11.31	8.7	8.0	8.7	
	250			8.6	7.8	8.7	
	260			8.6	7.8	8.7	

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan padatablel dan gambar diatas, pH *blackwater* menunjukkan kenaikan dari yang semula 3.62 menjadi 8 hingga 8.71 setelah waktu tinggal 6 hari. Grafik berikut secara spesifik menyajikan karakteristik pH *blackwater* selama waktu tinggal di *wetland*:

Kisaran pH limbah *blackwater* sebelum dan setelah perlakuan pada dasarnya sudah berada pada standar baku mutu untuk air kelas IV. Namun, kenaikan pH menunjukkan bahwa kadar keasaman *blackwater* telah hilang berkat pengolahan dengan melalui filter bertingkat dan *wetland*. pH 8 menandakan bahwa *blackwater* berada pada kisaran netral hingga basa. Hal ini umumnya dipengaruhi oleh jenis limbah yang masuk. Sebagai contoh, apabila pada saat pengambilan sampel awal banyak warga yang membuang air sisa sabun detergen maka pH air limbah akan cenderung bersifat basa. Setelah melalui proses pengolahan menggunakan filter bertingkat dengan variasi kombinasi dan didiamkan dalam bak *wetland* dihasilkan pH air *output* pada kisaran 8. Pada proses penyaringan dan perendaman pada bak *wetland*, bahan-bahan yang ada mampu meningkatkan, menurunkan dan menstabilkan pH air limbah pada kisaran 8.

Tabel 7.

Data Hasil pengukuran pH *blackwater* (*Cattail*)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	pH Awal	pH Filter	pH pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	3.62	9.41	8.8	8.7	8.0	5-9
	220			8.7	8.7	8.0	
	240			8.7	8.6	7.8	
20	180	3.62	8.36	8.8	8.5	8.0	
	210			8.8	8.5	8.0	
	230			8.8	8.4	8.0	
25	240	3.62	11	8.0	8.0	9.0	
	250		.3	7.9	7.9	9.0	
	260		1	7.9	7.9	9.0	

Sumber: Hasil Penelitian

Secara umum, hasil yang didapat dari pengolahan pH limbah *blackwater* dengan sistem *wetland* menggunakan tanaman *Cattail* menunjukkan temuan yang kurang lebih sama seperti pada tanaman Akar Wangi. Hasil yang ditunjukkan pada tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa pH awal limbah *blackwater* adalah 3.62, kemudian naik hingga berada pada kisaran pH 8.

3. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS merupakan parameter yang memberikan informasi tentang jumlah konsentrasi padatan yang tersuspensi per liter air (mg/L). Secara umum padatan tersuspensi sangat mudah dipisahkan dengan cara disaring ataupun diendapkan secara gravitasi. Ukuran padatan tersuspensi yaitu $\geq 0,045\mu\text{m}$ sehingga untuk memisahkan fasa padatan dan fasa air pada padatan tersuspensi

diperlukan filter yang memiliki rongga antar partikel sama atau lebih kecil dari ukuran padatan. Filter bertingkat pada penelitian ini menggunakan bahan kerikil, arang dan pasir yang mampu menyaring padatan secara fisik, dan proses ini mampu mengurangi jumlah padatan tersuspensi secara signifikan. Sisa padatan berukuran kecil akan lolos ke bak *wetland* dan akan diam untuk beberapa waktu (2, 4, dan 6 hari). Selama tergenang di bak *wetland* padatan yang masih tersuspensi dalam air limbah akan mengendap dengan cara tertarik oleh gaya gravitasi bumi. Kondisi air pada *wetland* yang tenang dan ukuran bak yang tidak terlalu besar membuat padatan lebih cepat untuk mengendap. Semakin lama waktu tinggal limbah *blackwater* di bak *wetland*, maka semakin banyak padatan tersuspensi yang mengendap sehingga dapat mengurangi kadar padatan tersuspensi secara signifikan.

Tabel 8.

Data hasil pengukuran TSS *blackwater* (Akar Wangi)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	TSS Awal	TSS Filter	TSS pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	877	110	70	58	50	400
	220			65	56	48	
	240			60	52	46	
20	180	877	110	45	40	35	
	210			43	38	34	
	230			42	36	32	
25	240	877	110	30	20	11	
	250			25	15	10	
	260			23	12	9	

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa input *blackwater* memiliki kadar TDS rata-rata yaitu 877 mg/l kemudian mengalami penurunan drastis hingga berada pada kisaran 9 – 50 mg/l pada perlakuan akhir. Penurunan utamanya dijumpai setelah air limbah melalui proses filter bertingkat yang terdiri dari kerikil, arang dan pasir. Kadar akhir TSS berada dibawah standar air kelas IV, sehingga dapat dinyatakan bahwa air limbah telah layak untuk dimanfaatkan kembali untuk keperluan irigasi pertanian.

Pada gambar 5.6, terlihat bahwa kandungan padatan tersuspensi air limbah mengalami penurunan dari kondisi awal (*blackwater*), baik pada proses filter bertingkat maupun *wetland*. Kombinasi perlakuan 3 dengan tebal pasir 25 cm dan *wetland* 6 hari pada tanaman Akar Wangi menghasilkan hasil nilai total padatan tersuspensi terendah, yakni 9 mg/L. Total padatan tersuspensi akhir yang didapatkan jauh lebih baik dibanding standar baku mutu air kelas IV (air pertanian).

Tabel 9.

Data hasil pengukuran TSS *blackwater* (*Cattail*)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	TSS Awal	TSS Filter	TSS pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	877	110	50	55	50	400
	220			50	57	46	
	240			56	60	50	
20	180	877	110	40	35	30	
	210			43	39	20	
	230			47	34	24	
25	240	877	110	25	20	6	
	250			26	14	2	
	260			22	16	0	

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil di atas menunjukkan bahwa kadar TSS awal limbah *blackwater* yaitu sebesar 877 mg/L. Setelah melalui proses filter bertingkat, kadat TSS turun drastis hingga mencapai 110 mg/L. Hasil ini membuktikan bahwa ketiga material yang digunakan mampu menyaring padatan tersuspensi dengan baik. Pada gambar 5.20, terlihat bahwa proses penyaringan kombinasi 3 dengan ketebalan lapisan pasir 25 cm dan waktu tinggal *wetland* selama 6 hari dengan tanaman *Cattail* menghasilkan kadar TSS akhir paling rendah, yaitu 0 mg/L. Sehingga dapat dinyatakan bahwa perlakuan yang dilakukan telah mampu menghilangkan muatan padatan tersuspensi dalam air limbah (*blackwater*) dengan sempurna.

4. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Padatan yang terlarut memiliki ukuran partikel $\leq 0,045\mu\text{m}$ sehingga mudah sekali larut dalam air dan sulit untuk mengendap. Partikel dengan ukuran tersebut umumnya adalah mineral-mineral dari suatu senyawa yang terlarut dalam air. Selain berasal dari limbah rumah tangga, TDS juga dapat muncul dari hasil pencucian tanah atau lumpur dalam air, hal ini disebabkan pada permukaan tanah atau dalam lumpur banyak sekali senyawa-senyawa yang terikat. Pada penelitian ini, digunakan material filter berupa arang batok kelapa untuk menyerap (adsorpsi atau adsorpsi) mineral-mineral yang terkandung dalam air limbah sehingga dapat mengurangi nilai TDS. Penurunan nilai TSS yang signifikan nantinya juga membantu menurunkan nilai TDS.

Tabel 10.

Data hasil pengukuran TDS *blackwater* (Akar Wangi)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	TDS Awal	TDS Filter	TDS pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	766.6 7	3200	1255	1235	1210	2000
	220			1245	1201	1206	
	240			1238	1213	1207	
20	180	766.6 7	590	1300	1210	1000	
	210			1234	1229	969	
	230			1238	1243	923	
25	240	766.6 7	6620	900	800	734	
	250			814	722	766	
	260			898	749	790	

Sumber: Hasil Penelitian

Proses penyaringan dengan waktu tinggal limbah pada media penyaring selama 25 menit dan *wetland* selama 6 hari pada tanaman Akar Wangi menghasilkan nilai TDS akhir yang paling rendah. Perlakuan kombinasi 3 dengan tebal pasir 25 cm dan waktu tinggal *wetland* 6 hari pada tanaman Akar Wangi menunjukkan nilai TDS akhir 790 mg/L. Total padatan terlarut yang didapatkan masih lebih baik dibanding dengan baku mutu air kelas IV, yakni 2000 mg/L. Sehingga dapat dinyatakan bahwa air hasil pengolahan layak untuk digunakan sebagai air irigasi. Beberapa data menunjukkan bahwa kadar TDS justru mengalami kenaikan, khususnya setelah melalui proses filter bertingkat. Hal ini dapat diakibatkan oleh terjadinya pencucian lumpur atau tanah yang terdapat pada material filter, sehingga mineral-mineral yang terakumulasi pada lumpur atau tanah ikut terlarut dalam air

limbah yang diolah. Berikut disajikan hasil pengukuran kadar TDS pada *wetland* dengan menggunakan tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia*):

Tabel 11.

Data hasil pengukuran TDS *blackwater* (*Cattail*)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	TDS Awal	TDS Filter	TDS pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	766.67	3200	1146	1110	1100	2000
	220			1171	1162	1055	
	240			1120	1122	1018	
20	180	766.67	590	1100	825	800	
	210			1025	844	775	
	230			1061	850	703	
25	240	766.67	6620	800	750	798	
	250			785	703	756	
	260			761	720	700	

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai TDS mengalami penurunan setelah melalui rangkaian proses pengolahan bak filter bertingkat dan bak *wetland*. Proses pengolahan dengan waktu tinggal limbah pada media penyaring selama 25 menit dan *wetland* selama 6 hari pada tanaman *Cattail* menghasilkan nilai TDS akhir yang paling rendah. Perlakuan kombinasi 3 dengan tebal pasir 25 cm dan waktu *wetland* 6 hari pada tanaman *Cattail* menghasilkan kadar TDS akhir 700 mg/L. Total padatan terlarut yang didapatkan jauh lebih baik dibanding dengan nilai baku mutu air kelas IV, yakni 2000 mg/L. Sehingga dapat dinyatakan bahwa air hasil pengolahan layak untuk dimanfaatkan kembali untuk kegiatan pertanian.

5. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD merupakan parameter yang menunjukkan kebutuhan oksigen untuk aktivitas metabolisme organisme ataupun mikroorganisme dalam air. Tingginya nilai BOD menunjukkan bahwa terjadi pencemaran air yang diakibatkan kegiatan biologis untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat dalam air. Baku mutu kadar BOD yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah 12 mg/L. Tabel 12 berikut menyajikan hasil pengukuran kadar BOD pada pengolahan dengan menggunakan tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*).

Tabel 12.

Data hasil pengukuran BOD *blackwater* (Akar Wangi)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	BOD Awal	BOD Filter	BOD pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	375	166	143	140	130	12
	220			141	135	133	
	240			142	132	132	
20	180	375	135	145	140	120	
	210			141	135	112	
	230			147	137	115	
25	240	375	119	110	100	93	
	250			106	95	94	
	260			100	99	91	

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa kadar BOD pada air limbah yang dihasilkan dari semua perlakuan mengalami penurunan dari kondisi awal (*blackwater*). Proses

perlakuan 3, yakni penyaringan dengan waktu tinggal limbah pada media penyaring selama 25 menit dan *wetland* selama 6 hari pada tanaman Akar Wangi menghasilkan kadar BOD akhir yang paling rendah, yakni 91 mg/L. Kadar BOD yang didapatkan masih belum memenuhi baku mutu air kelas IV, yakni 12 mg/L. Berikut disajikan data hasil pengukuran BOD pada tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia*):

Tabel 13.

Data hasil pengukuran BOD *blackwater* (*Cattail*)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	BOD Awal	BOD Filter	BOD pada Waktu Tinggal			Standar		
				2 hari	4 hari	6 hari			
15	200	375	166	141	135	130	12		
	220			141	134	131			
	240			140	135	137			
20	180	375	135	180	175	160		12	
	210			171	173	159			
	230			177	178	158			
25	240	375	119	150	100	51			12
	250			149	97	57			
	260			150	98	57			

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil diatas, dapat diketahui bahwa kadar BOD pada air limbah *blackwater* secara garis besar mengalami penurunan. Kombinasi 3 dengan waktu tinggal limbah pada media penyaring selama 25 menit dan *wetland* selama 6 hari dengan tanaman *Cattail* menghasilkan output dengan kadar BOD yang paling rendah, yakni 57 mg/L. Kadar BOD akhir yang didapatkan jauh lebih baik dibanding dengan BOD awal, namun masih belum

memenuhi baku mutu air kelas IV. Dengan kata lain, air yang dihasilkan masih belum layak digunakan untuk keperluan irigasi.

6. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan parameter yang menunjukkan kebutuhan oksigen untuk proses-proses kimia darisenyawa anorganik. COD dianggap sebagai salah satu parameter utama untuk mengetahui pencemaran air. Standar baku mutu COD yang digunakan pada penelitian ini adalah 100 mg/L. Berikut disajikan hasil pengukuran kadar COD pada setiap tahap pengolahan, khususnya pada *wetland* dengan menggunakan tanaman Akar Wangi:

Tabel 14.

Data hasil pengukuran COD *blackwater* (Akar Wangi)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	COD Awal	COD Filter	COD pada Waktu Tinggal			Standar		
				2 hari	4 hari	6 hari			
15	200	482	173	202	203	190	100		
	220			205	205	185			
	240			205	201	187			
20	180	482	195	210	200	150		100	
	210			201	198	142			
	230			208	194	146			
25	240	482	175	140	125	101			100
	250			133	127	109			
	260			140	130	105			

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik diatas, terlihat bahwa kadar COD mengalami penurunan selama proses pengolahan. Perlakuan 3 dengan waktu tinggal limbah pada media penyaring selama 25 menit dan *wetland* selama 6 hari pada tanaman Akar Wangi menghasilkan nilai COD akhir yang paling rendah, yakni 105 mg/L. Meskipun sudah jauh lebih baik dibandingkan kondisi awal (*blackwater*) namun nilai tersebut masih melebihi batas yang ditetapkan untuk air kelas IV. Sehingga air yang dihasilkan masih belum layak dimanfaatkan kembali untuk keperluan irigasi.

Tabel 15.

Data hasil pengukuran COD *blackwater* (*Cattail*)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	COD Awal	COD Filter	COD pada Waktu Tinggal			Standar		
				2 hari	4 hari	6 hari			
15	200	482	173	203	200	160	100		
	220			205	196	151			
	240			210	191	156			
20	180	482	195	240	231	200		100	
	210			245	240	200			
	230			242	240	197			
25	240	482	175	180	120	104			100
	250			190	130	110			
	260			180	124	96			

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa COD air limbah mengalami penurunan selama proses pengolahan. Pada perlakuan kombinasi 3, yakni waktu tinggal limbah pada media penyaring

dreamlitera

selama 25 menit dan *wetland* selama 6 hari pada tanaman *Cattail* menunjukkan nilai COD akhir yang paling rendah, yakni 96 mg/L. Nilai COD tersebut jauh lebih rendah dibandingkan kondisi awal (*blackwater*), sekaligus telah memenuhi baku mutu yang disyaratkan untuk air kelas IV. Dengan kata lain, air hasil pengolahan telah layak digunakan kembali sebagai air pertanian.

HASIL ANALISIS STATISTIK

A. HASIL ANALISIS REGRESI TIAP PARAMETER

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.

1. Suhu

Tabel 16.
Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter Suhu pada
Tanaman Akar Wangi

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-0.001	0.669	Suhu = 25.877 - 0.001 X1 + e	0.7%
2	Ketebalan Pasir	X2	-0.012	0.472	Suhu = 25.844 - 0.012 X2 + e	2.1%
3	Waktu Tinggal	X3	-0.112	0.003	Suhu = 26.056 - 0.112 X3 + e	30.2%
4	Debit Air	X1	-0.001	0.943	Suhu = 26.331 - 0.001 X1 - 0.011 X2 - 0.112 X3 + e	32.3%
	Ketebalan Pasir	X2	-0.011	0.612		
	Waktu Tinggal	X3	-0.112	0.005		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter suhu menunjukkan koefisien regresi yang bertanda negatif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 16 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter suhu diperoleh koefisien sebesar -0,001 artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar suhu sebesar 0,001 satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar suhu akan semakin naik. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter suhu diperoleh koefisien sebesar -0,011 artinya bahwa setiap 1 cm

ketebalan pasir akan menurunkan kadar suhu sebesar 0,011 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar suhu akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter suhu diperoleh koefisien sebesar -0,112 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar suhu sebesar 0,112 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar suhu akan semakin turun.

Tabel 17.
Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter Suhu pada
Tanaman *Cattail*

No	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-0.004	0.393	Suhu = 26.594 - 0.004 X1 + e	3.7%
2	Ketebalan Pasir	X2	-0.026	0.293	Suhu = 26.205 - 0.026 X2 + e	4.4%
3	Waktu Tinggal	X3	-0.109	0.066	Suhu = 26.131 - 0.109 X3 + e	12.9%
4	Debit Air	X1	-0.002	0.599	Suhu = 27.041 - 0.002 X1 - 0.018 X2 - 0.109 X3 + e	18.3%
	Ketebalan Pasir	X2	-0.018	0.499		
	Waktu Tinggal	X3	-0.109	0.063		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter suhu menunjukkan koefisien regresi yang bertanda negatif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 17 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter suhu diperoleh koefisien sebesar -0,002 artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar suhu sebesar 0,002 satuan,

sehingga semakin meningkat debit air maka kadar suhu akan semakin turun. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter suhu diperoleh koefisien sebesar $-0,018$ artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar suhu sebesar $0,018$ satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar suhu akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter suhu diperoleh koefisien sebesar $-0,109$ artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar suhu sebesar $0,109$ satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar suhu akan semakin turun.

2. pH (Potential of Hydrogen)

Tabel 18.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter pH pada Tanaman Akar Wangi

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	- 0.003	0.375	$pH = 9.170 - 0.003 X1 + e$	3.2%
2	Ketebalan Pasir	X2	- 0.016	0.440	$pH = 8.800 - 0.016 X2 + e$	2.4%
3	Waktu Tinggal	X3	- 0.153	0.001	$pH = 9.100 - 0.153 X3 + e$	37.1%
4	Debit Air	X1	- 0.002	0.481	$pH = 9.786 - 0.002 X1 - 0.009 X2 - 0.153 X3 + e$	40.8%
	Ketebalan Pasir	X2	- 0.009	0.644		
	Waktu Tinggal	X3	- 0.153	0.001		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter pH menunjukkan koefisien regresi yang bertanda negatif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 18 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter pH diperoleh koefisien sebesar $-0,002$ artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar pH sebesar 0,002 satuan, sehingga semakin tinggi debit air maka kadar pH akan semakin turun. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter pH diperoleh koefisien sebesar $-0,009$ artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar pH sebesar 0,009 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar pH akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter pH diperoleh koefisien $-0,153$, artinya setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan pH sebesar 0,153 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar pH akan semakin turun.

Tabel 19.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter pH pada Tanaman *Cattail*

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R2
1	Debit Air	X1	-0.003	0.428	$\text{pH} = 9.001 - 0.003 X1 + e$	2.5%
2	Ketebalan Pasir	X2	-0.016	0.444	$\text{pH} = 8.696 - 0.016 X2 + e$	2.4%

3	Waktu Tinggal	X3	-0.044	0.381	$pH = 8.563 - 0.044 X_3 + e$	3.1%
4	Debit Air	X1	-0.002	0.847	$pH = 9.184 - 0.002 X_1 - 0.010 X_2 - 0.044 X_3 + e$	6.3%
	Ketebalan Pasir	X2	-0.010	0.826		
	Waktu Tinggal	X3	-0.044	0.404		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter pH menunjukkan koefisien regresi yang bertanda negatif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 19 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter pH diperoleh koefisien sebesar -0,002 artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar pH sebesar 0,002 satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar pH akan semakin turun. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter pH diperoleh koefisien sebesar -0,006 artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar pH sebesar 0,006 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar pH akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter pH diperoleh koefisien sebesar -0,044 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar pH sebesar 0,044 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar pH akan semakin turun.

3. TSS (*Total Suspended Solid*)

Tabel 20.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter TSS pada Tanaman Akar Wangi

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-0.406	0.008	TSS = 128.692 – 0.406 X1 + e	32.4%
2	Ketebalan Pasir	X2	-3.889	0.000	TSS = 115.000 – 3.889 X2 + e	85.6%
3	Waktu Tinggal	X3	-3.556	0.084	TSS = 51.444 – 3.556 X3 + e	11.5%
4	Debit Air	X1	-0.095	0.118	TSS = 144.94 6 – 0.095 X1 – 3.604 X2 – 3.556 X3 + e	98.4%
	Ketebalan Pasir	X2	-3.604	0.000		
	Waktu Tinggal	X3	-3.556	0.000		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter TSS menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 20 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter TSS diperoleh koefisien sebesar -0,095 artinya bahwa setiap 1 liter/hari

debit air akan menurunkan kadar TSS sebesar 0,095 satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar TSS akan semakin naik. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter TSS diperoleh koefisien sebesar -3,604 artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar TSS sebesar 3,604 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar TSS akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter TSS diperoleh koefisien sebesar -3,556 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar TSS sebesar 3,556 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar TSS akan semakin turun.

Tabel 21.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter TSS pada Tanaman Cattail

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-0.335	0.014	$TSS = 109.468 - 0.355 X1 + e$	21.7%
2	Ketebalan Pasir	X2	-3.811	0.000	$TSS = 110.000 - 3.811 X2 + e$	80.7%
3	Waktu Tinggal	X3	-3.639	0.080	$TSS = 48.519 - 3.639 X3 + e$	11.8%
4	Debit Air	X1	-0.009	0.721	$TSS = 126.158 - 0.009 X1 - 3.785 X2 - 3.639 X3 + e$	92.5%
	Ketebalan Pasir	X2	-3.785	0.000		
	Waktu Tinggal	X3	-3.639	0.000		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter TSS menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 21 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter TSS diperoleh koefisien sebesar $-0,009$ artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar TSS sebesar $0,009$ satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar TSS akan semakin naik. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter TSS diperoleh koefisien sebesar $-3,785$ artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar TSS sebesar $3,785$ satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar TSS akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter TSS diperoleh koefisien sebesar $-3,639$ artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar TSS sebesar $3,639$ satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar TSS akan semakin turun.

4. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Tabel 22.

**Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter TDS pada
Tanaman Akar Wangi**

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-5.412	0.000	TDS = 2277.429 – 5.412 X1 + e	40.5%
2	Ketebalan Pasir	X2	- 42.633	0.000	TDS = 1909.296 – 42.633 X2 + e	72.1%
3	Waktu Tinggal	X3	- 36.583	0.140	TDS = 1202.963 – 36.583 X3 + e	8.5%
4	Debit Air	X1	-2.345	0.783	TDS = 2443.8 34 – 2.345 X1 – 35.599 X2 – 36.583 X3 + e	86.2%
	Ketebalan Pasir	X2	- 35.599	0.000		
	Waktu Tinggal	X3	- 36.583	0.001		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter TDS menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 22 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter TDS

diperoleh koefisien sebesar -5,412 artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar TDS sebesar 5,412 satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar TDS akan semakin naik. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter TDS diperoleh koefisien sebesar -35,599 artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar TDS sebesar 35,599 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar TDS akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter TDS diperoleh koefisien sebesar -36,583 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar TDS sebesar 36,583 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar TDS akan semakin turun.

Tabel 23.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter TDS pada Tanaman Cattail

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-3.016	0.026	$TDS = 1597.383 - 3.016 X1 + e$	18.3%
2	Ketebalan Pasir	X2	- 35.900	0.000	$TDS = 1635.037 - 35.900 X2 + e$	74.4%
3	Waktu Tinggal	X3	- 35.111	0.085	$TDS = 1057.963 - 35.111 X3 + e$	11.4%
4	Debit Air	X1	0.104	0.944	$TDS = 1758.245 + 0.104$	85.8%
	Ketebalan Pasir	X2	- 36.212	0.000		
	Waktu	X3	-	0.000		

	Tinggal		35.111		X1 - 36.212 X2 - 35.111 X3 + e	
--	---------	--	--------	--	---	--

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter TDS menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 23 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter TDS diperoleh koefisien sebesar 0,104 artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan meningkatkan kadar TDS sebesar 0,104 satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar TDS akan semakin naik. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter TDS diperoleh koefisien sebesar -36,212 artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar TDS sebesar 36,212 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar TDS akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter TDS diperoleh koefisien sebesar -35,111 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar TDS sebesar 35,111 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar TDS akan semakin turun.

5. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Tabel 24.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter BOD pada Tanaman Akar Wangi

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-0.517	0.000	$BOD = 239.104 - 0.517 X1 + e$	43.3%
2	Ketebalan Pasir	X2	-3.778	0.000	$BOD = 198.074 - 3.778 X2 + e$	66.4%
3	Waktu Tinggal	X3	-4.306	0.056	$BOD = 139.741 - 35.111 X3 + e$	13.8%
4	Debit Air	X1	-0.258	0.420	$BOD = 258.019 - 0.258 X1 - 3.004 X2 - 4.306 X3 + e$	88.2%
	Ketebalan Pasir	X2	-3.004	0.000		
	Waktu Tinggal	X3	-4.306	0.000		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter BOD menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 24 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter BOD

diperoleh koefisien sebesar -0,258 artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar BOD sebesar -0,258 satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar BOD akan semakin naik. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter BOD diperoleh koefisien sebesar -3,004 artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar BOD sebesar 3,004 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar BOD akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter BOD diperoleh koefisien sebesar -4,306 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar BOD sebesar 4,306 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar BOD akan semakin turun.

Tabel 25.

**Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter BOD pada
Tanaman Cattail**

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	- 0.857	0.430	BOD = 328.994 – 0.857 X1 + e	32.2%
2	Ketebalan Pasir	X2	- 3.500	0.043	BOD = 205.704 – 3.500 X2 + e	15.4%
3	Waktu Tinggal	X3	- 9.972	0.019	BOD = 175.593 – 9.972 X3 + e	20.0%
4	Debit Air	X1	- 0.749	0.006	BOD = 369.58 9 – 0.749	53.7%
	Ketebalan Pasir	X2	- 1.253	0.402		

	Waktu Tinggal	X3	- 9.972	0.004	X1 - 1.253 X2 - 9.975 X3 + e	
--	------------------	----	------------	-------	---------------------------------------	--

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter BOD menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 25 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter BOD diperoleh koefisien sebesar $-0,749$ artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar BOD sebesar $0,749$ satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar BOD akan semakin naik. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter BOD diperoleh koefisien sebesar $-1,253$ artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar BOD sebesar $1,253$ satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar BOD akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter BOD diperoleh koefisien sebesar $-9,972$ artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar BOD sebesar $9,972$ satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar BOD akan semakin turun.

6. COD (Chemical Oxygen Demand)

Tabel 26.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter COD pada Tanaman Akar Wangi

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-0.907	0.001	$COD = 372.854 - 0.907 X1 + e$	34.9%
2	Ketebalan Pasir	X2	-7.478	0.000	$COD = 317.778 - 7.478 X2 + e$	68.1%
3	Waktu Tinggal	X3	-9.139	0.037	$COD = 204.778 - 9.139 X3 + e$	16.3%
4	Debit Air	X1	-0.355	0.889	$COD = 413.026 - 0.355 X1 - 6.414 X2 - 9.139 X3 + e$	88.3%
	Ketebalan Pasir	X2	-6.414	0.000		
	Waktu Tinggal	X3	-9.139	0.000		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter COD menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 26 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter COD

diperoleh koefisien sebesar -0,355 artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar COD sebesar 0,355 satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar COD akan semakin naik. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter COD diperoleh koefisien sebesar -6,414 artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar COD sebesar 6,414 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar COD akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter COD diperoleh koefisien sebesar -9,139 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar COD sebesar 9,139 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar COD akan semakin turun.

Tabel 27.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter COD pada Tanaman Cattail

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-1.116	0.001	$COD = 434.806 - 1.116 X1 + e$	36.1%
2	Ketebalan Pasir	X2	-4.867	0.020	$COD = 280.333 - 4.867 X2 + e$	19.7%
3	Waktu Tinggal	X3	-14.472	0.005	$COD = 204.778 - 9.139 X3 + e$	27.9%
4	Debit Air	X1	-0.940	0.001	$COD = 493.849 - 0.940$	66.6%
	Ketebalan Pasir	X2	-2.047	0.195		
	Waktu	X3	-	0.000		

	Tinggal		14.472		X1 - 2.047 X2 - 14.472 X3 + e	
--	---------	--	--------	--	--	--

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter COD menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 27 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter COD diperoleh koefisien sebesar -0,940 artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar COD sebesar 0,940 satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar COD akan semakin naik. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter COD diperoleh koefisien sebesar -2,047 artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar COD sebesar 2,047 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar COD akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter COD diperoleh koefisien sebesar -14,472 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar COD sebesar 14,472 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar COD akan semakin turun.

B. HASIL ANALISIS SELURUH PARAMETER

1. 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.

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 skornya.

Dalam penelitian ini, analisis faktor digunakan untuk mengumpulkan seluruh parameter kualitas air yang diamati, yaitu pH, suhu, TSS, TDS, BOD, dan COD menjadi satu variabel (Kualitas Air). Hasil uji kelayakan analisis faktor menunjukkan nilai KMO dan nilai signifikansi Bartlett Test pada hasil faktor

pada tanaman Akar Wangi dan tanaman Cattail memenuhi syarat sehingga hasil faktor dapat digunakan. Setelah dianalisis dengan analisis faktor, kemudian diperoleh hasil skor faktor dari pembentukan faktor parameter pH, suhu, TSS, TDS, BOD, dan COD yang kemudian disebut sebagai faktor kualitas air. Output analisis faktor disajikan sebagai berikut:

Tabel 28. Ringkasan Hasil Analisis Faktor

	Syarat Uji	Tanaman	
		Akar Wangi	<i>Cattail</i>
KMO	≥ 0.500	0.818	0.422
Sig. Bartlett Test	≤ 0.050	0.000	0.000
MSA:	≥ 0.500		
- pH		0.687	0.163
- Suhu		0.577	0.888
- TSS		0.984	0.526
- TDS		0.813	0.476
- BOD		0.813	0.423
- COD		0.872	0.425

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil yang didapatkan dari analisis faktor tersebut kemudian dilanjutkan dengan analisis regresi linier untuk mengetahui pengaruh dari debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter kualitas air.

2. Analisis Regresi Linier

Tabel 29.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi antara Debit Air, Ketebalan Pasir dan Waktu Tinggal dengan Parameter Kualitas Air pada Tanaman Akar Wangi

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-0.024	0.001	K.Air = 5.370 - 0.024 X1 + e	34.2%
2	Ketebalan Pasir	X2	-0.193	0.000	K.Air = 3.854 - 0.193 X2 + e	64.3%
3	Waktu Tinggal	X3	1.123	0.281	K.Air = 1.123 - 0.281 X3 + e	21.8%
4	Debit Air	X1	-0.010	0.004	K.Air = 6.585 - 0.010 X1 - 0.164 X2 - 0.281 X3 + e	90.3%
	Ketebalan Pasir	X2	-0.164	0.000		
	Waktu Tinggal	X3	-0.281	0.000		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter kualitas air menunjukkan koefisien regresi yang bertanda negatif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 29 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter kualitas air diperoleh koefisien sebesar -0,010 artinya bahwa setiap

1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar kualitas air sebesar 0,010 satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar kualitas air akan semakin turun. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter kualitas air diperoleh koefisien sebesar -0,164 artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar kualitas air sebesar 0,164 satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar kualitas air akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter kualitas air diperoleh koefisien sebesar -0,281 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar kualitas air sebesar 0,281 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar kualitas air akan semakin turun.

Tabel 30.

Ringkasan Hasil Analisis Regresi antara Debit Air, Ketebalan Pasir dan Waktu Tinggal dengan Parameter Kualitas Air pada Tanaman *Cattail*

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	- 0.025	0.001	K.Air = 5.602 - 0.025 X1 + e	37.2%
2	Ketebalan Pasir	X2	- 0.185	0.000	K.Air = 3.691 - 0.185 X2 + e	59.0%
3	Waktu Tinggal	X3	- 0.310	0.006	K.Air = 1.242 - 0.310 X3 + e	26.7%
4	Debit Air	X1	- 0.012	0.000	K.Air = 1.359 - 0.012	92.1%
	Ketebalan	X2	-	0.000		

	Pasir		0.148		X1	
	Waktu Tinggal	X3	- 0.310	0.000	- 0.148 X2 - 0.310 X3 + e	

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter kualitas air menunjukkan koefisien regresi yang bertanda negatif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 30 menunjukkan bahwa pengaruh debit air terhadap parameter kualitas air diperoleh koefisien sebesar $-0,012$ artinya bahwa setiap 1 liter/hari debit air akan menurunkan kadar kualitas air sebesar $0,012$ satuan, sehingga semakin meningkat debit air maka kadar kualitas air akan semakin turun. Hasil pengaruh ketebalan pasir terhadap parameter kualitas air diperoleh koefisien sebesar $-0,148$ artinya bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir akan menurunkan kadar kualitas air sebesar $0,148$ satuan, sehingga semakin meningkat ketebalan pasir maka kadar kualitas air akan semakin turun. Hasil pengaruh waktu tinggal terhadap parameter kualitas air diperoleh koefisien sebesar $-0,310$ artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar kualitas air sebesar $0,310$ satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar kualitas air akan semakin turun.

dreamlitera

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian model fisik limbah *blackwater* komunal, maka dapat disimpulkan berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Hasil Pengolahan IPAL Komunal Tlogomas menunjukkan bahwa :

pH 3,62, suhu standar air pertanian 26-27,4 °C.

TSS 877 mg/L (350 mg/l), TDS 766,67 mg/L (850 mg/l) , BOD 375 mg/L (400 mg/l) masuk pada karakteristik air limbah yang belum diolah termasuk tinggi, dan COD 482 mg/L masuk pada karakteristik air limbah yang belum diolah termasuk sedang (500 mg/l).

2. Berdasarkan hasil laboratorium maka didapatkan:

pH AW 8,7 dan *Cattail* 9 masuk pada standar kualitas air pertanian 5-9;

Suhu AW 25,71 dan *Cattail* 26,17 standar 21; TSS AW 9 mg/L dan *Cattail* 0 mg/L standar 400 mg/L; TDS AW 790 mg/L dan

dreamlitera

Cattail 700 mg/L standar 2000 mg/L; COD AW 105 mg/L dan *Cattail* 96 mg/L standar 100 mg/L; lima parameter tersebut masuk pada standar kualitas air pertanian, sedangkan BOD AW 91 mg/L dan *Cattail* 57 mg/L standar 12 mg/L, dan telah mendekati standar pertanian.

Hasil model fisik pengolahan limbah filter bertingkat dan *wetland*, masuk pada standar kualitas air pertanian.

3. Persamaan kualitas air pada model fisik adalah :

- a. Tanaman Akar Wangi = $6.585 - 0.010 X_1 - 0.164 X_2 - 0.281 X_3 + e$ (X_1 debit, X_2 tebal pasir, X_3 waktu tinggal pada *wetland*)
- b. Tanaman *Cattail* = $6.927 - 0.012 X_1 - 0.148 X_2 - 0.310 X_3 + e$ (X_1 debit, X_2 tebal pasir, X_3 waktu tinggal pada *wetland*)

Persamaan model didapatkan guna untuk mendapatkan kualitas air buangan dengan menyesuaikan debit limbah yang ada sehingga sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Debit model maksimum mampu menampung 42,768 liter/ hari, sedangkan debit IPAL aktual untuk 120 KK menampung 30 liter/hari. Dari hasil perhitungan didapatkan selisih 12,768 liter/ hari yang dipersiapkan jika ada tambahan pada anggota keluarga masing-masing.

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 Sungau 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.

- Departemen Kesehatan. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan No.416/MENKES /PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta.
- Dubey, A. Kumar, dan O. Sahu, 2014. Review On Natural Methods For Wastewater Treatment. *Journal of Urban and Environmental Engineering*. Vo.8, No.1, pp:89-97. doi: 10.4090/juee.2014.v8n1.089097.
- Ghazali, Imam. 2016. *Aplikasi Analisis Multivariat dengan Program IBM SPSS 23*. Cetakan kedelapan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Gianyar, I.B., Nurchayati, dan Yesung, A.P. 2012. Pengaruh Persentase Arang Tempurung Kemiri Terhadap Nilai Kalor Briket Campuran Biomassa Ampas Kelapa - Arang Tempurung Kemiri. *Dinamika Teknik Mesin*, Vol.2, No.2. ISSN: 2088-088X.
- Ginting, Perdana, 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Yrama Widya. Bandung
- Haandel, V. Adrianus dan Lubbe, V. der Jeroen, 2012. *Handbook of Biological Waste Water Treatment*. IWA Publishing, London. ISBN13:9781780407753.
- Herumurti, W. 2005. Studi Penurunan Senyawa Nitrogen dan Fosfor Air Limbah Domestik dengan Sistem Sub-Surface Flow (SSF) *Constructed Wetland* dengan Tanaman Kana (*Canna sp*) dalam (Studi Kasus Gedung TL-ITS Surabaya). Tugas Akhir Tidak Diterbitkan. Teknik Lingkungan FTSP ITS. Surabaya.

- Irianto, I. Ketut, 2015. *Pencemaran Lingkungan*. Universitas Warmadewa, Bali.
- James, P. Gibbs. 2000. *Wetland Loss and Biodiversity Conservation. Research Note*. College of Environmental Science and Forestry, State University of New York.
- Janngam, J., P. Anurakpongsoatorn, T. Satapanajaru, & S. Techapinyawat. 2010. Phytoremediation: Vetiver Grass in Remediation of Soil Contaminated with Trichloroethylene. *Science Journal of Ubon Ratchathani University*. Vol 1, No 2, pp: 52-57.
- Johnson, R. A., & Wichern, D.W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall.
- Keputusan Kepala Bapedal No. 29 Tahun 1997. Standardisasi, Akreditasi dan Sertifikasi Bidang Lingkungan. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.
- Kim, I.K. Hong, I.S Choi and C.H. Kim. 1996. *Journal of Ind and Eng. Chemistry*.
- Kurniadie, D. 2001. Pemanfaatan Gulma Air “Rumput Bayongbong” (Phragmites Karka) sebagai Alat Pembersih Air Limbah Rumah Tangga Konfrensi Nasional HIGI XV Surakarta.
- Lee, H., Sungduk, K., Kye-Won, J., Hyung-Keun, P., and Jae-Sung, P. 2016. The Effect of Groundwater Pumping and Infiltration on Seawater Intrusion in Coastal Aquifer. *Journal of Coastal Research*. No.75, pp:652–656. ISSN 0749-0208.

Lismore City Council. 2003. The Use of Reed Beds for the Treatment of Sewage & Wastewater from Domestic Households. Department of Local Government's Septic Safe Program. New South Wales, Australia.

MCK Terpadu, Kelurahan Tlogomas Kota Malang. [Keltlogomas.malangkota.go.id](http://keltlogomas.malangkota.go.id)>mck-terpadu<http://sosok.wordpress.com/2006/12/13/agus-gunarto-dan-kawasan-mck-terpadu/.html>

Moreno-Mateos, D., Francisco, A.C., Cesar, P., dan Jesus, C. 2009. Effect of *Wetlands* On Water Quality Of an Agricultural Catchment in a semi-arid area under land Use transformation. *Wetlands*. Vol. 29, No. 4. pp. 1104–1113.

Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Munirah, S. Nur, Faradiella, M.K., Ashton, L.S. Lee, Tony, A. Ukang, Ferdaus, M.Y., & Zelina, Z.I. 2016. Performance of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*) for Phytoremediation of Contaminated Water. *MATEC Web of Conferences*, 103, 06003. DOI: 10.1051/mateconf/201710306003.

Mustafa, A., Ramli, T. 2012. Pemanfaatan Sludge Hasil Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas. *Penelitian Awal Sains dan Terapan Kimia*, Vol.6, No. 2 (Juli 2012), 130-138.

Mthembu, M.S., Odinga, C.A., Swalaha, F.M., dan Bux, F. 2013. Constructed *wetlands*: A future alternative wastewater

- treatment technology. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 12(29), pp. 4542-4553. DOI: 10.5897/AJB2013.12978.
- M. Syamsiro, dan Harwin, S. Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao; Pengaruh Temperatur Udara Preheat, Seminar Nasional.
- Palmeira, E.M., R.J Fannin, dan Y.P Vaid., 2011. A Study on The Behaviour of soil – Geotextile Systems in Filtration Test. *Canadian Geotechnical Journal*. Vol.33, No.6, pp:899-912. <https://doi.org/10.1139/t96-120>.
- Pengelolaan Limbah Cair Rumah Tangga dengan Tangki AG Malang dengan Tipe YIPD, www.yipd.or.id
- Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010. Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Priyatno, Duwi. 2007. *Mandiri Belajar SPSS*, Cetakan Ketiga, Yogyakarta: Media Kom.
- Rahmawati, A.A., dan Azizah, R. 2005. Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan Mpn Coliform pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, VOL.2, NO.1, 98 Juli 2005: 97-110.
- Rani, S.H. Chek, Mohd. Fadhil, M.D.M., Badruddin, M.Y., dan Shreeshivadasan, C. 2011. 2011. Over view of Subsurface Constructed Wetlands Applicationin Tropical

Climates.Universal Journal of Environmental Research and Technology. Vol. 1, Issue 2: 103-114

Said, Nusa I., 2017. *Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.

Santoso, Singgih. 2000. *Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik*. PT.Elex Media Komputindo. Jakarta.

Sekaran, Uma. 2006. *Research Methods For Business: Metodologi Penelitian untuk Bisnis*. Penerbit Salemba Empat. Jakarta.

Setiadji, Bambang A.H., 2011. Pengembangan Pengolahan Kelapa Terpadu untuk Industri Kecil di Pedesaan. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, Badan Litbang Pertanian Vol.7, No. 2. ISSN: 1858-3504.

Setiarini, D. W., dan Mangkoedihardjo, S. 2013. Penurunan BOD dan COD pada Air Limbah Katering Menggunakan Konstruksi *Subsurface-Flow Wetland* dan Biofilter dengan Tumbuhan Kana (*Canna indica*). *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. Vol. 2, No.1, 2337-3520.

Sheeba, A. 2015. The Relevance of *wetland* conservation in Kerala. *International Journal of Fauna and Biological Studies*: 2(3). Pp: 01-05.

Sidauruk, L., & Patricius, S. 2015. Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias. *Jurnal Pertanian Tropik*. Vol.2, No.2, pp: 178-186.

SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. ICS 91.100.30. Badan Standarisasi Nasional.

Sodamade, G.A, and Pearse, L.F. 2013. Removal of Iron and Manganese Using Rapid Sand Filtration. *NSE Technical Transaction*, Vol.47, No.3.

Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Bisnis*. Bandung: CV. Alfabeta.

Sungkowo, T.H., Shinta, E., & Ivnaini, A. 2015. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha Latifolia* dan Eceng Gondok dengan Metode Fitoremediasi. *JOM FTEKNIK*. Vol 2, No 2.

Supradata. 2005. Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius*, L. dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands). Tesis Tidak Diterbitkan. Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro, Semarang.

Supranto, J. 2010. *Statistika*. Jakarta: Erlangga.

Susanti, A.C. Sri Purna, Gunawan, W., Aniek, M., dan Diana, A. 2012. Analisis Luasan Constructed *Wetland* Menggunakan Tanaman Iris dalam Mangolah Air Limbah Domestik (Greywater). *Indonesian Green Technology Journal*. Vol. 1 No. 3. ISSN.2338-1787.

Tirtoac (Irimia) Oana, Nedeff, V., Lasar, G. 2011. Actual Stage Of Water Filtration.

Tut Wuri Handayani: MCK Komunal, kompas/ Dahlia Irawati, cetak 11 maret 2015.
<http://www.biokehidupan.blogspot.com>2015/03.html>

- Varun, M., Rohan, D., Jiao, P., & M.S Paul. 2011. Evaluation of Phytostabilization, A Green Technology to Remove Heavy Metals from Industrial Sludge Using *Typha latifolia* L. *Research Article, Biotechnol, Bioinf, Bioeng.* 1(1): 137-145.
- Vymazal, J. 2010. Constructed *Wetlands* for Wastewater Treatment. *Open Access Journal of Water 2010.* Vol.2, pp: 530-549. doi:10.3390/w2030530.
- Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.I., Ye, K. 2012. Probability and Statistics For Engineers and scientists, 9th. Ed Prentice Hall.
- Yasa, I Made Tapa, 2010. Pengendalian Pencemaran Industri Kecil di Daerah Aliran Sungai Tukad Badung. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah. ISBN: 978-979-18342-2-3.

BIODATA PENULIS



A. Identitas Diri

Nama : Lies Kurniawati Wulandari
NIM : 147060100111005
Program Studi : Teknik Sipil
Minat : Sumber Daya Air
Unit Kerja : Dosen Tetap ITN Malang
NIP.P : 1031500485
NIDN : 0728076301
Jabatan Fungsional : Lektor
Alamat kantor : Jln. Bend. Sigura-gura No 2
Malang

Alamat Rumah	: Jln. Ters. Bend. Sigura-gura B/32 malang
Tempat Tgl. Lahir	: Malang, 28 juli 1963
Email	: lieskwulandari@gmail.com
Ayah	: H.Sardjio Budisantoso (alm)
Ibu	: Hj. Titik Umiyati (almh)
Suami	: Sambodo
Anak	: Dimas Kurniawan Hartanto

B. Riwayat Pendidikan

S1 Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang (Lulus Pebruari 1989)

S2 Teknik Sipil-Sumber Daya Air, Universitas Brawijaya Malang (1999, Lulus Agst 2001)




S3 Teknik Sipil-Sumber Daya Air, Universitas Brawijaya Malang (2014, Lulus Des 2018)

C. Riwayat pekerjaan

1. Dosen Luar Biasa UNMER Malang (1990 – 1992)
2. Konsultan Wahana Adya Malang (1992 – 1997)
3. Dosen Tetap STTM (1997 – 2015)
4. Dosen Luar Biasa Widya Karya (1999 -2003)
5. Konsultan Supervisi di UNISMA (2002 – 2014)
6. Dosen Luar Biasa di UNISMA (2012 – sekarang)
7. Dosen Tetap ITN Malang (Juli 2015 – sekarang)

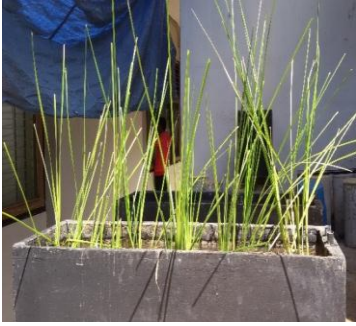


LAMPIRAN



Tanggal	Gambar	Keterangan
18 Januari 2017		Stasiun penelitian di IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas, Kota Malang.
18 Januari 2017		Kolam penampungan limbah domestik <i>blackwater</i> di IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas.

<p>08 November 2017</p>		<p>Kolam penampungan limbah domestik <i>blackwater</i> setelah diproses di IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas.</p>
<p>21 Desember 2016</p>		<p>Proses pengambilan <i>blackwater</i> dari kolam penampungan di IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas.</p>
<p>21 Desember 2016</p>		<p>Pengisian <i>blackwater</i> pada filter.</p>

<p>20 Desember 2016</p>		<p>Kerikil sebelum proses sortasi ukuran dengan ayak.</p>
<p>06 November 2017</p>		<p>Ayakan kerikil no ½, dengan ukuran 12,5 mm.</p>
<p>20 Desember 2012</p>		<p>Arang. Disortasi dengan ayakan no 10, dengan ukuran 2 mm.</p>

<p>20 Desember 2016</p>		<p>Ayakan pasir no 10, dengan ukuran 2 mm.</p>
<p>06 November 2017</p>		<p>Ayakan pasir dan arang aktif yang sudah ditumbuk.</p>
<p>20 Desember 2016</p>		<p>Box percobaan untuk filter dan <i>wetland</i>.</p>

<p>02 Januari 2017</p>		<p>Proses pembuatan wetland dengan tanaman Akar Wangi.</p>
<p>02 Januari 2017</p>		<p><i>Wetland</i> dengan tanaman Akar Wangi pada saat proses pengamatan.</p>
<p>02 Januari 2017</p>		<p><i>Wetland</i> dengan tanaman <i>Cattail</i> pada saat proses pengamatan.</p>

<p>02 Januari 2017</p>	 A photograph showing several tall, thin cattail plants growing in a black rectangular container. The plants have long, green leaves and some have brown, dried stalks. The container is placed on a concrete floor.	<p>Fitoremediasi limbah domestik <i>blackwater</i> dengan tanaman <i>Cattail</i>.</p>
<p>08 November 2017</p>	 A photograph of two glass beakers on a concrete surface. The beaker on the left contains a clear, light-colored liquid, while the beaker on the right contains a dark, opaque, blackish-brown liquid, representing the 'blackwater'.	<p>Perbandingan secara visual antara <i>blackwater</i> input dan output dari IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas.</p>
<p>30 Desember 2016</p>	 A photograph showing a strip of pH test paper with several vertical color bands (yellow, green, blue, orange, red) and a corresponding color chart with numerical pH values from 1 to 14. The chart is used for comparing the color of the test strip to the color of the liquid being tested.	<p>Pengukuran pH dengan menggunakan kertas lakmus.</p>

<p>27 Desember 2016</p>		<p>Output pengolahan limbah domestik <i>blackwater</i> setelah diberi perlakuan filter bertingkat.</p>
<p>27 Desember 2016</p>		<p>Output pengolahan limbah domestik <i>blackwater</i> setelah kombinasi perlakuan filter bertingkat dan dilanjutkan dengan <i>wetland</i>.</p>
<p>15 Januari 2017</p>		<p><i>Blackwater</i> sebelum diberi perlakuan filter bertingkat dan <i>wetland</i>.</p>

<p>15 Januari 2017</p>		<p><i>Blackwater</i> setelah diberi perlakuan filter bertingkat.</p>
<p>15 Januari 2017</p>		<p><i>Blackwater</i> setelah diberi perlakuan filter bertingkat dan <i>wetland</i>.</p>