MODEL FISIK
PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK *SEPTICTANK* KOMUNAL *BLACKWATER* MENJADI AIR PERTANIAN DENGAN FILTER BERTINGKAT DAN *WETLAND*

DISERTASI

PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL

MINAT SUMBER DAYA AIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Doktor Teknik

Lies Kurniawati Wulandari

147060100111005

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018

Repository Universitas Brawijaya

JUDUL DISERTASI

MODEL FISIK PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK *SEPTICTANK* KOMUNAL *BLACKWATER* MENJADI AIR PERTANIAN DENGAN FILTER BERTINGKAT DAN *WETLAND*.

Nama Mahasiswa	:	Lies Kurniawati Wulandari
NIM	:	147060100111005
Program Studi / Jurusan	:	Teknik Sipil
Minat	:	Sumber Daya Air
KOMISI PEMBIMBING	:	
Pembimbing Utama	:	Prof. Dr. Ir.Muchammad Bisri, MS.
Pembimbing Pendamping 1	:	Dr.Eng. Donny Harisuseno, ST.MT.
Pembimbing Pendamping 2	:	Emma Yuliani, ST.MT.PhD
TIM PENGUJI	:	
Penguji 1	:	Dr. Ir. Kustamar, MT.
Penguji 2	:	Ir. Moch. Sholichin, MT.PhD.
Tanggal Ujian Tetrtutup	:	27 Nopember 2018
Tanggal Ujian Terbuka	:	19 Desember 2018
SK Penguji	:	482 / UN10.F07 / PP / 2018

DISERTASI

MODEL FISIK PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK *SEPTICTANK* KOMUNAL *BLACKWATER* MENJADI AIR PERTANIAN DENGAN FILTER BERTINGKAT DAN *WETLAND*.

Lies Kurniawati Wulandari

NIM. 147060100111005

Telah dipertahankan di depan komisi Penguji

Pada tanggal 19 Desember 2018

Dinyatakan telah memenuhi syarat

Untuk memenuhi gelar Doktor Teknik

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping I
Prof. Dr. Ir.Muchammad Bisri, MS.	Dr.Eng. Donny Harisuseno, ST.MT.

Pembimbing Pendamping II

Emma Yuliani, ST.MT.PhD

Malang, 19 Desember 2018

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL

KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Dr.Eng.Yulvi Zaika,MT

NIP. 196807071994032002

PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasar hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Disertasi ini adalah asli dari pikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam kutipan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia disertasi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 19 Desember 2018

Mahasiswa, 19 Desember 2018

Lies Kurniawati Wulandari
NIM. 147060100111005

Repository Universitas Brawijaya

PERUNTUKAN

Bissmillaahirrahmaanirrahiim

Alhamdulillaahi Rabbil aalamiin
Alhamdulillaahi Rabbil aalamiin
Alhamdulillaahi Rabbil aalamiin

Karya ilmiah ini kupersembahkan kepada

Bapak Ibuku alharhum dan almarhumah.....kelak kita akan bertemu,
Suami dan anakku yang tersayang

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama	: Lies Kurniawati Wulandari
NIM	: 147060100111005
Program Studi	: Teknik Sipil
Minat	: Sumber Daya Air
Judul Disertasi	: Model Fisik Pengolahan limbah Domestik *Septictank* komunal *Blackwater* menjadi air Pertanian Dengan Filter dan *Wetland.*
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 (Lulus Agst 2001)
S3 Teknik Sipil-Sumber Daya Air, Universitas Brawijaya Malang {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 (2001 – 2014)
6. Dosen Luar Biasa di UNISMA (2012 – sekarang)
7. Dosen Tetap ITN Malang (Juli 2015 – sekarang)

Repository Universitas Brawijaya
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan disertasi ini dengan berbagai dinamika dalam proses penyelesaiannya. Penulis menyadari bahwa semua kegiatan berjalansesuai dengan izin dan ridho Allah SWT dan adanya bantuan, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis patut menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Rektor Institut Teknologi Malang, dan Direktur Pasca Sarjana ITN Malang yang telah medukung dan memberi bantuan, sehingga Penulis dapat melanjutkan pendidikan pada Program Doktor Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Rektor Universitas Brawijaya Malang dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang telah bersedia menerima dan memberi kesempatan menggunakan fasilitas selama menempuh studi program doktor Teknik Sipil.
3. Tim Promotor : Prof.Dr. Ir. Mochammad Bisri, MS. selaku selaku Dosen sekaligus Promotor, Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST.MT. selaku Dosen sekaligus Ko - Promotor 1, Emma Yuliani, ST.MT.PhD. selaku Dosen sekaligus Ko - Promotor 2, yang telah membimbing dengan memberikan saran, koreksi, dan masukan yang sangat bermanfaat serta semangat mulai dari awal pembimbingan sampai selesainya disertasi ini.
4. Dosen Penguji : Ir. Moch. Sholichin. Selaku,MT. PhD. Selaku Dosen sekaligus penguji dalam, Dr.Ir. Kustamar,MT. Selaku Dosen sekaligus penguji tamu, yang telah memberi saran dan koreksi hingga kesempurnaan diserrtasi ini,
5. Dr.Eng.Alwafi Pujiraharjo,ST,MT. dan Dr.Eng.Yulvi Zaika,MT. Selaku ketua Jurusan dan Ketua Program Studi Doktor Teknik Sipil yang telah memberikan arahan peraturan yang benar pada saat mahasiswa hingga selesainya disertasi ini.
6. Seluruh pimpinan jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya beserta staf, segenap Dosen dan karyawan Program Doktor Teknik Sipil atas segala bantuan dan kesempatan menggunakan fasilitas baik pada saat perkuliahan maupun penelitian hingga selesainya disertasi ini.
7. Keluarga kecilku : Suami tercinta dan anakku Dimas tersayang, kesabaran, pengertian dan pengorbanan serta dukungan dan doa yang tiada henti hingga selesainya studi ini. Kalian inspirator salakigus motivator sehingga tahap demi tahap dapat dilalui hingga selesai.

8. Staf Laboratorium Tanah Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, yang membantu proses pengujiannya.
9. Rekan-rekan Program Doktor Teknik Sipil, minat Sumber Daya Air Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang begitu baik memberikan dukungan guna penyelesaian disertasi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam disertasi ini masih terdapat banyak kekurangannya. Untuk itu diharapkan saran dan sumbangan pemikiran agar dapat menyempurnakan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, sehingga bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Malang, 19 Desember 2018

Penulis

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohim.

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.

Alhamdulilah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena barokah, rahmad dan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan disertasi ini dengan baik, yang berjudul "MODEL FISIK PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK *SEPTICTANK* KOMUNAL *BLACKWATER* MENJADI AIR PERTANIAN DENGAN FILTER BERTINGKAT DAN *WETLAND*". Disertasi ini sebagai salah satu syarat dalam rangka penyelesaian studi pada Program Doktor Teknik Sipil Sumber Daya Air Fakultas Teknik Universitas brawijaya Malang.

Disertasi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan beberapa waktu yang lalu. Penelitian dengan menggunakan limbah domestik *blackwater* dialirkan pada filter yang terdiri dari bahan kerikil diameter 12,5 mm, arang 2 mm, dan pasir cor 2 mm sampai jenuh. Kemudian dialirkan pada 2 buah *wetland* yang terdiri dari tanaman cattail dan akar wangi untuk dibandingkan yang lebih bagus menaikkan kualitas air dengan parameter yang terpilih dengan menggunakan standart 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 disertasi ini dapat bermanfaat bagi masyarakat secara luas serta memberikan inspirasi bagi pembaca.

Malang, 19 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

Cover i
Lembar Pengesahan ii
Pernyataan Orisinalitas iii
Kata Pengantar iv
Ringkasan v
Daftar Isi vi
Daftar Tabel viii
Daftar Gambar ix
Daftar Lampiran xii

BAB 1 PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 4
1.3 Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian 5
1.4 Rumusan Masalah 6
1.5 Tujuan Penelitian 6
1.6 Manfaat Penelitian 6
1.7 Kebaruan Penelitian 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI
2.1 Umum 8
2.2 Peneliti Terdahulu 10
1. Ginanjar (2014) – Limbah 10
2. Adhibaswara et al. (2011) – Filter Bertingkat 10
3. Susanti et al. (2012) – *Wetland* 11
4. Zhang et al. (2014) – *Constructed Wetland* 12
5. Arivoli & Mohanraj (2013) – *Constructed Wetland* 13
6. Suryahendrayatna et al. (2012) – *Phyto-reduction* 14
7. Dyamanagowdru & Lokeshappa (2015) - *Constructed Wetland* 14
8. Yeboah et al. (2015) – Fitoremediasi 15
2.3 Landasan Teori 15
2.3.1 Limbah Cair 15
2.3.2 Material Filter 17
2.3.2.1 Kerikil 17
2.3.2.2 Arang Batok 19
2.3.2.3 Pasir 22
2.3.3 Tanaman Air 23
2.3.3.1 Akar Wangi (*Vetiveria zizanoides* L.) 23
2.3.3.2 *Cattail* (*Typha angustifolia*) 25
2.4 Kualitas Air 26
2.4.1 Standar Menurut Peraturan Pemerintah 26
1. Standar Kualitas Air Limbah 26
2. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas 27
2.4.2 Parameter 28
1. Total Padatan Terlarut / *Total Dissolved Solid* (TDS) 28

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2. Tingkat Keasaman / *Potential of Hydrogen* (pH) 29
3. Suhu 29
4. Total Padatan Tersuspensi / *Total Suspended Solid* (TSS) 30
5. Kebutuhan Oksigen Biologi / *Biological Oxygen Demand* (BOD) 30
6. Kebutuhan Oksigen Kimia / *Chemical Oxygen Demand* (COD) 30
2.5 Kalibrasi Alat Ukur Filter dan *Wetland* 31
2.6 Verifikasi 32
2.7 Validasi 32
2.8 Analisis Data Statistik 32
2.8.1 Analisis Regresi Linier 32
2.8.2 Analisis Faktor 33
2.9 Penelitian Terdahulu 36

BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN
3.1 Kerangka Konseptual 42
3.2 Hipotesis Penelitian 42
3.3 Definisi Operasional 43
3.4 Diagram Alir Penelitian 44

BAB IV METODE PENELITIAN
4.1 Perancangan Model Bangunan 45
4.2 Tempat Penelitian 45
4.3 Alat dan Bahan 46
4.4 Macam Penelitian 46
4.5 Prosedur Penelitian 47
4.5.1 Kalibrasiu Alat Ukur Debit 47
4.5.2 Pelaksanaan Penelitian 48
4.6 Gambaran Umum Objek Studi 53
4.7 Evaluasi Kerja IPAL Komunal 54
4.8 Alat dan Bahan Penelitian 55

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN
5.1 Hasil Percobaan Model I - Fitoremediasi 59
5.2 Hasil Percobaan Model II - Filter Tunggal 60
5.3 Hasil Percobaan Model III - Filter Bertingkat 63
5.4 Data Input dan Output Pengolahan Limbah di IPAL Tlogomas 66
5.5 Hasil Percobaan Model IV - Filter Bertingkat dan *Wetland* 67
5.5.1 Hasil Pengukuran Material Logam 68
5.5.2 pH (*Potential of Hydrogen*) 73
5.5.3 Suhu 77
5.5.4 TSS (*Total Suspended Solid*) 80
5.5.5 TDS (*Total Dissolved Solid*) 84
5.5.6 BOD (*Biological Oxygen Demand*) 87
5.5.7 COD (*Chemical Oxygen Demand*) 91
5.6 Analisis Data Statistik 94
5.6.1 pH (*Potential of Hydrogen*) 94
5.6.2 Suhu 95
5.6.3 TSS (*Total Suspended Solid*) 97
5.6.4 TDS (*Total Dissolved Solid*) 98

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

5.6.5 BOD (*Biological Oxygen Demand*) 99
5.6.6 COD (*Chemical Oxygen Demand*) 101
5.7 Hasil Analisis Faktor 102
5.8 Hasil Analisis Regresi Terhadap Kualitas Air 103
5.9 Kemampuan Model Fisik dalam Menurunkan Parameter Limbah 104
5.10 Perbandingan Model Fisik dengan Desain IPAL Komunal Tlogomas 105
5.11 Simulasi Debit Melalui Analisis Regresi Linier 108

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN
6.1 Kesimpulan 120
6.2 Saran 121

Daftar Pustaka 122
Lampiran 127

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Gradasi Agregat Kasar Berdasarkan SNI-03-2834-2000 18
Tabel 2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik yang Belum Diolah 26
Tabel 2.3 Kriteria Air Berdasarkan Kelas 27
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu 36
Tabel 4.1 Rancangan model Pengolahan limbah *Blackwater* dengan Fitoremediasi 48
Tabel 4.2 Rancangan Perlakuan *Blackwater* dengan filter Tunggal 49
Tabel 4.3 Rancangan model *Blackwater* dengan Filter Bertingkat 49
Tabel 5.1 Hasil Pengolahan *Blackwater* dengan Fitoremediasi 59
Tabel 5.2 Hasil Pengolahan*Blackwater* dengan filter Tunggal 61
Tabel 5.3 Hasil Pengolahan *Blackwater* dengan filter Bertingkat 64
Tabel 5.4 Data perbandingan karakteristik input dan output IPAL Tlogomas 66
Tabel 5.5 Hasil Pengukuran Kadar Logam dengan Spektrofotometer XRF 68
Tabel 5.6 Data Hasil Pengukuran pH (Akar Wangi) 74
Tabel 5.7 Data Hasil Pengukuran pH (*Cattail*) 75
Tabel 5.8 Data Hasil Pengukuran Suhu (Akar Wangi) 77
Tabel 5.9 Data Hasil Pengukuran Suhu (*Cattail*) 79
Tabel 5.10 Data Hasil Pengukuran TSS (Akar Wangi) 81
Tabel 5.11 Data Hasil Pengukuran TSS (*Cattail*) 82
Tabel 5.12 Data Hasil Pengukuran TDS (Akar Wangi) 84
Tabel 5.13 Data Hasil Pengukuran TDS (*Cattail*) 86
Tabel 5.14 Data Hasil Pengukuran BOD (Akar Wangi) 88
Tabel 5.15 Data Hasil Pengukuran BOD (*Cattail*) 89
Tabel 5.16 Data Hasil Pengukuran COD (Akar Wangi) 91
Tabel 5.17 Data Hasil Pengukuran COD (*Cattail*) 92
Tabel 5.18 Ringkasan Hasil Analisis pada parameter pH (Akar Wangi) 94
Tabel 5.19 Ringkasan Hasil Analisis pada parameter pH (*Cattail*) 95
Tabel 5.20 Ringkasan Hasil Analisis pada parameter Suhu (Akar Wangi) 95
Tabel 5.21 Ringkasan Hasil Analisis pada parameter Suhu (*Cattail*) 96
Tabel 5.22 Ringkasan Hasil Analisis pada parameter TSS (Akar Wangi) 97
Tabel 5.23 Ringkasan Hasil Analisis pada parameter TSS (*Cattail*) 97
Tabel 5.24 Ringkasan Hasil Analisis pada parameter TDS (Akar Wangi) 98
Tabel 5.31 Ringkasan Hasil Analisis Regresi antara Debit Air, Ketebalan Pasir dan Waktu Tinggal dengan Parameter Kualitas Air pada Tanaman Akar Wangi 103
Tabel 5.32 Ringkasan Hasil Analisis Regresi antara Debit Air, Ketebalan Pasir dan Waktu Tinggal dengan Parameter Kualitas Air pada Tanaman *Cattail* 103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Septic Tank Komunal Tlogomas (2016) 2
Gambar 2.1 Skema Perletakan Jaringan Pipa *SBS* 10
Gambar 2.2 Media kerikil dan tanaman 12
Gambar 2.3 Tata penanaman tanaman 12
Gambar 2.4 Lahan basah buatan dengan tanaman *Cattail* 13
Gambar 2.5 Lahan basah buatan dengan tanaman *Vetiver* 15
Gambar 2.6 Proses pengolahan limbah 17
Gambar 2.7 Proses penjernihan air dengan tanaman air 17
Gambar 2.8 Arang batok kelapa 19
Gambar 2.9 Pembakaran arang batok kelapa menggunakan drum 21
Gambar 2.10 Pasir Cor 22
Gambar 2.11 Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) 23
Gambar 2.12 Tanaman*Cattail* (*Typha angostifolia*) 25
Gambar 2.13 Box *wetland* dan Filter Bertingkat 31
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 44
Gambar 4.1 Box filter 45
Gambar 4.2 Model Penelitian 47
Gambar 4.3 Skema Perlakuan Ketebalan Pasir 15 cm 50
Gambar 4.4 Skema Perlakuan Ketebalan Pasir 20 cm 51
Gambar 4.5 Skema Perlakuan Ketebalan Pasir 25 cm 52
Gambar 4.6 IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas Kota Malang 53
Gambar 4.7 Denah IPAL Komunal Tlogomas Kota Malang 54
Gambar 4.8 Bahan Filter 55
Gambar 4.9 Pengambilan sampel limbah pada IPAL Tlogomas 55
Gambar 4.10 Proses filter air limbah 56
Gambar 4.11 Alat yang digunakan dalam pengukuran air limbah 56
Gambar 4.12 Pengolahan air limbah dengan *wetland* 57
Gambar 4.13 Proses remediasi air limbah dengan tanaman air 58
Gambar 5.1 Skema Pengolahan limbah *Blackwater* dengan Fitoremediasi 59
Gambar 5.2 Karakteristik limbah *blackwater* selama proses pengolahan fitoremediasi 60
Gambar 5.3 Skema Pengolahan *blackwater* dengan filter tunggal 61
Gambar 5.2 Grafik filter tunggal dari hasil penelitian 62
Gambar 5.3 Skema Pengolahan *Blackwater* dengan Filter Bertingkat 64
Gambar 5.4 Grafik hasil pengolahan blackwater dengan filter bertingkat 65
Gambar 5.7 Grafik perbandingan input dan output pengolahan di IPAL Tlogomas 66
Gambar 5.8 Skema pengolahan *blackwater* dengan filter bertingkat dan *wetland* 67
Gambar 5.9 Hasil Pengukuran Unsur Al pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 69
Gambar 5.10 Hasil Pengukuran Unsur Si pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 69
Gambar 5.11 Hasil Pengukuran Unsur P pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 69
Gambar 5.12 Hasil Pengukuran Unsur S pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 69
Gambar 5.13 Hasil Pengukuran Unsur K pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 70
Gambar 5.14 Hasil Pengukuran Unsur Ca pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 70
Gambar 5.15 Hasil Pengukuran Unsur Ti pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 70
Gambar 5.16 Hasil Pengukuran Unsur V pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 70
Gambar 5.17 Hasil Pengukuran Unsur Cr pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 71
Gambar 5.18 Hasil Pengukuran Unsur Mn pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 71

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar 5.19 Hasil Pengukuran Unsur Fe pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 71
Gambar 5.20 Hasil Pengukuran Unsur Ni pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 71
Gambar 5.21 Hasil Pengukuran Unsur pada Cu Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 72
Gambar 5.22 Hasil Pengukuran Unsur pada Zn Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 72
Gambar 5.23 Hasil Pengukuran Unsur pada Mo Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 72
Gambar 5.24 Hasil Pengukuran Unsur pada Ba Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 72
Gambar 5.25 Hasil Pengukuran Unsur Eu pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 73
Gambar 5.26 Hasil Pengukuran Unsur Yb pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 73
Gambar 5.27 Hasil Pengukuran Unsur Re pada Tanaman Air (Akar, Batang, Daun) 73
Gambar 5.28 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (Akar Wangi) 74
Gambar 5.29 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (Akar Wangi) 74
Gambar 5.30 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (Akar Wangi) 75
Gambar 5.31 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (*Cattail*) 76
Gambar 5.32 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (*Cattail*) 76
Gambar 5.33 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (*Cattail*) 76
Gambar 5.34 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (Akar Wangi) 77
Gambar 5.35 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (Akar Wangi) 77
Gambar 5.36 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (Akar Wangi) 78
Gambar 5.37 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (*Cattail*) 79
Gambar 5.38 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (*Cattail*) 79
Gambar 5.39 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (*Cattail*) 80
Gambar 5.40 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (Akar Wangi) 81
Gambar 5.41 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (Akar Wangi) 81
Gambar 5.42 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (Akar Wangi) 82
Gambar 5.43 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (*Cattail*) 83
Gambar 5.44 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (*Cattail*) 83
Gambar 5.45 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (*Cattail*) 83
Gambar 5.46 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (Akar Wangi) 84
Gambar 5.47 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (Akar Wangi) 85

Gambar 5.48 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (Akar Wangi) 85
Gambar 5.49 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (*Cattail*) 86
Gambar 5.50 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (*Cattail*) 86
Gambar 5.51 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (*Cattail*) 87
Gambar 5.52 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (Akar Wangi) 88
Gambar 5.53 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (Akar Wangi) 88
Gambar 5.54 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (Akar Wangi) 89
Gambar 5.55 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (*Cattail*) 90
Gambar 5.56 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (*Cattail*) 90
Gambar 5.57 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (*Cattail*) 90
Gambar 5.58 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (Akar Wangi) 91
Gambar 5.59 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (Akar Wangi) 92
Gambar 5.60 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (Akar Wangi) 92
Gambar 5.61 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm (*Cattail*) 93
Gambar 5.62 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm (*Cattail*) 93
Gambar 5.63 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm (*Cattail*) 93
Gambar 5.64 Model fisik pengolahan air limbah *blackwater* 104

Repository Universitas Brawijaya

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengamatan Laboratorium 128
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian 139
Lampiran 3 Hasil Analisis SEM-EDAX 146
Lampiran 4 Output Analisis Data 153
Lampiran 5 Hasil Analisis XRF 185

Repository Universitas Brawijaya

RINGKASAN

Lies Kurniawati Wulandari, Program Doktor Teknik Sipil, Minat Sumber Daya Air. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 19 Desember 2018. Model Fisik Pengolahan Limbah Domestik *Septictank* Komunal *Blackwater* Menjadi Air Pertanian dengan Metode Filter Bertingkat dan *Wetland*. Promotor: Prof. Dr. Ir.Mochamad Bisri, MS.; Ko-Promotor: Dr.Eng. Donny Harisuseno, ST.MT. dan Emma Yuliani, ST.MT.PhD.

Limbah domestik *blackwater* merupakan jenis air limbah yang berasal dari kotoran manusia sehingga perlu pengolahan yang tepat sebelum akhirnya dibuang ke sungai. Selama ini pengolahan limbah *blackwater* dilakukan dengan cara ditampung dalam *septictank* atau langsung disalurkan ke *sewage system* untuk kemudian diolah dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah domestik (IPAL). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pengolahan limbah cair domestik dari IPAL komunal dengan menggunakan model fisik yang terdiri dari 2 proses pengolahan, yaitu filter bertingkat dan *wetland*.

Penelitian ini mengaplikasikan metode filter bertingkat yang terdiri dari material kerikil, arang aktif dan pasir cor, kemudian dilanjutkan dengan sistem *wetland* yang terdiri dari tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanoides*) dan *Cattail* (*Typha angustifolia*). Variabel penelitian yang diamati adalah variasi debit air limbah (X_1), variasi ketebalan pasir (X_2), waktu tinggal *wetland* (X_3) pada interval 2 hari, 4 hari dan 6 hari, serta parameter kualitas air (Y) yang terdiri dari pH, Suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Metode analisis data yang digunakan adalah Regresi Linier dengan bantuan program SPSS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan model fisik yang terdiri dari filter bertingkat dan *wetland* mampu meningkatkan kualitas air limbah, dimana *output* yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas air kelas IV (air untuk keperluan pertanian). Persamaan regresi yang diperoleh pada perlakuan dengan tanaman Akar Wangi adalah Y (Kualitas Air) = $6.585 - 0.010\ X_1 - 0.164\ X_2 - 0.281\ X_3 + e$, sedangkan pada tanaman *Cattail* adalah Y (Kualitas Air) = $6.927 - 0.012\ X_1 - 0.148\ X_2 - 0.310\ X_3 + e$ (X_1 debit, X_2 tebal pasir, X_3 waktu tinggal pada *wetland*).

Dengan demikian, maka secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa penggunaan model fisik pengolahan limbah yang diterapkan mampu mereduksi polutan yang terkandung dalam limbah *blackwater*.

Kata kunci: *Blackwater*, *Wetland*, Filter bertingkat, *Vetiveria zizanioides*, *Typha angustifolia*.

Repository Universitas Brawijaya

SUMMARY

Lies Kurniawati Wulandari, Doctoral Program in Civil Engineering, Specialty in Water Resources. Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, December 19, 2018. Physical Model of Communal Septic Tank Blackwater Domestic Waste Processing Into Agricultural Water with Multilevel Filter Method and Wetland. Promoter: Prof. Dr. Ir. Mochamad Bisri, MS .; Co-Promoter: Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST.MT. and Emma Yuliani, ST.MT.PhD.

Blackwater domestic waste is a type of wastewater that comes from human waste so it needs proper processing before finally being dumped into the river. So far, blackwater waste processing is carried out by means of being stored in septic tanks or directly channeled to sewage systems to be processed in a domestic wastewater treatment plant (WWTP). This study aims to improve the effectiveness of domestic wastewater treatment from communal WWTP using a physical model consisting of 2 processing processes, namely multilevel filters and wetlands.

This study applied a multilevel filter method consisting of gravel material, activated charcoal, and cast sand, then continued with a wetland system consisting of fragrant root plants (Vetiveria zizanoides) and Cattail (Typha angustifolia). The research variables observed were variations in wastewater discharge (X1), variations in sand thickness (X2), wetland residence time (X3) at intervals of 2 days, 4 days and 6 days, and water quality parameters (Y) consisting of pH, temperature, TSS, TDS, BOD and COD. The data analysis method used is Linear Regression with the help of the SPSS program.

The results showed that the use of a physical model consisting of multilevel and wetland filters was able to improve the quality of wastewater, where the output produced had met class IV water quality standards (water for agricultural purposes). The regression equation obtained in the treatment with fragrant root plants is Y (Water Quality) = 6.585 – 0.010 X_1 – 0.164 X_2 – 0.281 X_3 + e, while in Cattail plants is Y (Water Quality) = 6.927 – 0.012 X_1 – 0.148 X_2 – 0.310 X_3 + e (with X1: discharge, X2: thick sand, X3: period to stay in wetland).

Thus, overall it can be concluded that the use of the physical model of applied waste management can reduce the pollutants contained in blackwater waste.

Keywords: Blackwater, Wetland, Multilevel Filters, Vetiveria Zizanioides, Typha Angustifolia.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan suatu wilayah sangat berkaitan dengan pertumbuhan dan kepadatan penduduk. Semakin besar pertumbuhan penduduk dapat menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki daya tarik tersendiri untuk ditinggali. Pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin besar dari waktu ke waktu juga memberikan dampak terhadap peningkatan kebutuhan akan sarana dan prasarana di suatu wilayah.

Salah satu dampak yang terjadi akibat pertumbuhan jumlah penduduk adalah peningkatan jumlah penggunaan air bersih. Air bersih ini akan digunakan oleh manusia untuk melakukan kegiatan produksi maupun konsumsi sehari-hari seperti kegiatan industri, pertanian, peternakan, memasak, mencuci, mandi, dan sebagainya. Setiap kegiatan produksi dan konsumsi air bersih oleh manusia tidak dapat lepas dari residu atau sisa dari kegiatan tersebut yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi atau sering disebut dengan air limbah.

Kegiatan penduduk yang terus meningkat berdampak pada semakin meningkatnya volume air limbah yang dihasilkan. Hal ini sering kali tidak didukung oleh penyediaan prasarana sanitasi lingkungan yang seimbang. Sebagai produk akhir dalam pemakaian air bersih selama melakukan aktivitas kehidupan, air limbah memerlukan penanganan yang memadai karena dapat memberi dampak yang cukup serius bagi lingkungan dan manusia jika tidak dikelola dengan baik. Dampak tersebut antara lain mencemari sumber air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih (Mukhtasor, 2007).

Penurunan kualitas atau rusaknya keseimbangan suatu lingkungan hidup antara lain disebabkan oleh meningkatnya tingkat pencemaran (Supradata,2005). Baik pencemaran pada komponen atmosfer, hidrosfer, maupun litosfer akibat limbah buangan pertanian, rumah tangga, dan industri yang telah melampaui ambang batas yang telah ditentukan. Pencemaran tersebut terjadi akibat jumlah beban yang dibuang kedalam saluran atau perairan sungai telah melampaui kesanggupan alami air sungai guna pemurnian kembali (*self purification*).

Air limbah yang paling banyak dibuang dan mencemari sungai adalah air limbah yang berasal dari limbah rumah tangga (limah 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 *septictank* 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).

IPAL komunal adalah *septictank* raksasa yang dibagun 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 1.1 Kondisi *Septic tank* Komunal Tlogomas (2016)

Constructed wetland merupakan lahan basah buatan yang dikelola dan dikontrol oleh manusia sebagai solusi pengolahan air buangan dengan menggunakan tanaman, aktifitas mikroba dan proses alami lainnya (Hesket dan Bartholomew, 2001 *dalam* Herumurti, 2005). *Constructed wetland* terdiri atas tiga faktor utama:

1. Area yang digenangi air dan mendukung hidupnya *aquatic plant* (tanaman air) jenis *hydrophyte* (tumbuhan air)
2. Memerlukan tanah sebagai media tumbuh tanaman
3. Media jenuh air.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Mthembu *et al.*, (2013) menunjukkan hasil bahwa sistem *wetland* dapat mencapai efisiensi dan efektivitas yang tinggi untuk menurunkan kandungan bahan organik dan anorganik serta kandungan patogen lain jika dikelola dengan benar dan efisien. Sehingga, *wetland* dapat menjadi solusi yang berguna dalam pengelolaan dan konservasi sumber daya air yang semakin langka.

Pada penelitian ini, pengolahan *blackwater* dilakukan melalui dua tahap, yaitu dengan cara penyaringan sebuah filter yang dilanjutkan dengan menggunakan tanaman air. Penelitian yang dilakukan Sodamage dan Pearse (2013) menunjukkan hasil bahwa penggunaan filter pasir jeram dengan ketebalan 800mm efektif dalam menurunkan kadar Fe dan Mn. Penggunaan filter mampu mengurangi kandungan Fe dan Mn hingga 0,02 dan 0.1 mg/l, sehingga output yang dihasilkan telah memenuhi baku mutu. Selain itu, Hidayat *et al.*, (2010) menyatakan bahwa kerikil dapat digunakan sebagai filter limbah, dimana kerikil (diameter 0,5-2,0 cm) dapat menurunkan kadar lipid dan deterjen serta menetralkan pH. Sedangkan Cobb *et al.*, (2012) dalam penelitiannya menunjukkan hasil bahwa arang memiliki kandungan karbon aktif, sehingga mampu menghilangkan bahan pencemar kimiawi. Penerapan metode filtrasi sebelumnya telah terbukti efektif untuk menjernihkan air sungai, hal ini dibuktikan oleh Adhibaswara et al. (2011) yang membuat sebuah tanggul filter dengan memanfaatkan material pecahan bata, batu kerikil, ijuk, arang dan kemudian pasir. Selain efektif, metode tersebut juga efisien dan mudah diterapkan khususnya di negara berkembang seperti Indonesia.

Ilustrasi pengolahan limbah cair domestik sebelumnya telah dijelaskan dalam *Lismore City Council*, Australia (2003), dimana pengolahan air limbah diawali dengan penampungan pada sebuah septic tank dan selanjutya dialirkan pada sebuah sistem penyaringan dengan memanfaatkan material pasir hingga diperoleh hasil yang memenuhi standar dan layak untuk dibuang. Namun, metode tersebut dapat dilanjutkan dengan

memanfaatkan tanaman air untuk meningkatkan kualitas limbah melalui proses remediasi. Dalam penelitian ini, digunakan sistem *wetland* dengan memanfaatkan tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanoides*) dan *Cattail* (*Typha angostifolia*). Keduanya merupakan jenis tanaman air (*submerged/amphibiuos plants*) yang dapat digunakan untuk lahan basah buatan. Hasil penelitian Ramakrishna *et. al.*, (2013) menunjukkan bahwa tanaman air secara simultan berperan besar dalam pemurnian air limbah. Penggunaan tanaman air memiliki keunggulan antara lain biaya operasional rendah dan teknologi yang sederhana. Selain dapat digunakan sebagai agen bioremediasi, tanaman Akar Wangi juga memiliki ketahan yang tinggi terhadap polutan (Indrayatie, 2008). Sedangkan tanaman *Cattail* telah terbukti mampu meningkatkan kualitas indikator air limbah secara signifikan dengan nilai efektivitas lebih dari 80% pada parameter BOD, COD dan TKN (Pongthornpruek, 2017).

Filter digunakan sebagai material penyaring limbah *blackwater*, adapun filter yang digunakan terdiri dari beberapa lapis yaitu lapisan kerikil, lapisan arang, lapisan pasir. Filter tersebut dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menyerap kotoran yang ada.Air keluaran dari filter tersebut diatas akan ditampung yang kemudian digunakan sebagai air tanaman yang berfungsi sebagai filter terakhir dengan waktu tinggal. Sistem remediasi dengan tanaman air tersebut disebut dengan sistem *wetland.* Pada penelitian ini, model fisik dirancang dengan menggunakan gabungan metode filter dan *wetland* dengan cara menerima aliran limbah *blackwater* komunal melalui unit filter kemudian dialirkan ke unit *wetland*. Keluaran dari *wetland* diharapkan akan menjadi air persawahan atau pertanian.

1.2 Identifikasi Masalah

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.

Pengolahan air limbah dapat disederhanakan dengan menggunakan melihat gambaran peneliti terdahulu menunjukkan bahwa kerikil, arang, dan pasir dapat dimanfaatkan sebagai material filter dalam pengolahan limbah. Selain itu, *treatment* juga dapat ditempuh

dengan menggunakan agen remediasi berupa tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) dan *Cattail* (*Typha angustifolia*).

Pada penelitian ini, pemilihan seluruh bahan yang akan dimanfaatkan untuk merancang model fisik pengolahan limbah *blackwater* tidak hanya berdasarkan pada potensinya. Peneliti juga mempertimbangkan keberadaan bahan-bahan tersebut yang mudah didapatkan. Dengan kata lain, pemanfaatan model fisik nantinya tidak hanya bertujuan untuk mengolah limbah secara efektif dalam skala atau lingkup tertentu. Namun juga bertujuan untuk menghasilkan teknologi pengolahan limbah yang mudah diaplikasikan oleh masyarakat umum dan dalam skala apapun.

Jika peneliti terdahulu menggunakan bahan filter dengan susunan dari halus ke kasar, maka penelitian ini dibalik dari kasar ke halus yang bertujuan untuk menghambat TSS supaya tertahan pada filter di lapisan atas. Selanjutnya disaring oleh lapisan ke dua berupa arang sampai jenuh baru dialirkan ke lapisan pasir sampai jenuh.

Hasil yang dihasilkan dari pengolahan dengan filter bertingkat dan *wetland* diharapkan memenuhi standar untuk air pertanian..

1.3. Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian

Batasan dan ruang lingkup dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Model fisik dirancang sedemikian rupa agar dapat diaplikasikan oleh masyarakat umum.
2. Dengan desain model penelitian ini, maka akan dapat meningkatkan kualitas air buangan limbah domestik.
3. Pengujian kualitas air dilakukan pada parameter terpilih yang meliputi pH, Suhu, TSS, TDS, BOD dan COD.
4. Limbah *blackwater* diambil dari IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas.
5. Material filter terdiri dari kerikil, arang, dan pasir cor, sedangkan *wetland* dibuat dengan memanfaatkan tanaman Akar Wangi dan *Cattail*.
6. Model fisik menghasilkan suatu persamaan yang akan diterapkan sebagai *prototype*.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kondisi kualitas IPAL Komunal Tlogomas pada bagian hulu ?
2. Bagaimanakah hasil kualitas air pengolahan limbah *blackwater* yang direncanakan dengan debit model, apakah sudah memenuhi syarat kualitas air pertanian ?
3. Bagaimanakah persamaan kualitas air *blackwater* dengan model fisik yang menggunakan filter dan *wetland* ?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk meningkatkan kualitas air buangan limbah *blackwater* menjadi air pertanian.
2. Untuk mengatur debit buangan limbah rumah tangga komunal dengan menggunakan persamaan model, maka masyarakat dapat menyesuaikan debit limbahnya.
3. Bahan filter dan *wetland* mudah didapat.

1.6 Manfaat Penelitian

a. Manfaat Akademis

Mengembangkan ilmu pengolahan limbah domestik tipe *Blackwater* antara lain :

1. Menggunakan filter bertingkat dengan beberapa lapisan yang berguna untuk meningkatkan kualitas air buangan.
2. Mengatur lapisan pada model filter dan waktu tinggal pada *wetland* terhadap efisiensi pengolahan *blackwater*.
3. Membuat model filter dan membandingkan 2 buah *wetland* yang paling baik, sehingga dapat dipilih salah satu atau dikombinasikan.

b. Manfaat Praktis

1. Model fisik yang direncanakan ini lebih praktis dan lebih mudah sehingga dapat dilaksanakan oleh masyarakat.
2. Meningkatkan kualitas air buangan dari limbah rumah tangga
3. Memilih *wetland* yang tepat selain menjernihkan air juga untuk menghilangkan bau, sehingga kesehatan masyarakat sekitar akan tetap terjaga.

4. Sedimentasi dapat langsung digunakan sebagai pupuk tanaman yang dapat bermanfaat untuk penduduk sekitarnya

1.7 Kebaruan Penelitian

Orisinalitas dan kebaruan penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas air dari limbah *blackwater* menjadi air klas IV standart air pertanian dengan cara:

1. Merancang model fisik pengolahan limbah *blackwater* secara komunal
2. Memilih jenis filter yang tepat
3. Mengatur ketebalan dan susunan filter
4. Memilih jenis tanaman yang tepat untuk limbah *blackwater*
5. Meneliti waktu tinggal pada 2 buah tanaman untuk dibandingkan
6. Mendapatkan suatu persamaan dan rancangan model fisik yang dapat dilaksanakan secara aktual
7. Keluaran IPAL yang ada, dengan merancang model yang baru maka debit model dapat diaktual.

Dengan demikian topik ini masih orisinal untuk diangkat sebagai topik penelitian disertasi. Hasil penelitiannya diharapkan mampu memberikan pengetahuan dan pemahaman terhadap pengolahan limbah domestik *blackwater* secara komunal.

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Umum

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 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) Kegatan industri yang menghasilkan air limbah seperti limbah cair dari industri, pertanian, peternakan, dll yang menghasilkan limbah cair.
4) Air hujan yang turun melalui atap rumah, saluran drainase dan permukaan jalan.

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.

Dalam penelitian Zhang et al. (2014), didapatkan hasil bahwa penggunaan *wetland* buatan (*Typha angustifolia*) dengan tanaman air gabungan mampu menurunkan kadar TSS dengan sangat efisien hingga 93,82%, dimana salah satu tanaman yang digunakan sebagai agen bieremediasi air limbah adalah *Cattail*.

Selanjutnya, Arivoli dan Mohanraj (2013) mengungkapkan bahwa tanaman *Typha angustifolia* mampu menurunkan kadar TDS hingga 84,66% setelah waktu retensi hidrolik (HRT) 36 jam. Sedangkan pada lahan basah buatan tanpa tanaman *Typha angustifolia*, didapatkan penurunan kadar TDS sebesar 67,26%. Sehingga, dapat dikatakan bahwa penggunaan tanaman *Typha angustifolia* mampu meningkatkan efektivitas pengolahan air limbah.

Hasil penelitian Suhendrayatna et al. (2012) juga menunjukkan hasil yang senada, dimana penggunaan tanaman air (*Typha latifolia* dan *Saccharum spontaneum*) terbukti potensial dan efektif dalam mereduksi kadar TSS air limbah. Tanaman Typha saccharum mampu menurunkan kadar TSS hingga 88,83%, dimana pada pengamatan selama 9 hari penurunan kadar TSS secara berurutan adalah 58.6 mg/L, 31.1 mg/L, 14.7 mg/L, 13.5 mg/L, 13.0 mg/L, 12.9 mg/L, 12.6 mg/L, dan 12.2 mg/L. Selain itu, Dyamanagowdru dan Lokeshappa (2015) mendapatkan hasil penelitian dimana tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizaniodes*) mampu meningkatkan mutu air limbah dengan menurunkan kadar TDS sebesar 29% dan kadar TSS hingga 65%.

Yeboah et al. (2015) memperoleh temuan bahwa *Vetiveria zizanioides* mampu mengeliminasi polutan yang terdapat dalam limbah. Pengukuran terhadap parameter TSS menunjukkan kadar akhir 16 mg/l, dari sebelumnya 330 mg/l. Sehingga diperoleh hasil bahwa efektivitas reduksi kadar TSS yaitu sebesar 95,15%. Adapun pada parameter TDS, kadar akhir yang didapat yaitu 1570 mg/l, dari sebelumnya 2560 mg/l. Sehingga terlihat penurunan kadar TDS melalui penggunaan tanaman *Vetiveria zizanioides* yaitu 38,67%.

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 menetralisir bahan pencemar.

3) Proses Biologi

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

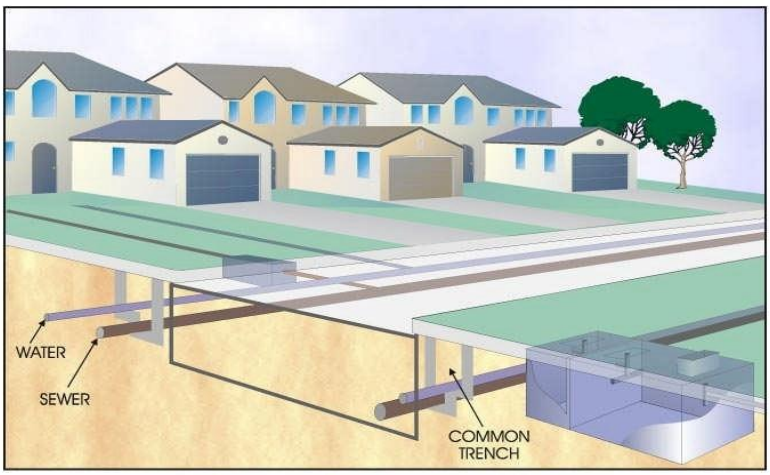
2.2 Peneliti Terdahulu

1. Ginanjar (2014) - Limbah

Aliran yang mengalir secara gravitasi pada sistem *Small Bore Sewer (SBS)*, aliran air buangan dapat berupa aliran terbuka yang terjadi di hampir seluruh perpipaan air buangan, atau dengan aliran tertutup bertekanan selama gradient hidrolisnya tidak melebihi elevasi permukaan air yang ada pada setiap tangki septik, sehingga tidak terjadi aliran balik.

Sistem SBS (*Small Bore Sewer*) memungkinkan jika terjadi peningkatan kepadatan penduduk dengan pengembangan pemukiman, dibandingkan dengan system konvensional. Sistem *SBS* lebih efisien dalam penggunaanlahan, memberikan perlindungan jauh lebih tinggi bagi lingkungan dengan system perawatan yang tepat, biaya instalasi *SBS* lebih murah dari biaya sistem konvensional, dan juga dengan system *SBS* kualitas kebersihan air tanah dapat terpelihara, dan kualitas limbah padat nya juga terjaga kualitas nya dari pengenceran pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT).

Berdasarkan analisis kondisi daerah perencanaan dengan kriteria perencanaan tersebut, maka system penyaluran air buangan yang akan direncanakan dan paling tepat untuk diterapkan adalah sistem riol ukuran kecil atau *Small Bore Sewerage (SBS).*



Gambar 2.1 Skema Perletakan Jaringan Pipa *SBS (CLEARFORD Industries Inc.)*

Gambar diatas merupakan jaringan pipa *SBS* tersambung dengan *septic tank* dari rumah-rumah penduduk melalui sambungan rumah. Jaringan *SBS* diletakkan di bawah jaringan pipa air bersih, untuk meminimalisasi potensi pencemaran akibat kebocoran pipa.

2. Adhibaswara et al. (2011) – Filter Bertingkat

Tanggul sederhana yang biasanya digunakan sebagai saringan air bersih yang terdiri atas susunan bambu, batuan, ijuk dan batang kelapa. Lapisan bambu berada pada lapisan

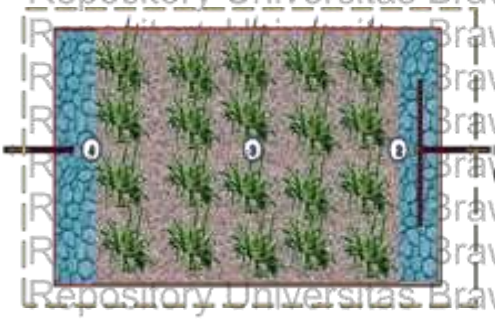
yang terluar sebagai dinding penahan tanah. Untuk pembuatan susunannya, pertama-tama bambu dipancangkan satu-satu disusun rapi mengarah vertikal kemudian disatukan dengan menggunakan potongan bambu arah horizontal. Hal ini bertujuan untuk menambah kekuatan pada bambu dalam menahan tekanan tanah. Ujung bambu vetikal danujung bambu horizontal yang mengenai tanah, lalu ditancapkan ke dalam tanah hingga benar-benar kokoh. Antara persilangan bambu vetikal dan horizontal digabungkan dengan menggunakan sekrup.

Lapisan batuan dan ijuk berada setelah lapisan bambu. Batuan dan ijuk berfungsi untuk menimbulkan lumpur dan lumut, dimana fungsi dari itu sendiri adalah untuk menahan air agar tidak merembes ke dinding tanah. Lapisan batang kelapa berada setelah lapisan batuan dan ijuk. Lapisan batang kelapa yang langsung terkena air memiliki fungsi untuk mencegah rembesan air berlebihan kedinding tanah. Sehingga air yang sampai pada lapisan batuan dan ijuk jumlahnya tidak terlalu besar. Cara membuatnya adalah dengan menumpuk setengah belahan memanjang batang kelapa hingga tinggi yang diinginkan. Kemudian, antar satu batang dengan batang lainnya dikunci tegak lurus dengan baut sekrup dan ujungnya diberi patok kayu atau besi agar struktur menjadi kaku.

3. Susanti et al. (2012) - ***Wetland***

Penelitian dilakukan dengan membuat dua buah bak kontrol yang berfungsi untuk penyaringan air limbah dari kotoran padat seperti sisa makanan dan lain-lain dan sebagai bak penampung. Kemudian pembuatan bak untuk CW berukuran (panjang x lebar x dalam) adalah (2 x 1 x 0.65) m3 atau setara dengan volume 1.3 m3. Tipe CW yang diterapkan SSF dalam kondisi skala penuh pada sebuah rumah tinggal dengan jumlah penghuni 5 orang atau setara dengan debit air limbah 0.6 m3/hari. Hal ini dilakukan agar sesuai dengan kondisi riil. Waktu tinggal tiga hari ditetapkan sesuai waktu penguraian air limbah dalam *septic tank*. Jenis tanaman yang digunakan adalah *Irish*., dengan pertimbangan kemudahan untuk diperoleh di lingkungan sekitar. Ketinggian/panjang daun tanaman yang digunakan berkisar 50-60 cm. Jarak antar rumpun tanaman adalah 15 cm. Media tanam yang digunakan adalah pasir, kerikil diameter 0.8-1.5 cm, dan botol plastik bekas. Tujuan menggunakan botol bekas adalah memanfaatkan barang bekas dan meningkatkan porositas. Porositas media yang lebih tinggi akan menghasilkan kualitas keluaran yang lebih baik (Wibisono dan Masrevaniah, 2008).

Gambar 2.2 Media kerikil dan tanaman



Gambar 2.3 Tata penanaman tanaman

Uji kualitas air tanpa tanaman dibandingkan dengan menggunakan tanaman. Kemampuan Tanaman *Irish pseuadacorus* menurunkan Nilai BOD Air Limbah Rumah Tangga. Kemampuan tanaman *Irish pseuadacorus* dalam mengolah limbah ditunjukkan dengan persentase penurunan nilai BOD dalam air limbah tersebut. Kinerja CW dalam menurunkan nilai BOD berdasarkan hasil analisis laboratorium dibandingkan dengan reactor tanpa tanaman. Masing-masing dengan waktu tinggal tiga hari.

Berdasarkan hasil pengukuran, penggunaan tanaman *Irish* untuk mengolah air limbah domestik dengan waktu tinggal 3 hari sudah menunjukkan kemampuan yang baik dalam menurunkan nilai BOD. Hal itu terlihat dari nilai BOD setelah pengolahan berada dibawah Standar Baku Mutu limbah domestik. Dengan demikian, dapat dipertimbangkan untuk membuat tempat penampungan limbah dengan volume berdasarkan produksi limbah selama tiga hari, dengan menentukan luasan sesuai dengan waktu tinggal tiga hari. Analisis untuk menguji sejauh mana perbedaan hasil pengolahan limbah menggunakan tanaman Iris dan tanpa tanaman dilakukan dengan uji-*t*.

Hasil pengujian kualitas air dengan perlakuan tanpa tanaman dan menggunakan tanaman menunjukkan bahwa pengolahan dengan tanaman pada waktu tinggal tiga hari mencapai hasil optimal, dengan nilai signifikansi 0.162. Perbedaan signifikan nampak apabila pengolahan limbah dengan tanaman selama tiga hari dibandingkan dengan air limbah pada inlet. Hasil menunjukkan perbedaan nilai BOD antara titik inlet dan nilai BOD pada outlet.

4. Zhang et al. (2014) – *Constructed Wetland*

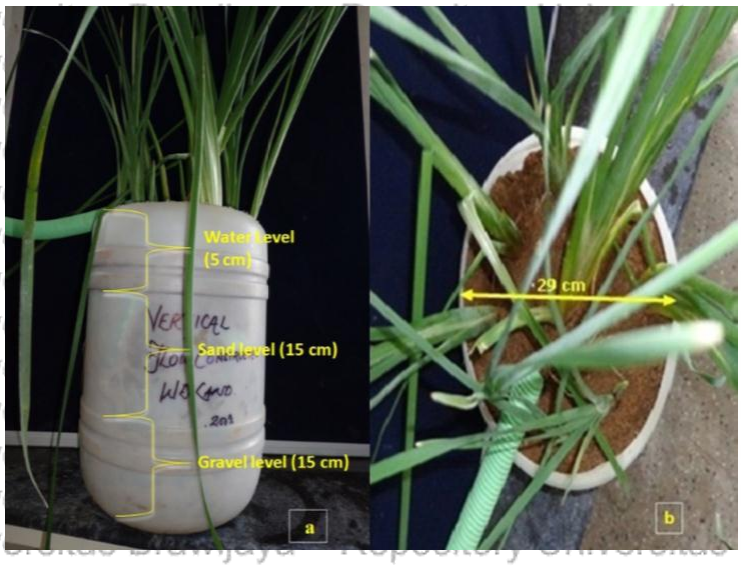
Zhang et al. (2014) meninjau ragam metode pengolahan limbah dengan *wetland*, penerapannya, serta menentukan sistem constructed *wetland* yang sesuai untuk digunakan di negara berkembang. Adapun yang menjadi pertimbangan utama dalam penelitiannya yaitu biaya operasional pengolahan limbah yang murah dan dapat diterapkan secara

berkelanjutan. Lahan basah buatan yang diteliti terdiri dari 4 macam, yaitu lahan basah dengan sistem aliran bebas (*free water surface flow*), lahan basah dengan sistem *subsurface flow*, sistem gabungan (*hybrid system*), dan sistem pengolahan terapung (*floating treatment wetland*). Salah satu tanaman yang digunakan sebagai agen bioremediator adalah *Typha angustifolia*.

Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa lahan basah buatan dengan sistem gabungan (*hybrid system*) merupakan yang paling efektif dalam mengurangi kadar polutan yanng terkandung dalam limbah. Efektivitas pengurangan kadar TSS hingga mencapai 93%, serta kadar COD hingga 85,65%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan lahan basah buatan dengan sistem gabungan cocok untuk digunakan dalam pengolahan air limbah, khususnya pada negara berkembang. Selain itu, tanaman *Typha* juga terbukti mampu mengurangi kadar TSS dan COD secara efektif.

5. Arivoli & Mohanraj (2013) – *Constructed Wetland*

Lahan basah buatan dengan tanaman air dinilai mampu menghilangkan atau mengurangi kontaminan dalam air limbah domestik secara lebih efisien. Dalam penelitiannya, Arivoli dan Mohanraj (2013) mengkaji efisiensi penggunaan lahan basah buatan atau *Constructed Wetland* dalam menghilangkan polutan organik dan anorganik dari limbah cair domestik dengan menggunakan filter kerikil dan pasir sebagai substrat yang kemudian ditanami dengan makrofita jenis *Typha angustifolia* atau yang umum dikenal dengan tanaman *Cattail*. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan tiga kali pengoperasian *Hydraulic Retention Time* (HRT) yang berbeda, yakni 12, 24 dan 36 jam.



Gambar 2.4 Lahan Basah buatan dengan tanaman *Cattail*

Efisiensi pengurangan kadar polutan yang paling maksimal pada tanaman *Cattail* didapat pada VFCW dengan HRT 36 jam. Efisiensi penurunan kadar TDS pada HRT 36 jam yaitu sebesar 84,66%, penurunan kekeruhan sebesar 92,90%, 80,53% untuk COD, 75,49% untuk BOD5, 83,51% untuk PO4, dan 88,48% untuk NO3. Sedangkan efisiensi penyisihan VFCW yang tidak ditanami makrofita adalah 64,76% untuk kekeruhan, 67,26% untuk TDS, 64,70% untuk COD, 56,45% untuk BOD5, 64,45% untuk PO4, dan 61,80% untuk NO3. Sehingga dapat diketahui bahwa lahan basah buatan dengan tanaman Cattail mampu menurunkan kadar polutan pada air limbah secara lebih maksimal.

6. Suhendrayatna et al. (2012) – *Phyto-reduction*

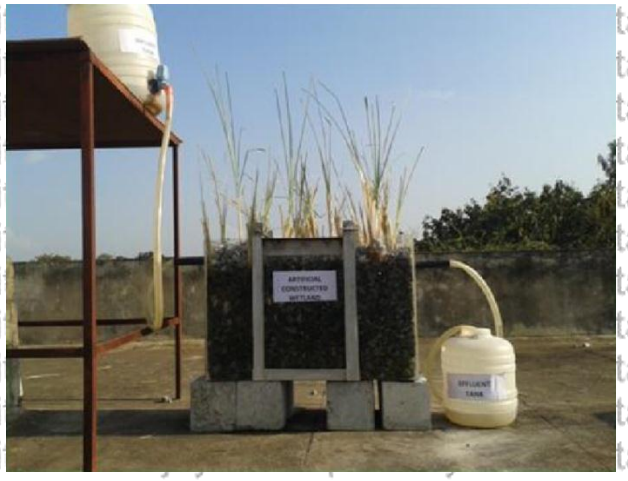
Pengolahan air limbah secara biologi dikenal dengan tingkat efisiensi yang baik untuk menghilangkan senyawa organik dengan berat molekul yang tinggi. Ada banyak bukti yang menunjukkan bahwa tanaman *Typha latifolia* sangat toleran terhadap kondisi tanah dan air yang tercemar, sehingga banyak digunakan sebagai alternatif alami yang efektif dan murah untuk mengolah air limbah. Dalam penelitiannya, Suhendrayatna et al. (2012) menggunakan metode fitoreduksi dengan tanaman air *Typha latifolia* dan *Saccharum spontaneum* padapengolahan air limbah untuk mengetahui efektifitasnya dalam menurunkan kadar COD, BOD dan TSS. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan filter yang terdiri dari kerikil dan pasir. Air limbah dialirkan ke dalam polibag yang berisi filter pasir dan kerikil serta ditanami tanaman air (*Typha latifolia* dan *Saccharum spontaneum*) secara terus menerus selama waktu pengamatan 24 jam. Pengamatan dilakukan dengan mengukur pertumbuhan tanaman serta penurunan kadar parameter COD, BOD, dan TSS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *Typha latifolia* lebih toleran atau lebih tahan limbah dibandingkan dengantanaman *Saccharum spontaneum*. Penerapan metode fitoreduksidengan tanaman *Typha latifolia* mampu menurunkan kadar COD, BOD dan TSS masing-masing sebesar 50,15%, 56,72%, dan 88,83%. Sehingga, dapat diketahui bahwa tanaman *Typha latifolia* memiliki sangat potensial untuk digunakan dalam pengolahan pengolahan air limbah, khususnya terkait parameter COD, BOD dan TSS.

7. Dyamanagowdru & Lokeshappa (2015) – *Constructed Wetland*

Salah satu sistem pengolahan air limbah yang menjadi perhatian penting saat ini adalah lahan basah. Lahan basah alami yang terdapat di alam mampu memurnikan air

limbah yang masuk ke dalamnya, dimanalimbah tersebut disaring saat mengalir melewatinya. Lahan basah buatan atau *constructed wetland* adalah modifikasi lahan basah alami yang sengaja dibuat secara artifisial dengan menggunakan berbagai spesies tanaman. Tanaman Vetiver memiliki potensi untuk menghilangkan berbagai kontaminan pada lingkungan air dan tanah, sehingga cocok untuk digunakan sebagai agen fitoremediasi untuk tetrasiklin serta untuk mengolah limbah cair dari industri tekstil. Tanaman Vetiver memiliki efisiensi tinggi dalam menyerap nitrogen terlarut, fosfor, sulfat dan logam berat seperti As, Cd dan lain-lain. Dalam penelitiannya, Dyamanagowdru dan Lokeshappa (2015), menggunakan tanaman *Vetiveria zizanioides* dan *Canna siamensis*.



Gambar 2.5 Lahan Basah buatan dengan menggunakan rumput *Vetiver*

Efisiensi penurunan kadar polutan didapatkan pada waktu retensi hidrolik 4 dan 6 hari. Efisiensi lahan basah buatan dengan tanaman *Vetiveria zizaniodes* mencapai 96% untuk parameter kekeruhan, TDS (29%), TSS (65%), BOD (70%), COD (80%), Klorida (53%), Nitrat (50%) dan Fosfat (55%). Sehingga dapat diketahui bahwa penggunaan lahan basah buatan dengan tanaman *Vetiveria zizaniodes* mampu menurunkan kadar poluan secara efektif.

8. Yeboah et al. (2015) – *Phytoremediation*

Teknik fitoremediasi untuk pengolahan berbagai jenis limbah industri dikenal dengan biaya operasional yang lebih efisien sekaligus efektif penurunan kadar polutan yang lebih baik dibandingkan dengan metode pengolahan limbah industri secara tradisional (WWTM). Sejak tahun 1980an, Sistem Vetiver (VS), yang awalnya dikenal sebagai *Vetiver Grass Technology* (VGT), telah dikenal sebagai teknologi sederhana dan murah

yang keperluan konservasi tanah dan air di India. Penelitian yang dilakukan oleh Yeboah et al. (2015) berfokus pada efektivitas rumput Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dalam memurnikan air limbah industri sebelum nantinya dibuang ke lingkungan luar. Rumput Vetiver digunakan sebagai tanaman fitoremediasi dan ditanam secara hidroponik pada tigasampel limbah industri yang berbeda.

Hasil penelitian yang didapat menunjukkan adanya kemampuan rumput Vetiver dalam meningkatkan kualitas air limbah, dimana ditemukan penurunan kadar TSS sebesar 81.82%, TDS 20,36%, BOD 93,76%, dan COD 85,51%. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman *Vetiveria zizanioides* mampu menimalisir atau bahkan menghilangkan dampak negatif dari air limbah terhadap lingkungan setelah nantinya dibuang ke lingkungan luar.

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Limbah Cair

Proses pengolahan limbah cair berdasarkan tingkat perlakuannya dapat digolongkan menjadi 5 golongan yaitu:

1) Pengolahan Pendahuluan (*pre treatment*)

Pengolahan pendahuluan dilakukan apabilaterdapat banyak padatan terapung atau melayang di dalam limbah cair, ceperti pasir, ranting, kertas, pasir dan lain-lain. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan saringan kasar, bak penangkap lemak, bak pengendap dan *septic tank*.

2) Pengolahan Tahap Pertama (*primary treatment*)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk memisahkan bahan padat tercampur, baik itu dilakukan secara kimiawi (netralisasi, koagulasi) maupun fisika (pengendapan atau pengapungan).

3) Pengolahan Tahap kedua (*secondary treatment*)

Pengolahan pada tahap keduabiasanya melibatkan pross biologi, yakni lumpur aktif, bak aerob dan bak anaerob.

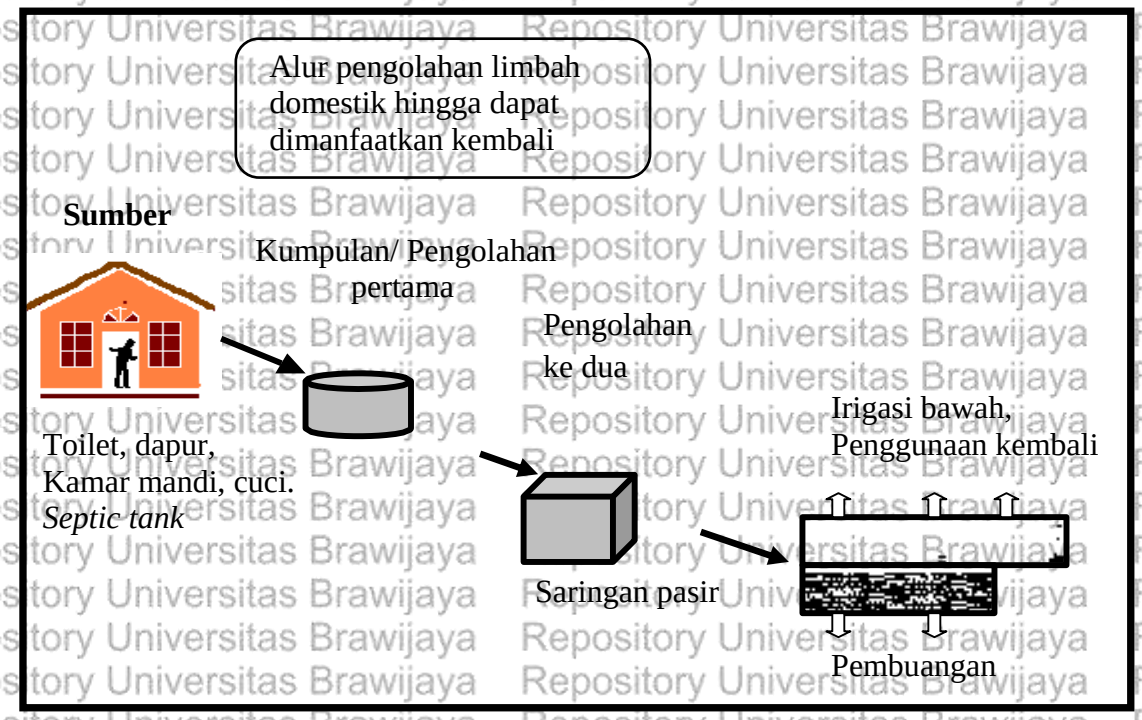
4) Pengolahan Tahap ketiga (*tertiary treatment*)

Pengolahan tahap ketiga diperlukan apabila terdapat kandungan zat yang membahayakan. Contohnya, pengurangan besi dan mangan atau pengurangan amoniak menggunakan karbon aktif.

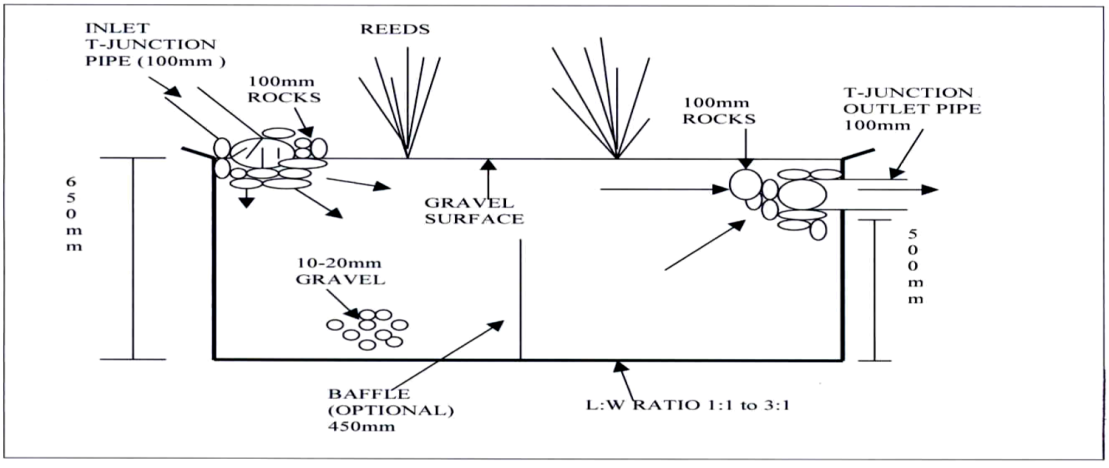
5) Pengolahan Tahap ke empat

Pembunuhan kuman (*desinfection*) adalah pengolahan yang dilakukan apabila limbah cair mengandung bakteri patogen.

6) Proses Pengolahan Limbah



Gambar 2.6 Proses Pengolahan Limbah (*Lismore City Council*, 2003)



Gambar 2.7 Proses Penjernihan air dengan memanfaatkan tanaman air (*Lismore City Council*, 2003)

2.3.2 Material Filter

2.3.2.1 Kerikil

Dalam dunia konstruksi, kerikil termasuk agregat utama dalam bahan material beton. Agregat terdapat 2 macam, yaitu agregat halus berupa pasir dan agregat kasar berupa kerikil. Agregat kasar dapat berupa kerikil alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah

yang diperoleh dari pemecahan batu dengan besar butir lebih dari 5 mm disebut kerikil, dalam penggunaannya harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

a) Memiliki partikel yang keras, tidak berpori, dan kokoh. Sehingga tidak mudah hancul karena proses alam.
b) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila melebihi maka harus dicuci lebih dahulu sebelum menggunakannya.
c) Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat–zat yang reaktif terhadap alkali.
d) Memiliki agregat kasar dengan bentuk butiran pipih maksimal 20% dari berat keseluruhan. Apabila jumlahnya melebihi 20%, maka kerikil tidak bisa digunakan.

Ukuran maksimum agregat kasar:

e) Tidak boleh melebihi 3/4 kali jarak bersih antar tulangan baja atau antara tulangan baja dengan cetakan (*beugeting*) tidak boleh lebih besar dari 1/3 kali tebal plat.
f) Tidak boleh lebih besar dari 1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Menurut SNI-03-2834-2000, ketentuan gradasi agregat kasar (*split*) dalam "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal" adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Tabel Gradasi Agregat Kasar Berdasarkan SNI-03-2834-2000

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan/Ayakan		
				Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
mm	SNI	ASTM	inch			
75,0	76	3 in	3,00			100 - 100
37,5	38	1½ in	1,50		100 - 100	95 - 100
19,0	19	¾ in	0,75	100 - 100	95 - 100	35 - 70
9,5	9,6	⅜ in	0,3750	50 - 85	30 - 60	10 - 40
4,75	4,8	no. 4	0,1870	0 - 10	0 - 10	0 - 5

Untuk memperoleh % agregat halus dan % agregat kasar secara analisis digunakan rumus sebagai berikut:

$$Yh = \frac{ya+yb\ (100-x)}{100} \quad \text{.....} \quad (1)$$

$$Yh = \frac{yax+yb}{2} \quad \text{.....} \quad (2)$$

Dimana : Ya : nilai % lolos saringan 4,75 pada agregat halus.

Yb : nilai % lolos saringan 4,75 pada agregat kasar.

Ya' : nilai batas atas gradasi.

Ya' : nilai batas bawah gradasi.

Yh : nilai pada pertemuan saringan 4,75 dangaris ideal.

Sifat kerikil antara lain sebagai berikut:

a) Mampu menahan terjadinya perubahan volume yang berlebihan akibat adanya perubahan kondisi fisik, seperti perubahan cuaca, beku-cair, basah-kering. Sifat tidak kekal pada kerikil ditimbulkan oleh adanya sifat porous pada kerikil dan adanya lempung/tanah liat.
b) Koefisien pengembangan linier, panas jenis dan daya hantar panas.
c) Reaksi antara alkali (Na2O, K2O) yang terdapat pada semen dengan silika aktif yang terkandung dalam kerikil. Reaksi alkali hidroksida dengan silika aktif pada kerikilakan membentuk alkali-silika gelembung di permukaan kerikil. Gelembung bersifat mengikat air yang selanjutnya volume gelembung akan mengembang.

2.3.2.2 Arang Batok

Secara umum, satu gram karbon aktif memiliki luas permukaan 500-1500 m2, sehingga dinilai efektif dalam menangkap partikel-partikel dengan ukuran 0.01-0.0000001 mm. Karbon aktif memiliki sifat yang sangat aktif dan mudah menyerap polutan. Titik jenuh karbon biasanya dicapai pada waktu penggunaan selama 60 jam. Oleh karena itu biasanya arang aktif di kemas dalam kemasan yang kedap udara sampai tahap tertentu sehingga dapat di reaktivasi kembali, meskipun demikian tidak jarang yang disarankan untuk sekali pakai. Metode aktivasi arang sangat menentukan proses reaktivasinya, sehingga sangat penting untuk memperhatikan keterangan pada kemasan.

Arang batok kelapa memiliki fungsi dan kegunaan yang beragam, selain itu juga mudah didapatkan. Arang batok kelapa marak dicari dan diperjualbelikan baik dalam negeri maupun luar negeri. Tempurung kelapa yang yang sudah diolah menjadi briket karena memiliki kandungan energi yang tinggi, yakni 7.340 kalori. Energi panas ini lebih tinggi dibanding briket yang terbuat dari kayu biasa.

Gambar 2.8 Arang batok kelapa

Pasar briket tempurung kelapa kebanyakan justru untuk ekspor dengan prosentase 80% sedangkan sisanya 20% untuk pasar dalam negeri. Beberapa negara tujuan ekspor antara lain negara-negara timur tengah, Jepang, Australia dan lain-lain. Mereka menggunakan arang batok untuk pembuatan karbon aktif pada *water treatment plant* dan sumber karbon untuk berbagai macam industri *Coconut Shell Charcoal*.

a) Teknik Pembuatan Arang Batok Kelapa

Pada arang aktif, aktifasi dilakukan pada suhu 100°C. Arang aktif yang dihasilkan kemudian dicuci dengan air lalu dikeringkan pada suhu 300°C. Bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu untuk selanjutnya dicampur dengan bahan-bahan kimia. Aktifasi arang secara kimia diawali dengan proses perendaman dengan larutan aktivasi sebelum dipanaskan. Pada proses aktifasi kimia, arang direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600-900°C selama 1- 2 jam.

Dalam proses fisika, bahan baku terlebih dahulu dibuat arang. Arang tersebut kemudian digiling dan diayak untuk selanjutnya diaktifasi melalui tahap pemanasan pada suhu 1000°C yang disertai dengan pengaliran uap. Gas aktifasi yang digunakan bisa uap air atau CO_2 yang dialirkan pada arang hasil karbonisasi. Proses ini biasanya berlangsung pada suhu 800-1100° C. Pada umumnya pembuatan arang batok kelapa melalui 2 (dua) cara, yaitu:

1. Menggunakan Lubang Pembakaran

Cara Pembuatannya adalah sebagai berikut:

a. Siapkan tempurung kelapa yang sudah kering.

b. Buatlah lubang pada tanah yang kering dengan ukuran kedalaman 1 – 2 meter dan panjang 75 – 100 cm dan lebar 75 – 100 cm.

c. Dasar lubang diberi alas dengan batu bata dengan tujuan agar agar api tahan lama.

d. Dasar lubang dilengkapi dengan susunan kayu kering yang selanjutnya dibakar.

e. Setelah api agak besar masukkan tumpurung kelapa (batok kelapa) yang telahbersih dari sabut kira-kira ¼ bagian lubang.

f. Jika tempurung (batok) kelapa sudah terbakar semua, kemudian masukkan tempurung lagi ¼ bagian dan seterusnya sampai penuh.

g. Ketika tempurung telah terbakar semua, maka permukaan lubang harus segera ditutup dengan kayu. Alternatif lain adalah dengan menggunakan pelepah pisang atau tanah.

2. Menggunakan Drum Bekas

Cara Pembuatannya adalah sebagai berikut:

a. Drum bekas yang telah disiapkan kemudian dilubangi pada bagian bawah sebanyak 8 lubang.

b. Tempurung kelapa dimasukkan ke dalam drum hingga ¼ bagian.

c. Karang dibakar sampai menyala.

d. Setelah seluruh tempurung kelapa menyala, maka tempurung kelapa ditambahkan kembali hingga ¼ bagian dan dilanjutkan hingga penuh.

e. Setelah terbakar sempurna, maka drum segera ditutup dengan plat besi berlapis tanah liat.

Gambar 2.9 Pembakaran batok kelapa dengan menggunakan drum

3. Pengawasan Mutu

Bahan baku sebanyak 5 kg batok kelapa nantinya akan menjadi 1 kg arang batok. 1 Kg tempurung berasal dari 4 hingga 6 butir kelapa tergantung ukurannya. Tempurung yang dipilih sebaiknya adalah yang berwarna coklat, bukan putih. Drum yang digunakan sebaiknya tidak berlubang besar, sebab hal ini akan menyebabkan asap keluar. Bila asap keluar, maka api tidak akan mati, sehingga arang menjadi kecil-

kecil. Waktu mematikan sebaiknya tidak disiram dengan air yang terlalu banyak, namun cukup diperciki saja agar menghasilkan arang dengan mutu yang baik.

Plesteran pada plat besi yang digunakan harus diawasi sebab bila tak diawasi tanah liat sebagai plester menjadi pecah dan kering, akibatnya asap keluar dan api tak akan padam sehingga arang menjadi abu. Waktu mengeluarkan arang tempurung (batok) kelapa dari drum hendaknya menggunakan alas karung atau jenis lainnya agar waktu mengayak/menampi tidak meninggalkan banyak kotoran.

2.3.2.3 Pasir

Pasir merupakan salah satu bahan bangunan utama, yang terdiri dari beberapa macam dengan spesifikasi masing-masing. Menurut kegunaannya, pasir terbagi menjadi 3 yaitu pasir cor atau pasir beton, pasir pasang, dan pasir urug. Pasir beton merupakan pasir yang diperoleh dari kawah gunung atau aliran sungai dan dikenal dengan kualitasnya yang baik. Pasir beton yang baik mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

a) Berwarna hitam

b) Butirannya kasar, keras dan tajam, berukuran 0.075 sampai 5.0 mm.

c) Sedikit mengandung lumpur, tidak boleh melebihi 4%.

Pengujian kandungan lumpur dapat dilakukan dengan merendam segenggam pasir dalam air. Pasir dengan kandungan lumpur yang tinggi akan dicirikan dengan warna air yang menjadi keruh.

Gambar 2.10 Pasir Cor

Pasir termasuk dalam kategori sangat kasar bila memiliki ukuran 1-2mm, pasir kasar (1/2-1mm), pasir sedang (1/4-1/2mm), pasir halus (1/8-1/4mm), dan pasir sangat halus (1/16-1/8mm). Batuan sedimen mempunyai ukuran butir pasir dengan rata-rata 0,125 hingga 1 mm dan tersusun atas butiran mineral maupun batu pecahan.

Pasir adalah material campuran yang terbentuk secara alami, yang berarti bahwa pasir tidak hanya mengandung satu komponen tunggal. Terdapat pula pasir yang telah terkonsolidasi, sehingga disebut dengan batu pasir. Faktor yang menentukan ukuran rata-rata butiran pasir adalah energi dari media transport. Semakin kuat kecepatan arus (baik itu arus sungai atau gelombang laut) maka arus tersebut membawa material yang lebih berat. Media transport pasir yang paling utama adalah arus sungai. Butiran pasir akan terbawa arus sungai dan bergerak melompat-lompat (*saltation*). Selain itu, material sedimen yang lebih ringan dari pasir (*suspended load*) akan bergerak melayang-layang terhadap rata-rata kecepatan arus yang membawanya.

2.3.3 Tanaman Air

Jenis tamanan yang sering digunakan untuk lahan basah buatan adalah jenis tanaman air atau tanaman yang tahan hidup di air tergenang (*submerged plants* atau *amphibiuos plants*). Pada umumnya tanaman air tersebut berdasarkan proses biofilter dapat dibedakan menjadi 3 tipe, berdasarkan area pertumbuhannya didalam air adalah sebagai berikut:

1. Tanaman yang mencuat ke permukaan air, merupakan tanaman air yang memilik sistem perakaran pada tanah di dasar perairan dan daun berada jauh diatas permukaan air.
2. Tanaman yang mengambang dalam air, merupakan tanaman air yang seluruh tanaman (akar, batang, daun) berada didalam air.
3. Tanaman yang mengapung dipermukaanair, merupakan tanaman air yang akar dan batangnya berada dalam air, sedangkandaun diatas permukaan air (Supradata, 2005).

Tujuan penggunaan tanaman air pada *constructed wetland* adalah untuk menyediakan oksigen di zona akar tanaman dan untuk menambah luas permukaan bagi pertumbuhan mikroorganisme yang tumbuh di zona akar (Hidayah dan Wahyu, 2010).

2.3.3.1 Akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.)

Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) merupakan salah satu komoditas ekspor unggulan Indonesia yang potensial. Tanaman ini disebut Akar Wangi karena dapat menghasilkan minyak akar wangi (*Java vetiver oil*) melalui proses penyulingan akar. Kegunaan utama akar wangi secara ekonomi adalah untuk produksi minyak atsiri, penahan erosi atau rehabilitasi tanah, untuk bahan dasar kerajinan tangan sepertitas, karpet, gantungan kunci, hiasan dinding dan lain-lain.

Gambar 2.11 Tanaman Akar wangi (*Vetiveria zizanioides*)

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan tanaman Akar Wangi antara lain keadaan tanah dan iklim. Berdasarkan penelitian Hermanto et al. (1996), jenis tanah Andosol cenderung memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhandan produksi tanaman akar wangi. Hal ini di karenakan tanah andosol memiliki kapasitas air dan kesuburan yang tinggi sehinggadapat menunjang pertumbuhan akarwangi (Kaunang, 2008). Akar wangi dapat tumbuh optimal pada tingkat keasaman tanah (pH) 6-7. Tanaman akar wangi dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian sekitar 300-2.000 meter di atas permukaan laut dan akan berproduksi dengan baik pada ketinggian 600-1.500 meter di atas permukaanlaut. Tanaman akar wangi memerlukan curah hujan yang cukup yaitu sekitar140 hari pertahun, sedang suhuyang cocok untuk pertumbuhan tanaman sekitar 17-27°C. Akar wangi menyukai sinar matahari langsung, bila ditanam di tempat yang teduh akan berpengaruh terhadap sistem pertumbuhan akarnya (Anonim, 2012).

Secara global, Akar Wangi lebih dikenal dengan *vetiver grass* dan merupakan jenis tanaman air yang potensial untuk remediasi air limbah. Tanaman Vetiver sangat toleran terhadap kondisi lingkungan yang tercemar. Selain toleran terhadap kadar logam berat yang tinggi, tanaman Vetiver juga mampu bertahan dalam kondisi lingkungan dengan tingkat keasaman yang tinggi maupun alkalinitas yang tinggi. Hal ini dikarenakan oleh kondisi dan adaptasi morfologi serta fisiologi yang sangat baik (Munirah et al. 2016).

Menurut Roongtanakiat dan Chairoj (2001) *dalam* Munirah et al. (2016), tanaman Vetiver telah diketahui berpotensi untuk digunakan sebagai tanaman fitoremediasi. Tanaman Vetiver memiliki karakteristik yaitu tinggi tanaman 1 – 2 meter, memiliki pertumbuhan yang cepat, dan masa hidup yang lama. Akar tanaman vetiver memiliki panjang hingga 3 – 4 meter, tersebar luas dengan sistem yang kompleks sehingga membentuk cakupan volume yang besar. Kondisi ini merupakan habitat yang baik bagi

bakteri dan fungi simbiotik sehingga secara simultan membentuk sistem ekologi yang mampu menyerap polutan. Selain itu, tanaman Vetiver memiliki kemampuan untuk menyerap polutan dalam jumlah yang besar tanpa mempengaruhi laju pertumbuhannya. Penggunaan tanaman Akar Wangi untuk remediasi air limbah telah terbukti dapat menetralkan kadar pH (Dyamanagowdru & Lokeshappa, 2015), serta menurunkan kadar TSS dan TDS (Yeboah et al. 2015), serta BOD dan COD (Dyamanagowdru & Lokeshappa, 2015; Yeboah et al. 2015).

2.3.3.2 *Cattail* (*Typha angustifolia*)

Cattail (*Typha angustifolia*) adalah jenis tumbuhan herbal serta bersifat colonial dan memiliki rizoma yang berbentuk panjang dan ramping. Rizomnya akan menjalar dibawah permukaan tanah yang berlumpur untuk memulai tumbuahan barusecara melintang. Tumbuhan ini mempunyai jangka waktu selama beberapa musim dan akan terus membiak apabila mencapai tahap kematangan tumbuh secara rumpun (Davis, 2011). Tanaman *Cattail (Typha angustifolia)* mempunyai akar serabut yang sangat lebat, daun yang berbentuk tirus panjang (*narrow-leave*), dan agak lebar sedikit *(broad-leave)* sehingga penyerapan terhadap bahan pencemar terhadap unsur hara yang dibutuhkan relatif besar. *Cattail* (*Typha angustifolia*) merupakan sejenis tumbuhan semi-akuatik yang mana tidak memerlukan jumlah air yang banyak sebagai mana tumbuhan akuatik yang sebenarnya.

Gambar 2.12 Tanaman *Cattail* (*Typha angostifolia*)

Typha sp. merupakan tanaman yang termasuk dalam famili *Typhaceae* yang secara umum lebih dikenal dengan nama *Cattail*. Tanaman ini bersifat akuatik maupun semi akuatik dengan masa hidup yang lama, dan biasanya ditemukan di di daerah rawa, pinggiran danau, maupun dan waduk. Tanaman *Cattail* memiliki tinggi 1,5 - 3 meter dan

memiliki lebar daun 2 - 4 cm. Rizoma atau rimpang biasanya tumbuh secara horisontal tepat di bawah permukaan tanah dan ditumbuhi dengan akar serabut yang kokoh, kasar, dan meluas pada area tanah yang ditumbuhi (Varun et al. 2011). Sungkowo et al. (2015) menjelaskan bahwa tanaman *Typha* bersifat toleran atau tahan terhadap polutan sehingga tidak mudah mati. Selain itu juga memiliki akar serabut yang sangat lebat sehingga mendukung penyerapan bahan pencemar yang besar. Salah satu keunggulan menggunakan tanaman *Typha* yaitu untuk mendapatkannya tidak sulit, sebab banyak dijumpai disekitar lahan basah alami di Indonesia.

Sejauh ini telah banyak dilakukan kajian empiris yang membuktikan bahwa tanaman *Typha* memiliki potensi yang menjanjikan untuk digunakan sebagai tanaman remediasi air limbah, baik itu limbah domestik, pertanian, maupun industri. Parameter yang mampu direduksi antara lain TSS (Dubey & Omprakash, 2014; Rani et al. 2011), TDS (Arivoli & Mohanraj, 2013; Bhatia & Dinesh, 2013), BOD dan COD (Arivoli & Mohanraj, 2013; Bhatia & Dinesh, 2013; Dubey & Omprakash, 2014; Weragoda et al. 2012), serta menetralkan kadar pH (Rani et al. 2011). Kemampuan ini dikarenakan oleh cakupan akar yang luas dan bersifat aktif dan dinamis untuk penyerapan berbagai polutan anorganik maupun nutrien yang berlebihan (Bhatia & Dinesh, 2013).

2.4 Kualitas Air

2.4.1 Standar Menurut Peraturan Pemerintah

1) Standar kualitas air Limbah

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.

Tabel 2.2 Karakteristik air limbah domestik yang belum diolah

Parameter	Unit	Konsentrasi		
		Rendah	Sedang	Tinggi
pH				
Padatan total(TS)	mg/L	350	720	1200

Padatan terlarut (TDS)	mg/L	250	500	850
Padatan tersuspensi(TSS)	mg/L	100	220	350
Settleablesolids	mg/L	5	10	20
BOD_5	mg/L	110	220	400
Organik karbon total(TOC)	mg/L	80	160	290
COD	mg/L	250	500	1000
Nitrogen total (N) Organik Amonia bebas Nitrit Nitrat	mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L	20 8 12 0 0	40 15 25 0 0	85 35 50 0 0
Fosfortotal(P) Organik Inorganik	mg/L mg/L mg/L	4 1 3	8 3 5	15 5 10
Klorida	mg/L	30	50	100
Sulfat	mg/L	20	30	50
Alkalinitas,sebagai$CaCO_3$	mg/L	50	100	200
Lemak	mg/L	50	100	150
Koliformtotal	No./100mL	10^6-10^7	10^7- 10^8	10^7- 10^9
VOCs	Og/L	<100	100-400	>400

Sumber: Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup No 1, 2010

2) Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

Tabel 2.3 Kriteria Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	^oC	Deviasi3	Deviasi3	Deviasi3	Deviasi5	Deviasi temperaturdarikeadaana lmiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air Minum secara konvesional, residu tersuspensi ≤ 5000mg/ L
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah Diluarrentangtersebut, maka ditentukan berdasarkankondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batasminimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, Kandungan ammonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02mg/L sebagai NH3

Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom(VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air Minum secara konvensional, Cu≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
AirRaksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air Minum secara konvensional, Zn≤ 5 mg/L
Khlorida	mg/l	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO2_N≤ 1mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Tidak dipersyaratkan
Belereng sebagai H2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Ssebagai H2S<0,1mg/L
MIKRO BIOLOGI						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air Minum secara konvensional, fecal coliform≤ 2000 jml / 100 ml dan total coliform≤ 10000 jml / 100 ml
Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIO AKTIVITAS						
Gross-A	Bq /L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross-B	Bq /L	1	1	1	1	
KIMIAORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	

Sumber: Peraturan Pemerintah 14 Desember tahun 2001

2.4.2 Parameter

1) Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solids* / TDS)

Padatan-padatan terlarut atau *Total Dissolved Solids* (TDS) adalah parameter yang menggambarkan konsentrasi ion kation dan anion yang terkandung dalam air. Analisis parameter TDS akan menunjukkan pengukuran kualitatif dari jumlah ion terlarut saja, dan tidak menjelaskan karakteristik maupun hubungan ion-ion tersebut. Selain itu, analisis pada parameter TDS tidak menginformasikan kualitas air secara spesifik. Sehingga, analisis TDS hanya digunakan sebagai pengujian indikator yang menentukan kualitas air secara umum. Sumber TDS mencakup seluruh kation dan anion yang terlarut dalam air (Oram, 2010).

Sumber utama TDS dalam perairan umumnya adalah dari aktivitas pertanian, domestik, dan industri. Selanjutnya, unsur kimia penyusun TDS yang paling sering ditemui adalah kalsium (Ca), fosfat (P), nitrat (NO3), natrium (Na), kalium (K) dan klorida (Cl). Pestisida yang berasal dari aktivitas pertanian juga merupakan penyusun TDS dalam air, dimana kandungan ini akan berbahaya bagi lingkungan (Anonymous, 2010). Banyaknya padatan terlarut dalam air perlu disesuaikan agar cocok dipakai untuk keperluan rumah tangga dan industri, karena disolved solid mempunyai pengaruh cukup besar terhadap penyediaan air. Pengukuran TDS dalam air dilakukan berdasarkan metode gravimetri.

2) Tingkat Keasaman (*Potential of Hydrogen* / pH)

pH adalah logaritma negatif dari konsentrasi ion-ion hidrogen (ion H+). Dalam air murni konsentrasi H+ adalah 10-7, jadi pH adalah 7. Misalnya suatu asam ditambahkan dalam cairan yang pH-nya 7, maka angka H+ pada cairan tersebut akan meningkat, menjadi 10-3 maka cairan tersebut pH-nya menurun menjadi 3. pH air akan meningkat hingga diatas 7 apabila ditambahkan larutan alkali. Secara ringkas, air dikatakan asam apabila memiliki nilai pH kurang dari 7, netral apabila nilai pH 7, dan dikatakan basa apabila nilai pH lebih dari 7.

Dalam pengukuran pH, peneliti yang biasa menggunakan metode lama (lakmus) kini telah beralih ke metode potensiometrik menggunakan pH.Hal ini dikarenakan pH meter dinilai lebih praktis dengan tingkat akurasi mencapai bilangan 2 desimal. Penggunaan lakmus dalam pengukuran pH saat ini hanya digunakan dalam pengamatan yang tidak memerlukan akurasi tinggi. Selain itu, salah satu kelemahan dari metode lakmus yaitu tidak dapat digunakan oleh orang yang memiliki buta warna.

3) Suhu

Suhu secara langsung atau tidak langsung sangat dipengaruhi oleh sinar matahari. Energi panas yang tersimpan dalam air akan selalu mengalami perubahan seiring dengan pergantian siang dan malam maupun pergantian musim. Air berada pada berat jenis maksimum pada suhu 4ºC. Suhu air berhubungan dengan parameter lain, seperti kadar oksigen terlarut. Jika suhu air tinggi, maka air cenderung lebih cepat jenuh terhadap oksigen dibandingkan saat suhu rendah.

Suhu air dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu keberadaan dan kecepatan arus, tingkat kedalaman air, waktu dalam satu hari, cuaca, musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*). Suhu air yang mengalami peningkatan akan mengakibatkan naiknya viskositas, laju evaporasi, volatilisasi, reaksi kimia, dan menurunnya kelarutan gas dalam air. Suhu air optimal bagi kelulushidupan organisme perairan pada perairan tropis yaitu antara 25-32°C.

4) Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid* / TSS)

Total padatan tersuspensi (TSS) ini disebut residu tanpa saring yang diperoleh dengan menyaring air limbah melalui kertas saring dan mengukur berat kering dari bahan yang tersisa di filter. Hal ini digunakan untuk menentukan pengolahan efisiensi kekeruhan dalam air limbah. Menurut Ginting (2007), TSS merupakan jumlah berat kering (mg/liter) lumpur yang terdapat dalam limbah setelah melalui proses penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. Penentuan zat padat tersuspensimenurut BAPEDAL (1997), berguna untuk mengetahui kekuatan pencemaran air limbah domestik, sekaligus untuk penentuan efisiensi unit pengolahan air yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia dan radioaktif.

5) Kebutuhan Oksigen Biologi (*Biological Oxygen Demand* / BOD)

BOD adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Pengujian analisis BOD sangat diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat limbah cair, serta untuk menrancang sistem pengolahan limbah secara biologis (Said, 2017). *Biological Oxygen Demand* (BOD) ini adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menstabilkan bahan organik terurai dalam kondisi aerobik. Hal ini digunakan untuk menentukan kebutuhan oksigen relatif pada air limbah.

Kebutuhan oksigen biologi (BOD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses penguraian (oksidasi) polutan dalam air secara bio-kimia. BOD merupakan

parameter yang sangat penting karena menggambarkan proses biokimia yang terjadi di dalam air. Misalnya, limbah kotoran manusia yang langsung dari toilet akan mengalami proses pembusukan lebih 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 20^0 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 O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organis yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi K_2, Cr_2, O_7 digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) (Said, 2017). Kebutuhan oksigen kimia (COD) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang diperlukan untuk oksidasi komponen-komponen polutan (organisme) dalam air dengan cara kimia, yaitu dengan menambah bahan kimia peng-oksidasi pada polutan.

Bahan kimia (oksidator) $K_2Cr_2O_7$ banyak digunakan sebagai sumber oksigen dalam pengujian di laboratorium. Secara prinsip sebagaian besar zat organis akan dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ 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.

2.5 Kalibrasi Alat Ukur Filter dan *Wetland*

Kalibrasi model adalah suatu alat yang dibuat dan digunakan untuk membuat model fisik dari kondisi lapangan yang besat dibuatlah model dengan perbandingan 1 : 264 dengan ukuran pada gambar dibawah ini:

Gambar 2.13 Box *wetland* (90x30x30 cm), dan 3 kotak filter (20x30x60 cm), (25x30x60 cm), (30x30x60 cm)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa model *wetland* ada 2 buah untuk 2 tanaman yaitu akar wangi dan cattail, sedangkan filter ada 3 buah dengan ukuran yang berbeda untuk karena fungsinya juga beda. Ada 1 buah kotak filter yang berbeda karena untuk variasi ketebalan pasir sebagai filter.

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 / 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.

2.6 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, sehinga persamaan yang didapat tidak lagi dirubah.

2.7 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*.

2.8 Analisis Statistik

2.8.1 Analisis Regresi Linier

Analisis Regresi Linier berganda adalah hubungan secara linear antara dua atau lebih variabel independen (X_1, X_2,….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:

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots + b_nX_n \quad (3)$$

Keterangan:

Y' = Variabel dependen (nilai yang diprediksikan)

X_1 dan X_2 = Variabel independen

a = Konstanta (nilai Y' apabila X_1, X_2…..X_n = 0)

b = Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

a) Koefisien Regresi (R)

koefisien Regresi (R) digunakan untuk mengetahui besar pengaruh yang ditimbulkan dari serangkaian variabel independen (X_1, X_2,…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

b) Koefisien Determinasi (R^2)

Analisis 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.

2.8.2 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 kriterion 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, sebaliknnya 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 $F1, F2, \dots, Fm$. 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:

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

Dimana:

μ = rata-rata dari variabel ke-*i*

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

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

Fj = *common factors* ke-*j*

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

Dalam notasi matriks dapat dituliskan sebagai berikut:

$$X(p\times1) - \mu(p\times1) = L(p\times q)F(q\times1) + \varepsilon(p\times1)$$

Adapun struktur kovarian untuk model adalah:

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

   $\text{Var}(Xi) = li1^2 + li2^2 + \cdots + lim^2$

   $\text{Cov}(Xi,Yj) = li1^2lj1^2 + li2^2lj2^2 + \cdots + lim^2ljm^2$
2. $\text{Cov}(\mathbf{X},\mathbf{F}) = \mathbf{L}$

   $\text{Cov}(Xi,Yj) = lim$

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

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

Dimana:

hi^2 = *communality*

ψi = varian spesifik ke-*i*

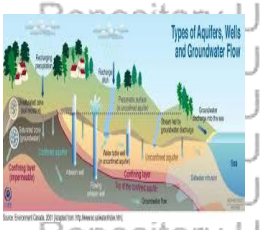
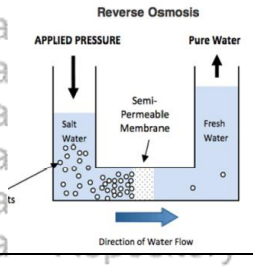
Faktor-faktor yang didapatkan dari metode PCA (*Principal Component Analysis*) umumnya masih sulit ditafsifkan secara langsung. Untuk itu dilakukan manipulasi dengan

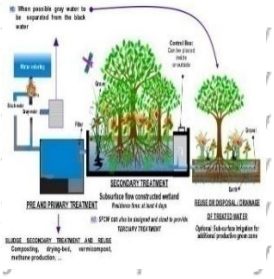
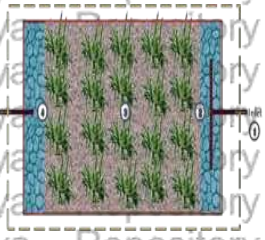
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID
Repository Universitas Brawijaya

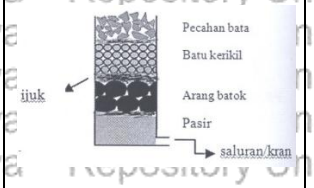
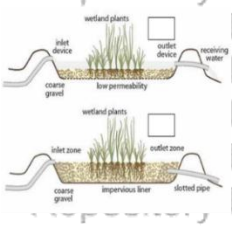
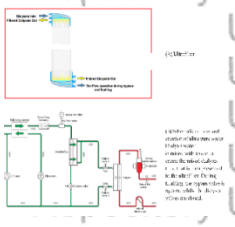
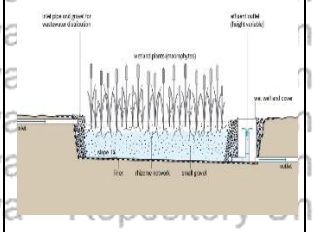
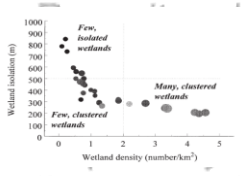
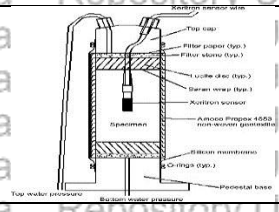
- KMO mengukur kecukupan sampel, indeks yang digunakan untuk menguji kesesuaian analisis faktor, nilainya minimal 0,5.
- Jika untuk mereduksi data, beri nama faktor hasil reduksi dan hitung faktor skor nya.

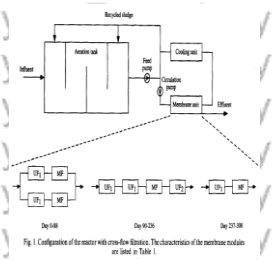
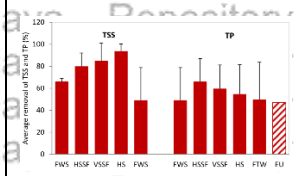
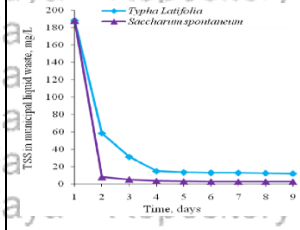
2.9 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

NO	JUDUL	PENULIS	GAMBAR	HASIL
1	*The effect of Groundwater pumping and Infiltration on Seawater Intrusion in Coastal Aquifer.*	Lee et al. (2016)		Untuk menganalisis efek dari infiltrasi dan memompa pada intrusi air laut. Mengamati padatan terlarut Total (TDS). TDS dipengaruhi hanya setelah nilai standar tertentu terlampaui.
2	*The relevance of wetland conservation in Kerala.*	Abraham (2015)		Lahan basah disediakan untuk kehidupan kepada warga di daerah dalam bentuk hasil pertanian, ikan, bahan bakar,pakanternak, dll untuk kebutuhan sehari-hari. Lahan basah sedang direklamasi dengan tanah yang diambil dari bukit kecil.
3	*Constructed Wetlands for Tannery Wastewater Treatment in Portugal: Ten Years of Experience.*	Calheiros et al. (2014)		Sistem aliran bawah permukaan dengan tanah liat diperluas media utama dan vegetasi Biaya rendah dalam pelaksanaan, pemeliharaan dan fakta yang khusus untuk mengoperasikan nya tidak diperlukan teknologi.
4	*Fabrication Of Human Powered Reverse Osmosis Water Purification Process.*	Peramanana et al. (2014)		Membuat metode pemurnian air, guna menghemat biaya.

5	*Review On Natural Methods For Wastewater Treatment.*	Dubey and Omprakash (2014)		Pengolahan limbah secara teratur dengan menggunakan FWS CWs (Free water Surface Constructed Wedlands), SSHF (Subsuface Horizontal Flow), dan SSVF (Subsurface Vertical Flow) dengan dibatasi tingkat pembebanan organik dengan perbandingan ISF (Intermittent Sand Filtration).
6	Pengelolaan Air Limbah Domestik Komunal Berbasis Masyarakat di Kota Probolinggo.	Afandi et al. (2013)		• Sistem pengelolaan air limbah dengan menggunakan teknologi *Anaerobic Baffle Reactor*. • Masyarakat berpartisipasi dan berkontribusi dalam pembangunan. • Pada tahap operasional dan perawatan masyarakat bersedia aktif membayar iuran bulanan untuk pemeliharaan secara rutin.
7	*Constructed wetlands: A future alternative wastewater treatment technology.*	Mthembu et al. (2013)		Program untuk masyarakat juga merupakan tantangan untuk ilmuwan menemukan cara-cara baru daur ulang air limbah. Kehilangan air dapat dihindari melalui penerapan teknologi yang mudah dan murah untuk pengolahan air limbah.
8	*Removal of Iron and Manganese Using Rapid Sand Filtration.*	Sodamade and Pearse (2013)		Pengaruh pH dan waktu operasi dari filter pada penghapusan Fe dan Mn dalam air. Studi awal ini dapat berguna dalam merancang filter pasir cepat lebih baik dalam hal kecepatan *backwash* kedalaman lapisan pasir dan ukuran butir dari media filter dan daerah kolom filter. Hal ini juga dapat digunakan dalam simulasi pasir cepat Kemampuan penyaring untuk menghapus konsentrasi yang lebih tinggi dari Fe dan Mn.
9	Analisis Luasan Constructed *Wetland* Menggunakan Tanaman Iris dalam Mangolah Air Limbah Domestik (*Greywater*).	Susanti et al. (2012)		• Metode *Reed*, metode *kadlec&knight* dan Metode *crites* • Berdasarkan tinjauan menurut ketigateori tersebut, maka apabila dalam kapling rumah masih tersisa lahan 3x1 m2, maka dapat dibuat pengolah limbah dengan menggunakan tanaman Iris.

10	Pengelolaan air secara ekonomis dengan penggunaan tanggul batang kelapa serta penjernihan air alami.	Adhibaswara (2011)		• Untuk penjernihan air dengan mnggunakan tanggul yang terdiri dari bambu, arang, dll. • Konstruksi yang digunakan mudah dikerjakan dan murah, sehingga dapat dijangkau oleh masyarakat. Metode *crites*.
11	*Over view of Subsurface Constructed Wetlands Applicationin Tropical Climates.*	Rani et al. (2011)		Menggunakan metode Subsurface Flow Constructed *Wetland*
12	*Actual Stage Of Water Filtration.*	Tirtoac et al. (2011)		Mengoptimalkan proses penyaringan mekanik air. Bentuk partikel dari bahan filter granular adalah karakteristik dengan pengaruh besar pada proses penyaringan, mempengaruhi porositas lapisan filter.
13	*Constructed Wetlands for wastewater Treadment.*	Vymazal (2010)		Semua jenis lahan basah sangat efektif dalam menghilangkan organic dan padatan tersuspensi, sedangkan penghapusan nitrogen lebih rendah tetapi dapat ditingkatkan dengan menggunakan kombinasi berbagai jenis CWs (Constructed *Wetlands*).
14	*Effect of Wetland On Water Quality Of Agricultural Catchment in a semi-arid area under land Use transformation.*	Moreno-Mateos et al. (2009)		Sebuah gradient degradasi kualitas air ada di lahan basah dari hulu DAS, di mana air yang berasal dari saluran irigasi memiliki konsentrasi terendah, di mana lahan basah memiliki konsentrasi tertinggi.
15	*Wetland Loss and Biodiversity Conservation.*	Gibbs (2000)		Analisa ini menunjukkan bahwa pengurangan besar dalam kepadatan lahan basah dan kedekatan berhubungan dengan meningkat nya populasi manusia dan perlindungan untuk semua lahan basah.
16	*A Study On The Behaviour of soil – Geotextile Systems in Infiltration Test.*	Palmeira et al. (2011)		Sistem perilakun geotekstile tanah pada uji saringan dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa permeabilitas diamati ada kehilangan.

17	*Aerobic domestik wastewater treatment in a pilot plant with complete sludge retention by cross-flow filtration.*	Bian et al. (2018)		Pengolahan aerobik air limbah domestik pada tingkat pembebanan tinggi dapat diterapkan jika lumpur benar-benar dipertahankan.
18	*Wetland Ecosystem Services.*	Clarkson et al. (2013)		Lahan basah dari sisa-sisa lanskap pertanian atau lingkungan sebagai kesadaran masyarakat untuk keperluan teknis.
19	*Application of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Developing Countries – A Review of Recent Developments (2000 – 2013).*	Zhang et al. (2014)		penggunaan *wetland* buatan dengan tanaman air gabungan mampu menurunkan kadar TSS dengan sangat efisien hingga 93,82%. Dimana salah satu tanaman yang digunakan sebagai agen bieremediasi air limbah adalah *Cattail*.
20	*Efficacy of Typha angustifolia Based Vertical Flow Constructed Wetland System in Pollutant Reduction of Domestic Wastewater.*	Arivoli & Mohanraj (2013)		Tanaman *Typha angustifolia* mampu menurunkan kadar TDS hingga 84,66% setelah waktu retensi hidrolik (HRT) 36 jam. Sedangkan pada lahan basah buatan tanpa tanaman *Typha angustifolia,* didapatkan penurunan kadar TDS sebesar 67,26%. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan tanaman *Typha angustifolia* mampu meningkatkan efektivitas pengolahan air limbah.
21	*Removal of Municipal Wastewater BOD, COD, and TSS by Phyto-Reduction: A Laboratory–Scale Comparison of Aquatic Plants at Different Species Typha Latifolia and Saccharum Spontaneum.*	Suhendrayatna et al. (2012)		Penggunaan tanaman air (*Typha latifolia* dan *Saccharum spontaneum*) terbukti potensial dan efektif dalam mereduksi kadar TSS air limbah. Tanaman Typha saccharum mampu menurunkan kadar TSS hingga 88,83%, dimana pada pengamatan selama 9 hari penurunan kadar TSS secara berurutan adalah 58.6 mg/L, 31.1 mg/L, 14.7 mg/L, 13.5 mg/L, 13.0 mg/L, 12.9 mg/L, 12.6 mg/L, dan 12.2 mg/L.

22	*Comparative Assessment and Performance Evaluation of Horizontal Flow Constructed Wetland Using Vetiver and Canna species.*	Dyamanagowdr & Lokeshappa (2015)		Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizaniodes*) mampu meningkatkan mutu air limbah dengan menurunkan kadar TDS sebesar 29% dan kadar TSS hingga 65%.
23	*Purification of Industrial Wastewater with Vetiver Grasses (Vetiveria zizanioides): The Case of Food and Beverages Wastewater in Ghana.*	Yeboah et al. (2015)	**Table 3: Physicochemical Analysis of Results** Measurements Parameters (Units) | Raw (W3-R) | Treated (W3-T) | % Change | EPA Standard TSS (mg/l) | 330 | 16.0 | 95.15 | 50.0 TDS (mg/l) | 2560 | 1570 | 38.67 | 1000 Color (TZ) | 50.0 | 20.0 | 60.00 | 200 Turbidity (NTU) | 84.6 | 10.4 | 87.71 | 75.0 pH (pH Units) | 7.08 | 7.16 | -1.13 | 6.0-9.0 BOD (mg/l) | 492 | 43.0 | 91.26 | 50.0 COD (mg/l) | 1952 | 346 | 82.27 | 200 Nitrate- Nitrogen (mg/l) | 0.122 | 0.001 | 99.18 | 50.0 Ammonia - Nitrogen (mg/l) | 17.3 | 10.0 | 42.20 | 1.00 Phosphate (mg/l) | 11.9 | 7.76 | 34.79 | 2.00	*Vetiveria zizanioides* mampu mengeliminasi polutan yang terdapat dalam limbah. Pengukuran terhadap parameter TSS menunjukkan kadar akhir 16 mg/l, dari sebelumnya 330 mg/l. Sehingga diperoleh hasil bahwa efektivitas reduksi kadar TSS yaitu sebesar 95,15%. Adapun pada parameter TDS, kadar akhir yang didapat yaitu 1570 mg/l, dari sebelumnya 2560 mg/l. Sehingga terlihat penurunan kadar TDS melalui penggunaan tanaman *Vetiveria zizanioides* yaitu 38,67%.
24	*Low-Tech Coconut Shell Activated Charcoal Production.*	Cobb et al. (2012)		Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan karbon aktif mampu mereduksi polutan kimia yang berasan dari pestisida dan herbisida. Penggunaan karbon aktif dinilai sangat efektif dan efisien karena biaya yang diperlukan murah dan bahan yang dibutuhkan mudah didapat disetiap daerah.

BAB III
KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1 Kerangka Konseptual

Pengolahan air limbah rumah tangga secara komunal dapat meningkatkan kualitas air sehingga dapat terdistribusi dengan baik. Selama masa pengoperasian dan perawatan limbah, filter dan *wetland* akan menyesuaikan dengan jumlah debit yang ada.

Untuk memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana antar variabel-variabel dalam penelitian ini saling berinteraksi satu sama lain, dibuatlah kerangka konseptual studi berdasarkan atas: latar belakang, permasalahan dan tujuan dari penelitian yang telah di uraikan dalam Bab 1 seperti yang ditunjukan.

Variabel-variabel dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1) Variabel Bebas:
   a. Ketebalan pasir (15 cm, 20 cm, 25 cm)
   b. Waktu tinggal (2 hari, 4 hari, 6 hari)

   Dimana masing-masing dibedakan berdasarkan jenis tanaman yang digunakan pada *wetland*, yakni tanaman *Cattail* (*Typha angostifolia*) dan tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanoides*).
2) Variabel terikat terdiri dari parameter-parameter terpilih, yakni sebagai berikut:
   a. pH (*Potential of Hydrogen*)
   b. Suhu
   c. TSS (*Total Suspended Solid*)
   d. TDS (*Total Dissolved Solid*)
   e. BOD (*Biological Oxygen Demand*)
   f. COD (*Cemical Oxigen Demand*)
3) Tebal kerikil 15 cm dan tebal arang batok 20 cm Konstan.

3.2 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang akan dibuktikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Material filter yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas air limbah yang diolah.

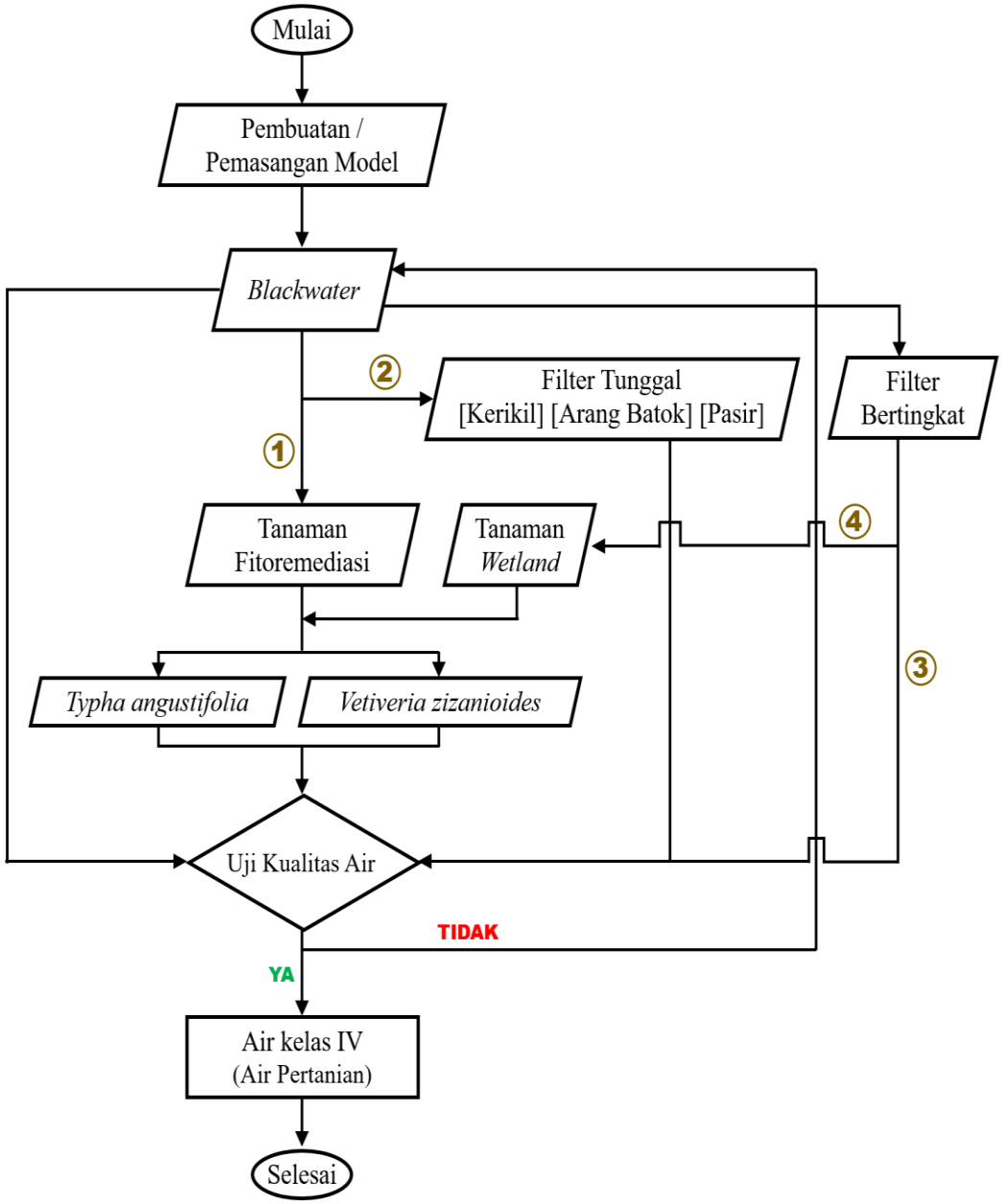
2) Penggunaan sistem *wetland* dengan memanfaatkan tanaman Akar Wangi dan *Cattail* memberikan hasil yang pengolahan air limbah yang lebih baik.
3) Lama waktu tinggal memiliki pengaruh yang signifikan pada kualitas air limbah yang diolah, baik pada proses filtrasi maupun *wetland*.
5) Model fisik pengolahan limbah mampu meningkatkan kualitas air limbah hingga memenuhi kriteria air kelas IV (air pertanian).

3.3 Definisi Operasional

1) Model fisik adalah suatu tiruan peristiwa alamiah atau prototipe pada lapangan yang dibentuk dengan menggunakan model fisik di laboratorium.
2) *Black water* adalah limbah rumah tangga yg berwarna hitam yang berasal dari kloset yang biasanya diterima oleh *septic tank*.
3) IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) adalah tempat kumpulan atau penampungan kotoran manusia.
4) Filter adalah bahan atau material yang digunakan untuk menyaring limbah domestik atau limbah rumah tangga dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas air hingga layak buang. Filter terdiri dari kerikil, arang batok kelapa dan pasir. Ketebalan filter kerikil 15 cm dan arang batok 20 cm tetap konstan, sedangkan ketebalan pasir dibuat dalam tiga variasi (15 cm, 20 cm, 25 cm).
5) *Constructed wetland* merupakan lahan basah buatan yang ditanami dengan tanaman air sebagai agen remediasi air limbah. *Wetland* dibuat dalam dua macam, yakni yang ditanami Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*), dan *Cattail* (*Typha angustifolia*).

3.4 Diagram Alir Penelitian

Rangkaian kegiatan dalam penelitian ini dijelaskan secara ringkas melalui diagram alir berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Perencanaan Model Bangunan

Model bangunan direncanakan dengan menggunakan perbandingan skala 1 : 264, dengan skala debit. 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 (90 x 30 x 30 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 :

Bahan :

- Beton dengan mutu K_{125} (1 PC : 2 Ps : Kr)
- Kaca penduga (untuk melihat level air)
- Kran dng diameter ¾ “
- Cat dng warna hitam

4.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengairan Universitas Brawijya Malang. Sampel air diambil dari IPAL Komunal Tlogomas Kota Malang. Kegiatan ini meliputi pengambilan sampel, analisa air awal dan akhir, analisa air keluaran dari filter dan analisa air akhir (keluaran dari *wetland*). Model fisik ini dibuat dengan skala 1 : 264 dngan menyesuaikan luasan tempat yang ada di laboratorium antara lain:

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 4.1 Box filter

4.3 Alat dan Bahan

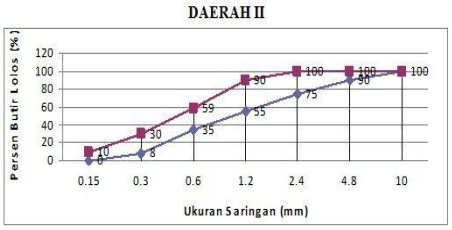
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat ukur pH meter (lakmus), alat Horibah, jirigen, stopwatch, kamera, alat tulis, dll.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Bahan Baku

- Limbah rumah tangga (*Blackwater*) yang diambil dari MCK komunal Tlogomas
- Desain model yang terdiri dari: 3 kotak untuk filter bertingkat dan 2 kotak besar untuk 2 jenis tanaman basah (*wetland*)

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.

c. Bahan *Wetland*

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

4.4 Macam Penelitian Dan Prosedurnya

Guna mencapai standart kualitas air pertanian, maka penelitian dilakukan dengan melaksanakan 4 model, yaitu :

1. Fitoremediasi

Adalah pemberian air tanaman tanpa media apapun, hal itu untuk mengetahui sampai seberapa jauh ketahanan tanaman tersebut bertahan dan akar tanaman tersebut dapat menyerap polutan apa saja sehinga dapat dianalisa.

Langkah awal, tanaman diletakkan pada kotak penelitian kemudian diberi air limbah sampai akar tenggelam. Kemudian pada dua jenis tanaman tadi dibiarkan sampai 1 minggu yang kemudian diambil sampel. Sampel pada minggu pertama mendapatkan data, sampel pada minggu ke dua juga mendapatkan data, dan sampel pada mkinggu ke 3 didapatkan data akar wangi ada sedangkan tanaman Cattail mati.

Penelitian pada fitiremediasi tidak dapat dilanjutkan karena 1 tanaman mati, sehingga dilanjukannya penelitian filter tunggal dengan menggunakan arang, kerikil dan pasir.

2. Filter tunggal

Adalah 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.

Hasil percobaan menunjukkan nilai yang bagus tetapi belum memenihi standart kualitas air pertanian, maka penelitian dapat dilanjutkan pada tahap berikutnya yaitu filter bertingkat.

3. Filter bertingkat

Filter bertingkat adalah filter tunggal yang ditumpuk dengan susunan dari kasar ke halus dengan tujuan supaya TSS nya tersaring lebih dulu atau tertinggal pada filter yang lebih bersar diameternya. Filter tunggal dilaksanakan jika hasil filter tunggal kurang maksimal sehingga dilakukan penggabungan pada setiap filter tunggal tersebut dan hasilnya dapat dianalisa.

Dengan cara yang sama filter bertingkat disusun kemudian dialiri air limbaj blackwater sampai jenuh pada masing-masing bahan filter, kemudian dialirkan pada filter berikutnya atau filter 1 sampai jenuh dibuka krannya utk dialirkan pada filter 2 sampai jenuh kemudian dibuka krannya untuk dialirkan pada filter 3 sa,pai jenuh kemudian

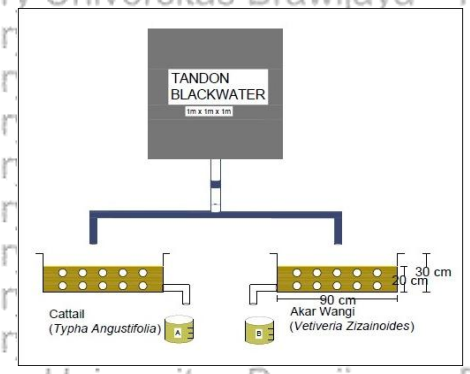
dibukan krannya untuk ditampung airnya untuk test laboratorium sesuai parameter yang terpilih.

Hasilnya lebih bagus dari pada filter tunggal tetapi belum memenuhi syarat kualitas air pertanian, maka penelitian dilanjutkan dengan *wetland*

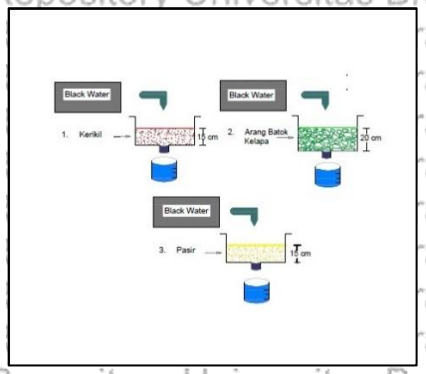
4. Filter bertingkat dan Wetland

Filter bertingkat dan Wetland dilaksanakan jika hasil filter bertingkat kurang maksimal, sehingga dilanjutkan ke wetland. Wetland juga dilakukan dengan membandingkan 2 macam tanaman sehingga bisa mendapatkan hasil yang lebih bagus dan memenuhi syarat kualitas air peranian.

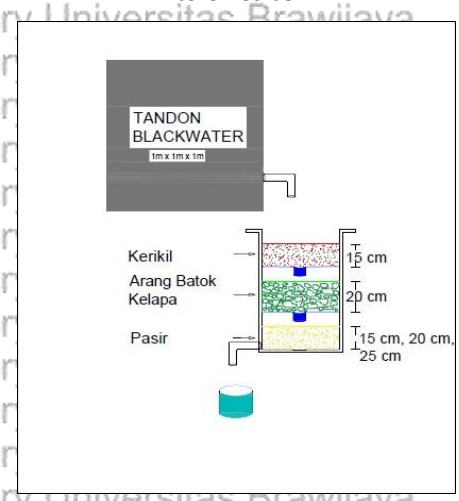
Desain model penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



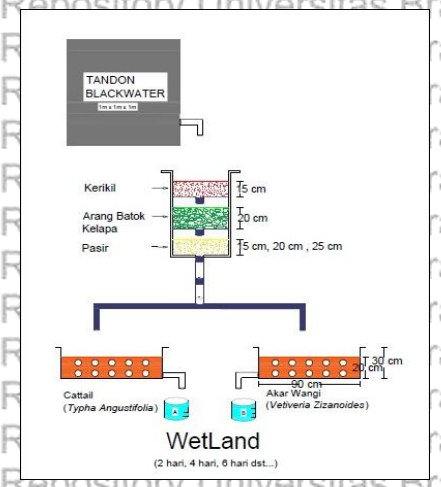
Fitoremediasi



Filter tunggal



Filter bertingkat



Filter bertingkat dan *wetland*

Gambar 4.2 Model Penelitian

4.5. Prosedur Penelitian

4.5.1 Kalibrasi Alat Ukur debit

1. Persiapan

Sebelum dilaksanakan kalibrasi, maka perlu disiapkan beberapa peralatan antara lain 3 kotak filter, 2 kotak wetland, kerikil, arang batok kelapa, pasir cor, tanaman akar wangi dan cattail. Limbah yang diambil berasal dari IPAL Tlogomas Malang.

2. Pelaksanaan Kalibrasi

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.

3. Analisa

Dengan mengalirkan debit *blackwater* pada setiap model maka output pada setiap model dapat dianalisa dengan berpatokan pada kualitas air pertanian.

4.5.2 Pelaksanaan Penelitian

1) Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan proses pengolahan air limbah dengan menggunakan tanaman air namun hanya menggunakan media air saja. Hal ini dilakukan guna mengetahui kemampuan tanaman itu sendiri dalam menyerap polutan yang terkandung dalam air limbah *blackwater*.

Tabel 4.1 Rancangan model Pengolahan limbah *Blackwater* dengan Fitoremediasi

No	Parameter	Data *Black*	Usia 7 Hari		dilanjutkan	
			AW	*Cattail*	AW	*Cattail*
1	pH	5.32	8.76	8.65		

2	Suhu (ºC)	24.5	25.00	25.12		
3	TSS (mg/L)	1000	400	500		
4	TDS (mg/L)	800	700	750		

2) Filter Tunggal

Dasar penggunaan material filter pada penelitian ini merujuk pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Adhibaswara et al. (2011)dimana mekanisme penjernihan air bersih dengan susunan material berlapis. Material filter yang digunakan adalah kerikil, arang dan pasir, dimana ketiga material tersebut diaplikasikan secara terpisah atau tunggal.

a. Kerikil

Kerikil dapat digunakan sebagai material filter karena dapat menyaring padatan tersuspensi (TSS) yang terkandung dalam air limbah *blackwater*.

b. Arang Batok Kelapa

Arang biasa digunakan sebagai material filter pada sistem tanggul. Arang sangat potensial dalam meningkatkan mutu *blackwater*.

c. Pasir Cor

Pasir cepat dapat digunakan sebagai filter hingga menghasilkan output air yang bersih.

Tabel 4.2 Rancangan Perlakuan *Blackwater* dengan filter Tunggal

No	Parameter	Kondisi Awal *Blackwater*	Hasil Filter Kerikil	Hasil Filter ArangBatok	Hasil Filter Pasir	Standar (KelasIV)
1	pH	5.32	6.00	5.18	6.00	5-9
2	Suhu (ºC)	24.5	20.74	22.80	25.00	21
3	TSS (mg/L)	1000	800	900	700	400
4	TDS (mg/L)	800	750	2200	535	2000
5	BOD (mg/L)	400	300	200	175	12
6	COD (mg/L)	545	200	250	170	100

3) Filter Bertingkat

Filter bertingkat disusun seperti gambar di atas. Pada material kerikil dan arang batok kelapa, digunakan ketebalan yang konstan, yakni 15 cm pada lapisan kerikil dan 20 cm pada lapisan arang batok kelapa. Pada material pasir, digunakan 3 variasi ketebalan, yakni 15 cm, 20 cm dan 25 cm. Penyusunan urutan ketiga material filter tersebut didasarkan pada ukuran partikelnya, yakni dari kasar ke halus. Kerikil berfungsi untuk menyaring partikel-patikel kasar pada *blackwater*, kemudian arang pada lapisan ke dua berfungsi untuk menyerap warna dan bau, sedangkan pasir pada lapisan paling bawah berguna untuk menyerap partikel-partikel yang halus. Pada penelitian ini, penyusunan partikel filter merujuk pada penelitian Adhibaswara et al. (2011).

Tabel 4.3 Rancangan model *Blackwater* dengan Filter Bertingkat

No	Parameter	*Blackwater*	Filter 1	Filter 2	Filter 3
1	pH	5.32	9.41	8.36	11.31
2	Suhu (ºC)	24.5	24.97	25.39	27.69
3	TSS (mg/L)	1000	110	110	110
4	TDS (mg/L)	800	3200	590	6620
5	BOD (mg/L)	400	166	135	119
6	COD (mg/L)	545	173	195	175

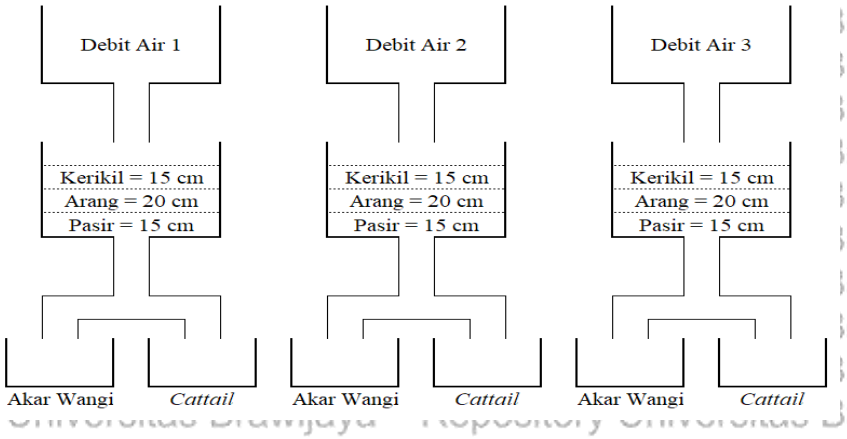
4) Filter bertingkat dan *Wetland*

Perlakuan ini merupakan perlakuan kombinasi atara filter bertingkat dan *wetland*. Penyaringan pada *wetland* merupakan proses lanjutan dari proses filtrasi secara bertingkat. Gambar model fisik diatas sekaligus menunjukkan kebaruan pada penelitian ini, dimana kebaruan tersebut merupakan penerapan kombinasi perlakuan filter bertingkat dan *wetland*. Kombinasi perlakuan ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas air limbah yang diolah hingga memenuhi baku mutu air kelas IV (air pertanian).

Gambar diatas sekaligus menunjukkan perlakuan ketebalan pasir yang berbeda-beda, serta ketebalan lapisan arang batok kelapa yang lebih tebal dibandingkan lapisan lain, yakni 20 cm. Hal ini dimaksudkan untuk mendukung penyerapan polutan yang terkandung daam limbah *blackwater*. Sebagaimana dijelaskan oleh Cobb et al. (2012) bahwa arang memiliki kandungan karbon aktif, sehingga mampu menghilangkan bahan pencemar kimiawi.

Perlakuan pada model mengacu pada adanya keterbatasan pada sarana di laboratorium, baik untuk keterbatasan kapasitas maupun dimensi model. Limbah *blackwater* yang diolah dalam penelitian ini terdiri dari beberapa debit. Hal ini dimaksudkan agar penelitian ini mampu menemukan debit limbah blackwater maksimal yang mampu diolah dengan model fisik pengolahan limbah yang diterapkan. Konsep secara ringkas digambarkan sebagai berikut :

a. Ketebalan Pasir 15 cm (200, 220,240) l/hr



a1.debit 200 l/hr a2. Debit 220 l/hr a3. 240 l/hr

Gambar 4.3 Skema Perlakuan Ketebalan Pasir 15 cm

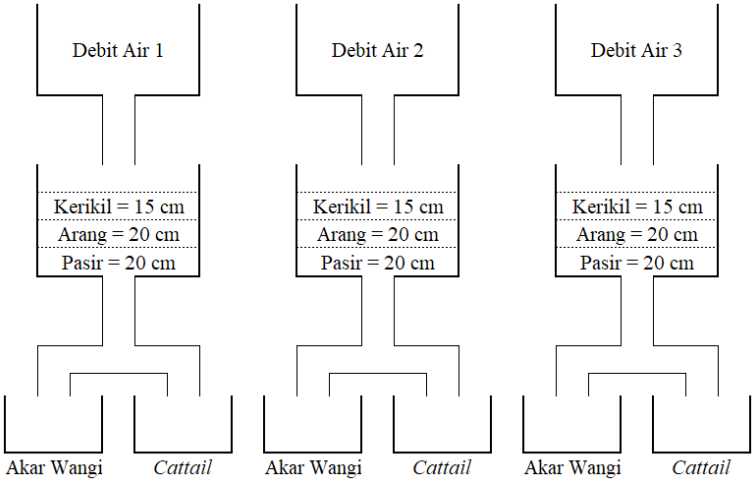
Pada gambar a_1 debit 200 l/hr akan mendapatkan kualitas air dengan 6 parameter yang terpilih yaitiu pH, suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Semuanya itu akan di testkan di laboratorium dengan standart air kualitas pertanian.

Pada gambar a_1 debit 220 l/hr akan mendapatkan kualitas air dengan 6 parameter yang terpilih yaitiu pH, suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Semuanya itu akan di testkan di laboratorium dengan standart air kualitas pertanian.

Pada gambar a_1 debit 240 l/hr akan mendapatkan kualitas air dengan 6 parameter yang terpilih yaitiu pH, suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Semuanya itu akan di testkan di laboratorium dengan standart air kualitas pertanian.

Perlakuan 3 macam debit dilakukan dengan ketebalan pasir 15 cm dan dilanjutkan dengan perlakuan debit dan ketebalan pasir yang berbeda yaitu 20 cm.

b. Ketebalan Pasir 20 cm (180, 210, 230) l/hr.



a2 Debit 180 l/hr a2. Debit 210 l/hr a3. 230 l/hr

Gambar 4.4 Skema Perlakuan Ketebalan Pasir 20 cm

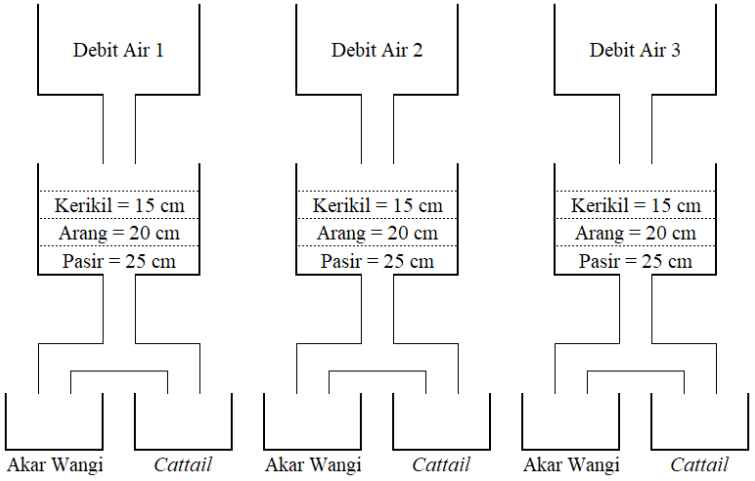
Pada gambar a2 debit 180 l/hr akan mendapatkan kualitas air dengan 6 parameter yang terpilih yaitiu pH, suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Semuanya itu akan di testkan di laboratorium dengan standart air kualitas pertanian.

Pada gambar a_1 debit 210 l/hr akan mendapatkan kualitas air dengan 6 parameter yang terpilih yaitiu pH, suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Semuanya itu akan di testkan di laboratorium dengan standart air kualitas pertanian.

Pada gambar a_1 debit 230 l/hr akan mendapatkan kualitas air dengan 6 parameter yang terpilih yaitiu pH, suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Semuanya itu akan di testkan di laboratorium dengan standart air kualitas pertanian.

Perlakuan 3 macam debit dilakukan secara acak dengan ketebalan pasir 20 cm dan dilanjutkan dengan perlakuan debit dan ketebalan pasir yang berbeda yaitu 25 cm.

c. Ketebalan Pasir 25 cm (240, 250, 260) l/hr.



a3 Debit 240 l/hr a2. Debit 250 l/hr a3. 260 l/hr.

Gambar 4.5 Skema Perlakuan Ketebalan Pasir 20 cm

Pada gambar a3 debit 240 l/hr akan mendapatkan kualitas air dengan 6 parameter yang terpilih yaitiu pH, suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Semuanya itu akan di testkan di laboratorium dengan standart air kualitas pertanian.

Pada gambar a_1 debit 250 l/hr akan mendapatkan kualitas air dengan 6 parameter yang terpilih yaitiu pH, suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Semuanya itu akan di testkan di laboratorium dengan standart air kualitas pertanian.

Pada gambar a_1 debit 260 l/hr akan mendapatkan kualitas air dengan 6 parameter yang terpilih yaitiu pH, suhu, TSS, TDS, BOD dan COD. Semuanya itu akan di testkan di laboratorium dengan standart air kualitas pertanian.

Perlakuan 3 macam debit dilakukan secara acak dengan ketebalan pasir 25 cm. Penelitian ini akan dilanjutkan jika belum sesuai standart kualitas air pertanian.

4.6 Gambaran Umum Objek Studi

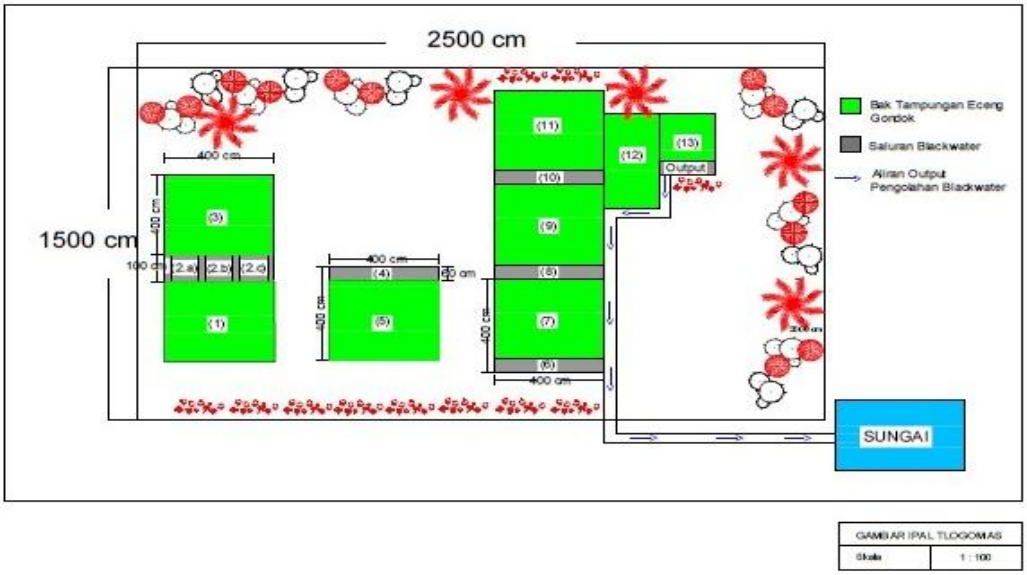
IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas atau MCK Terpadu terletak di Kelurahan Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, tepatnya disamping aliran sungai Brantas. Sejak puluhan tahun, warga RT 03 RW 07 Kelurahan Tlogomas, Kota Malang telah menerapkan perubahan perilaku kebersihan, yakni kebiasaan MCK ke sungai 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 4.6 IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas Kota Malang

4.7 Evaluasi Kinerja IPAL 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 4.7 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.

4.8 Alat dan Bahan Penelitian

1) Persiapan Alat dan Bahan

Bahan yang dipersiapkan adalah kerikil, arang batok kelapa, dan pasir cor. Bahan tersebut dituang pada model yang sudah dipersiapkan seperti gambar di bawah ini.

Gambar 4.8 Bahan Filter

Setelah semua bahan filter dituang pada tempatnya masing-masing dengan ukuran yang telah ditentukan yaitu (15 x 60) cm; (20 x 60) cm; (25 x 60) cm, maka dipersiapkan air limbah domestik yang diambil dari IPAL komunal Tlogomas Malang.

2) Pengambilan Sampel

Sampel limbah diambil dari IPAL komunal Tlogomas dengan menggunakan jerigen dan diambil berulang kali, dengan 1 kali pengambilan yaitu 10 jerigen (120 liter) seperti gambar dibawah ini:

Gambar 4.9 Pengambilan sampel limbah pada IPAL Tlogomas

Sampel limbah yang sudah diambil diukur terlebih dahulu sebelum dialirkan pada filter yang telah disediakan.

3) Pengolahan Air Limbah Pada Filter

Air limbah *blackwater* dituangkan pada bak filter tanpa menyertakan endapannya. Air limbah dituang ke dalam setiap filter dengan waktu tinggal tertentu hingga didapatkan air hasil pengolahan untuk kemudian diukur kondisinya berdasarkan parameter terpilih.

Gambar 4.10 Proses filtrasi air limbah

Gambar 4.11 Alat pengukuran sampel air limbah (Jerigen, alat horibah dan pH meter)

Jerigen besar digunakan untuk pengambilan limbah, sedangkan jerigen kecil digunakan untuk mengambil sampel air limbah untuk diukur berdasarkan parameternya. Jerigen sampel diberi label agar tidak tertukar, selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk diuji.

4) Pengolahan Air Limbah Pada *Wetland*

Air yang tertuang pada dua buah *wetland* adalah air dari hasil pengolahan filter bertingkat. Pengamatan dilakukan sebelum perlakuan dan pada masing-masing waktu tinggal yang ditentukan, yakni 2 hari, 4 hari dan 6 hari. Hasil pengukuran dibandingkan dengan baku mutu air kelas IV, yakni air untuk keperluan irigasi.

Gambar 4.12 Pengolahan air limbah dengan *constructed wetland*

5) Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan proses pencucian polutan pada limbah dengan menggunakan tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air (Caroline dan Guido, 2015). Tanaman yang digunakan sebagai agen fitoremediasi berperan dalam mendegradasi, menyerap, mengakumulasi, dan melepaskan polutan serta meningkatkan aktivitas rizosfer tanah (Janngam *et al.*, 2010). Sidauruk dan Patricius (2015) menambahkan bahwa fitoremediasi merupakan solusi yang ideal untuk mengatasi pencemaran. Sebagian tanaman bahkan dikenal sebagai tanaman hiperakumulator sehingga menghasilkan buangan sekunder dengan toksisitas yang jauh lebih rendah.

Pada penelitian ini, fitoremediasi dilakukan dengan menggunakan tanaman Akar wangi (*Vetiveria zizanoides*) dan cattail (*Typha angustifolia*) untuk menyerap polutan pada limbah domestik Blackwater sehingga kualitas air dapat meningkat dan layak untuk dibuang ke sungai atau digunakan sebagai air pertanian.

Cattail (*Typha angustifolia*) Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*)

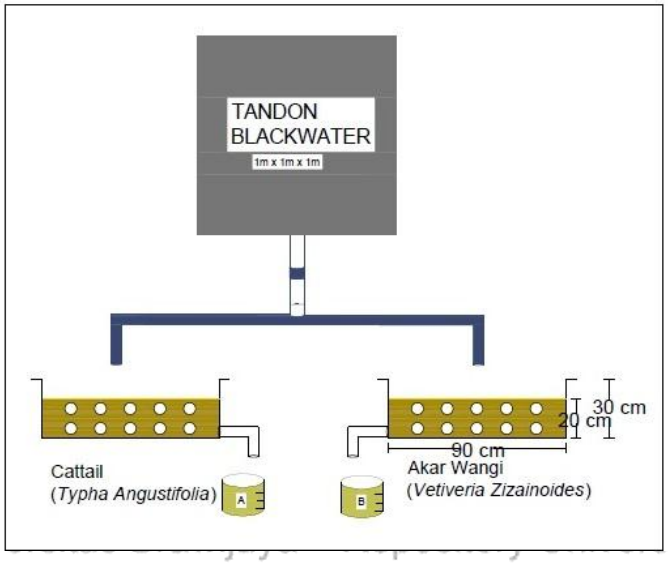
Gambar 4.13 Proses remediasi air limbah dengan tanaman air

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Percobaan Model I - 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 5.1 Skema Pengolahan limbah *Blackwater* dengan Fitoremediasi

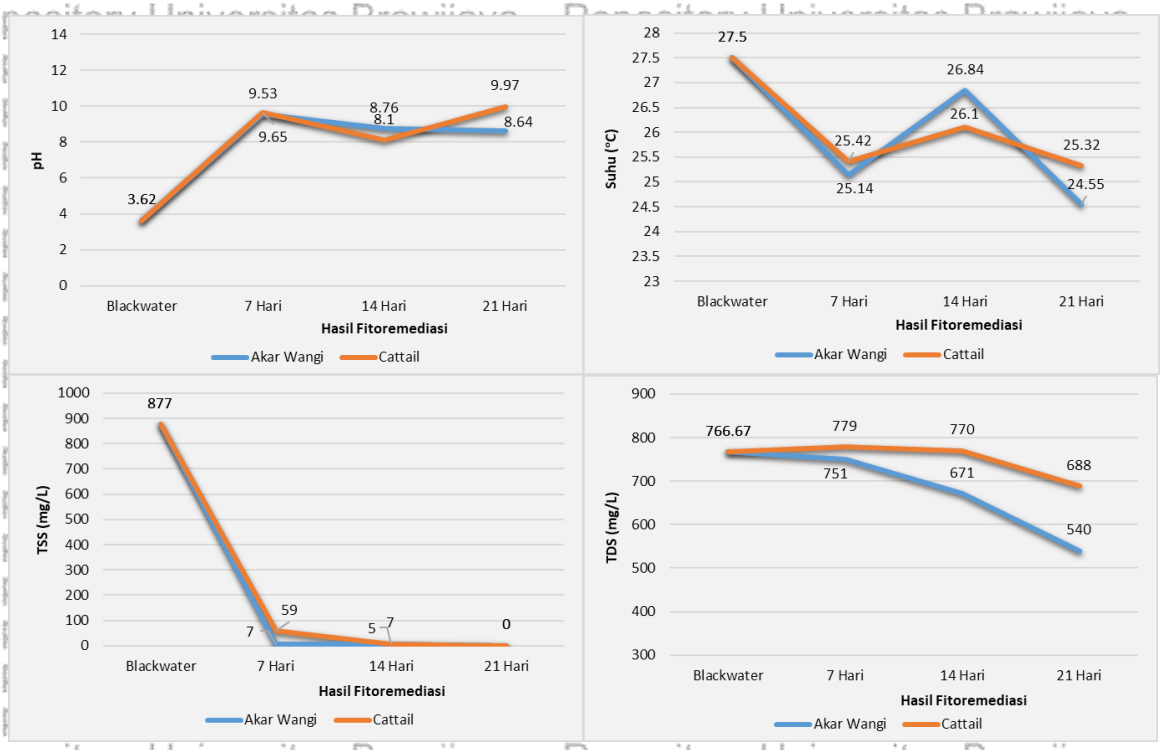
Tabel 5.1 berikut menyajikan hasil pengolahan limbah *blackwater* dengan metode fitoremediasi. Pada bagian ini, parameter kualitas air yang diukur hanya empat, yaitu pH, suhu, TDS, dan TSS. Pengamatan dilakukan pada interval 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.

Tabel 5.1 Hasil Pengolahan limbah *Blackwater* dengan Fitoremediasi

No	Parameter	Data	Usia 7 Hari		Usia 14 Hari		Usia 21 Hari	
		Black 3	AW	*Cattail*	AW	*Cattail*	AW	*Cattail*
1	pH	3.62	9.53	9.65	8.76	8.1	8.64	mati
2	Suhu (ºC)	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 5.1 berikut menyajikan grafik yang merupakan transformasi sajian data dalam tabel 5.1 diatas.

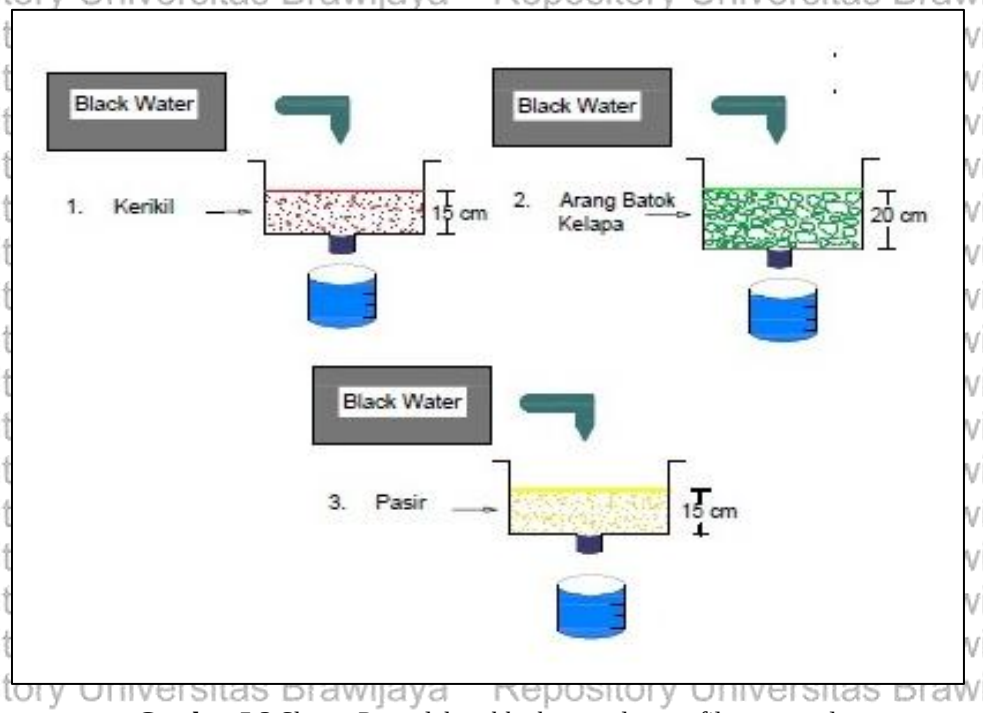


Gambar 5.2 Karakteristik limbah *blackwater* selama proses pengolahan secara fitoremediasi

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 5.1 dan Gambar 5.1 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.

5.2 Hasil Percobaan Model II - Filter Tunggal

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 5.3 Skema Pengolahan *blackwater* dengan filter tunggal

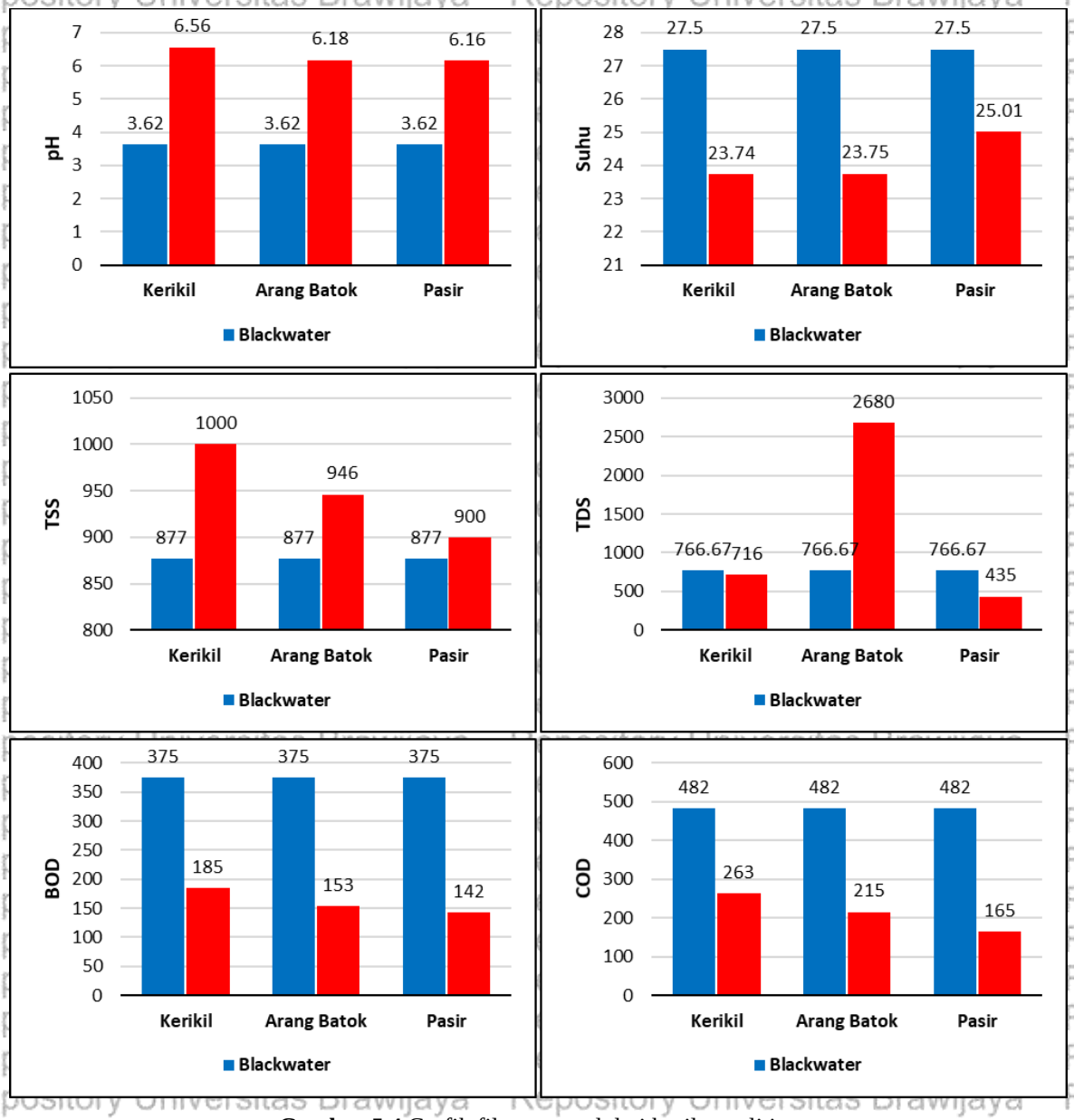
Dalam penelitian ini, pengamatan dilakukan dengan mengukur parameter-parameter kualitas air terpilih, yang terdiri dari pH, Suhu, TSS, TDS, BOD, dan COD. Berikut ditunjukkan tabel deskriptif dari hasil pengolahan limbah *blackwater* dengan menggunakan perlakuan filter tunggal, yakni kerikil, arang, dan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

Tabel 5.2 Hasil Perlakuan *Blackwater* dengan filter Tunggal

No	Parameter	Kondisi Awal *Blackwater*	Hasil Filter Kerikil	Hasil Filter ArangBatok	Hasil Filter Pasir	Standar (KelasIV)
1	pH	3.62	6.56	6.18	6.16	5-9
2	Suhu (ºC)	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 5.4 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

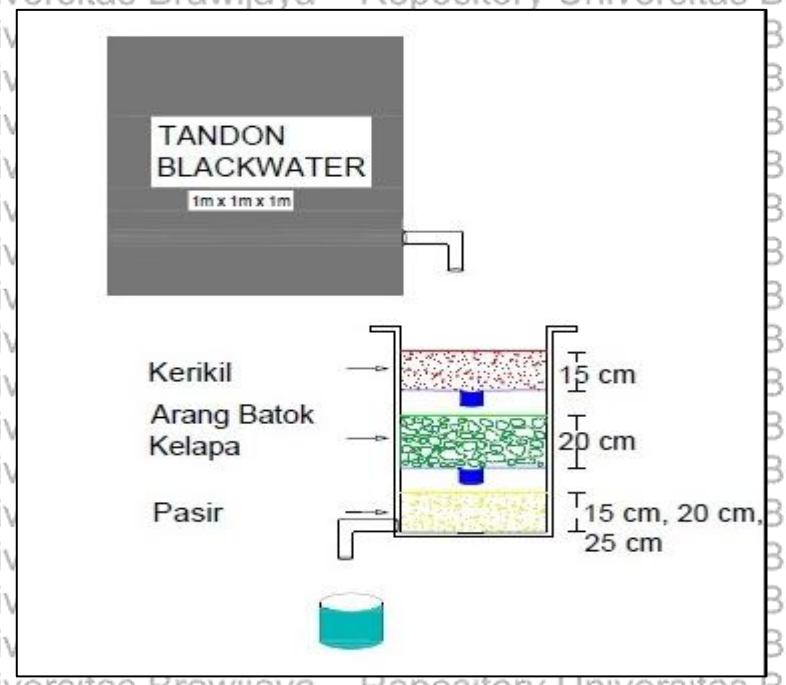
penelitian ini kerikil merupakan material filter terbaik untuk menurunkan derajat keasaman limbah *blackwater*. Terkait parameter suhu, hasil penelitian tidak menunjukkan adanya perubahan yang signifikan antara suhu *blackwater* sebelum dan sesudah perlakuan. Keadaan tersebut berlaku pada ketiga material 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.

5.3 Hasil Percobaan Model III - 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 5.5 Skema Pengolahan *Blackwater* dengan Filter Bertingkat

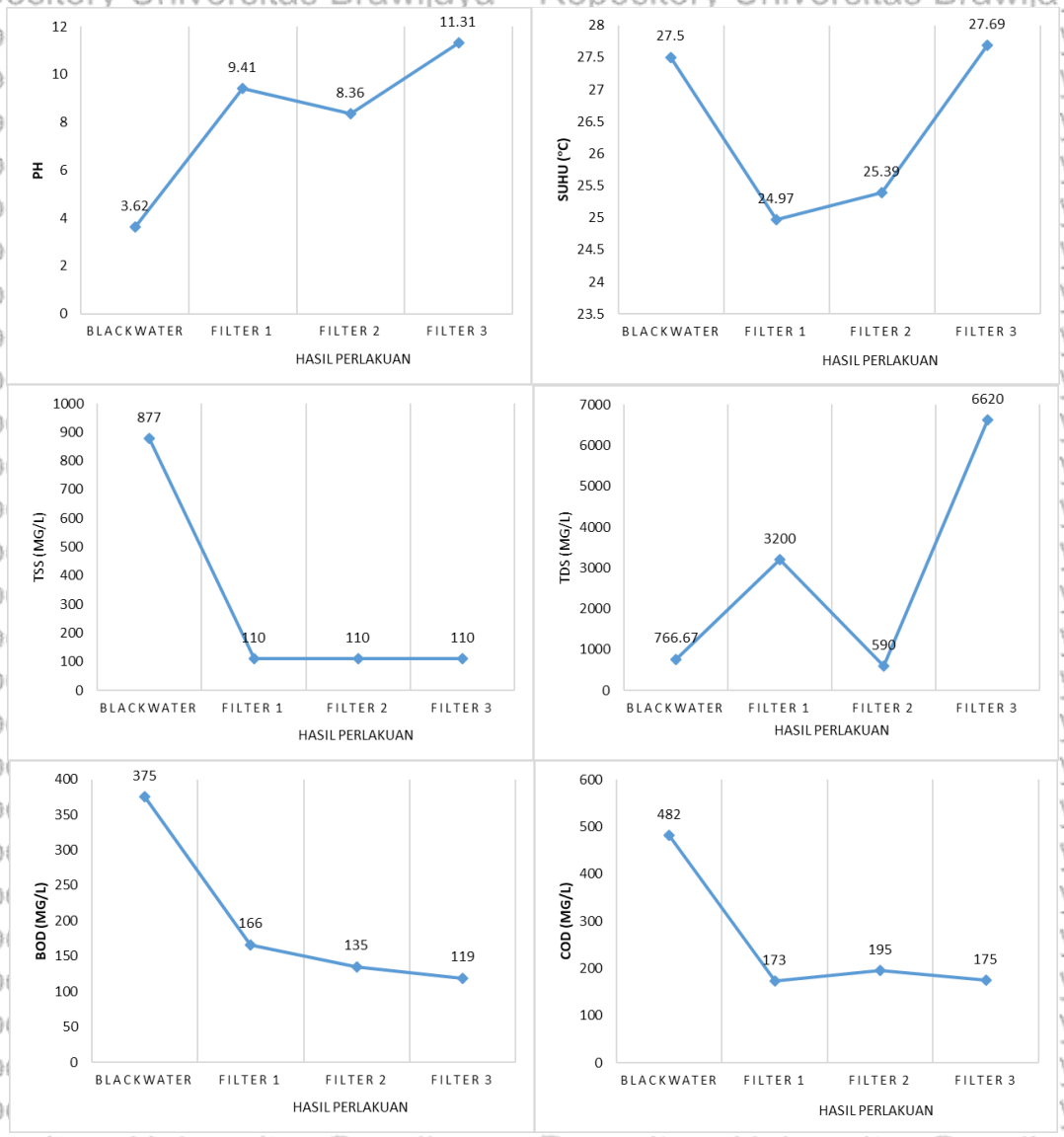
Tabel 5.2 berikut menjelaskan hasil penelitian secara deskriptif terkait karakteristik limbah *blackwater*selama proses pengolahan dengan metode filter bertingkat.

Tabel 5.3 Hasil Perlakuan *Blackwater* dengan Filter Bertingkat

No	Parameter	*Blackwater*	Hasil Filter 1	Hasil Filter 2	Hasil Filter 3
1	pH	3.62	9.41	8.36	11.31
2	Suhu (ºC)	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.



Gambar 5.6 Grafik hasil pengolahan limbah *blackwater* dengan filter bertingkat

Berdasarkan hasil penelitian yang dijelaskan melalui tabel 5.2 dan gambar 5.4 diatas, 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).

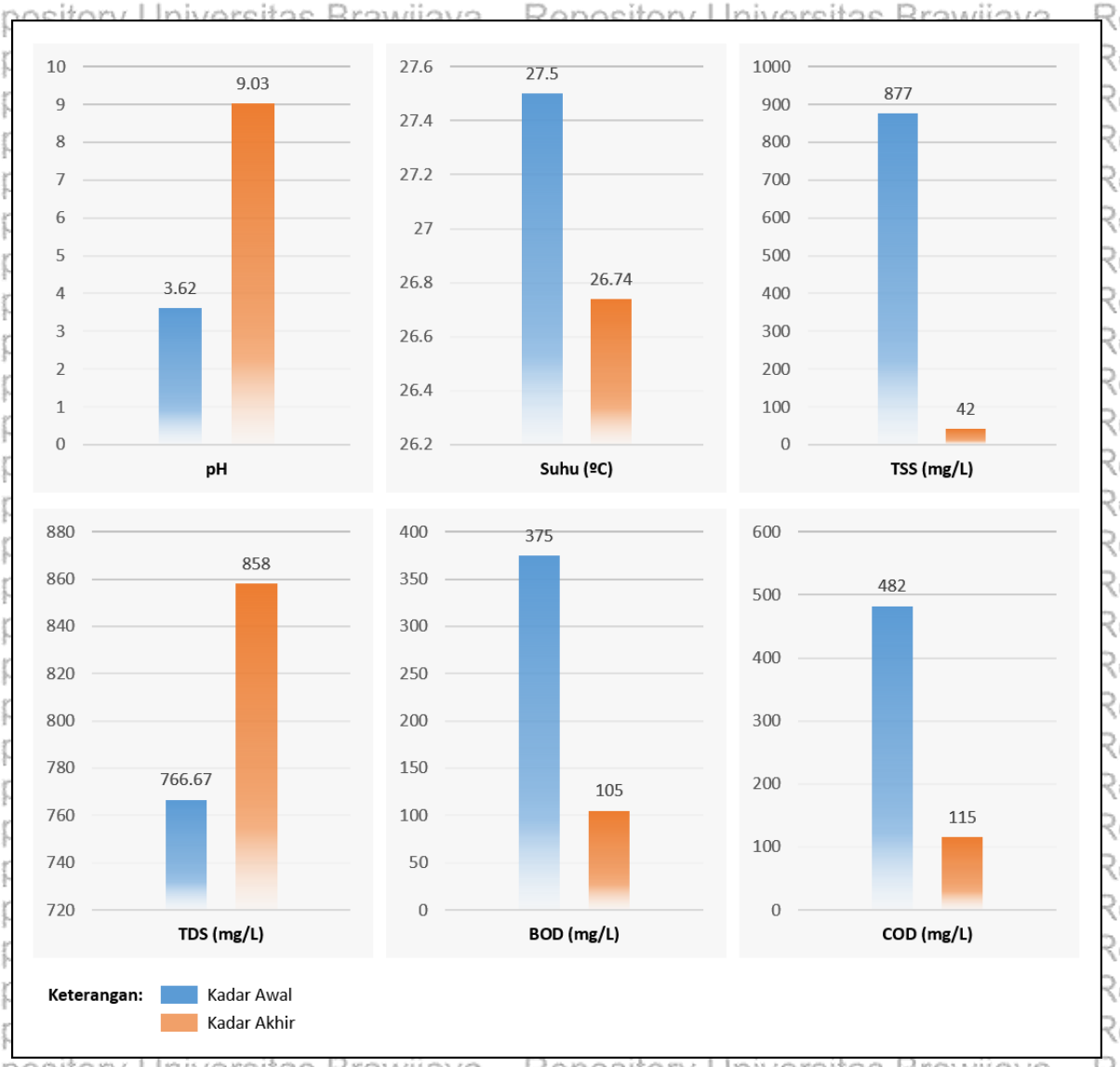
5.4 Data Input dan Output Pengolahan Limbah di IPAL Tlogomas

Bagian ini menjabarkan data perbandingan karakteristik limbah *blackwater* antara sebelum dan sesudah pengolahan di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Kelurahan Tlogomas Kota Malang. Data disajikan dalam bentuk tabel (Tabel 5.4) dan grafik (Gambar 5.7).

Tabel 5.4 Data perbandingan karakteristik input dengan output hasil pengolahan IPAL Komunal Tlogomas

No	Parameter	Kadar Awal	Kadar Akhir
1	pH	3.62	9.03
2	Suhu(ºC)	27.5	26.74
3	TSS (mg/L)	877	42
4	TDS (mg/L)	766.67	858
5	BOD (mg/L)	375	105
6	COD (mg/L)	482	115

Sumber: Hasil Penelitian

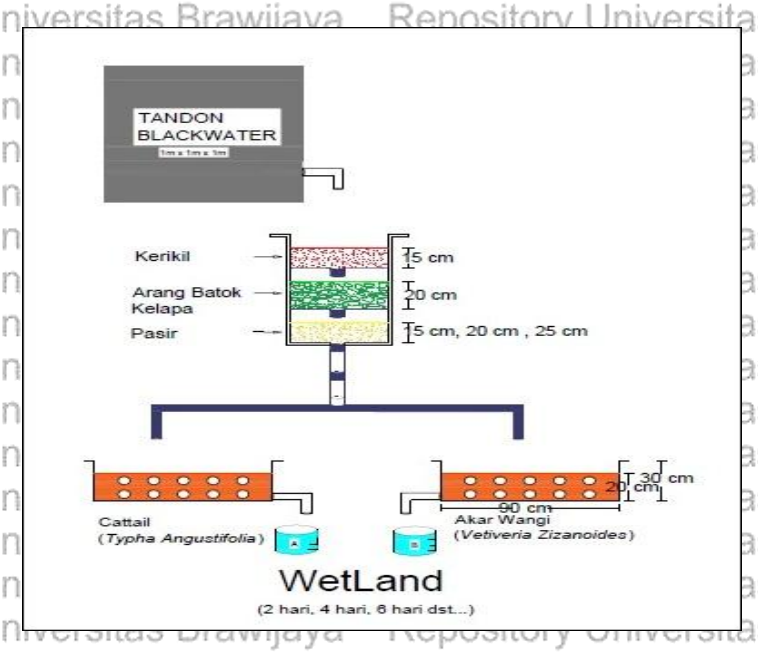


Gambar 5.7 Grafik perbandingan input dan output pengolahan di IPAL Tlogomas

Data perbandiangan diatas menunjukkan bahwa secara keseluruhan kualitas air limbah *blackwater* telah mengalami peningkatan antara sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil yang didapatkan masih lebih bagus dari hasil pengolahan di IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas Kota Malang. Selain itu, bahan yang digunakan untuk pengolahan limbah relatif mudah didapatkan, sehingga dapat diterapkan oleh masyarakat.

5.5 Hasil Percobaan Model IV - Filter Bertingkat dan *Wetland*

Pengolahan limbah *blackwater* dilakukan dengan menerapkan model fisik sebagaimana ditunjukkan melalui gambar berikut:



Gambar 5.8 Skema pengolahan *blackwater*dengan filter bertingkat dan *Wetland*

Hasil pengolahan limbah *blackwater* melalui perlakuan kombinasi filter bertigkat (kerikil, arang, dan pasir) dan *wetland*(tanaman Akar Wangi dan *Cattail*) dengan waktu tinggal selama 2 hari, 4 hari, dan 6 hari akan dibahassecara spesifik pada bagian berikutnya berdasarkan parameter kualitas air.Limbah cair (*blackwater*) dialirkan pada alat filter dengan variasi ketebalan pasir (15,20, dan 25 cm) kemudian hasil penyaringan dari filter dialirkan pada bak *wetland* yang telah terisi tanaman air dan air yang sudah di saring dibiarkan pada *wetland* selama variasi waktu tinggal. Air yang telah menggenang di *wetland* pada batas waktu tinggal kemudian dikeluarkan melalui *outflow* dan diambil sebagai sampel hasil yang akan diukur berdasarkan parameter kualitas air yang telah ditentukan.

5.5.1 Hasil Pengukuran Material Logam

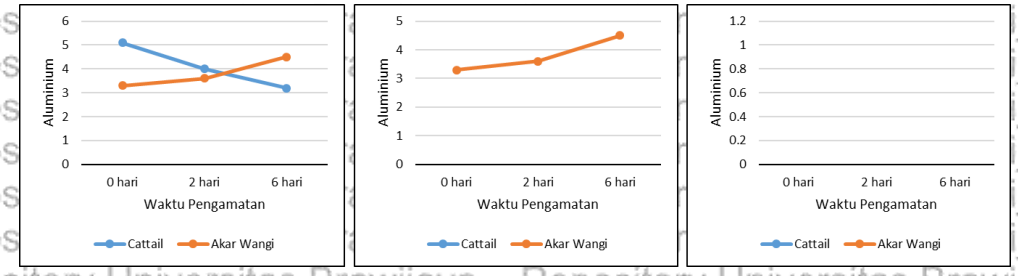
Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran kadar material logam penyusun tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) dan *Cattail* (*Typha angustifolia*) dengan menggunakan spektrofotometer XRF. Hasil pengukuran secara umum disajikan melalui tabel berikut:

Tabel 5.5 Hasil Pengukuran Kadar Logam dengan Spektrofotometer XRF

No	Unsur	Standar (mg/L) (PP No.82 Tahun 2001)	Konsentrasi (%)																	
			Cattail									Akar Wangi								
			Akar			Batang			Daun			Akar			Batang			Daun		
			0 hr	2 hr	6 hr	0 hr	2 hr	6 hr	0 hr	2 hr	6 hr	0 hr	2 hr	6 hr	0 hr	2 hr	6 hr	0 hr	2 hr	6 hr
1	Al (Aluminium)	-	5.1	4	3.2							3.3	3.6	4.5						
2	Si (Silika)	-	19.1	15.4	11	32	9.1		12.7	11		8.7	21.1	22.7	2.3	20.7	12.8		14.1	26.9
3	P (Fosfor)	-	2.7	2.8	2.2	2.8	2.1	2.8	2.5	3.3	2.2	3.1	3.6	2.8	1.3	4.3	1.8	2	1.8	2.7
4	S (Sulfur)	-		2.9		4		0.7		1	0.3				1.7	6.04				
5	K (Kalium)	-	2.4	3.5	2.3	36.2	31.9	23.6	48.8	30.1	38.6	12.2	2.83	2.5	19.2	32.9	40	55.8	39.4	37.9
6	Ca (Kalsium)	-	21	33.1	32.4	17.6	39.7	64.1	20.4	45.3	37.2	34	16.5	19.4	58.3	28.1	28.2	28.2	29.5	14.9
7	Ti (Titanium)	-	1.5	1.3	1.6	0.46		0.25	0.36			1.1	0.93	1.3	0.33					
8	V (Vanadium)	-	0.09	0.15	0.1							0.1	0.07	0.096						
9	Cr (Krom/Chrom)	0,01	0.15	0.11	0.13								0.11	0.11						
10	Mn (Mangan)	1	1.6	0.38	0.36	0.6	0.58	0.17	0.46	0.73	0.28	0.46	0.73	0.83	0.59	1.6	0.67	0.2	1.1	0.77
11	Fe (Besi)	-	34.7	31.2	26.5	4.49	2.16	3.25	4.08	1.7	1.7	27.4	38.5	31.1	5.87	3.3	3.19	1.4	1.7	1.1
12	Ni (Nikel)	-	0.08		0.093	0.2	0.1		0.1	0.06			0.09	0.07		0.3	0.2		0.1	0.1
13	Cu (Tembaga)	0,2	0.4	0.27	0.27	0.38	0.32	0.26	0.46	0.31	0.31	0.3	0.45	0.41	0.2	0.59	0.49	0.29	0.41	0.35
14	Zn (Seng)	2	0.49	1.2	1.79	0.2	0.1	0.3		0.1	0.19	0.42	0.43	0.43	0.08	0.2	0.1	0.07	0.09	0.06
15	Mo (Molibdenum)	-	9.6	2.6	16.8		13.3	4.3	9.42	5	18	8.39	9.92	12.9	9.6		11.6	11.1	10.4	13.9
16	Ba (Barium)	-	0.2	0.3	0.5	0.4						0.4	0.3		0.4					
17	Eu (Europium)	-	0.6	0.5	0.3					0.6	0.5	0.5	0.4	0.4		1		0.5	0.4	0.4
18	Yb (Iterium)	-	0.1			0.3	0.3		0.6	0.6			0.07	0.2		0.5	0.5		0.4	0.4
19	Re (Renium)	-	0.3	0.4		0.5	0.3	0.4		0.3	0.4	0.6	0.3	0.3	0.2	0.6	0.7	0.4	0.5	0.5

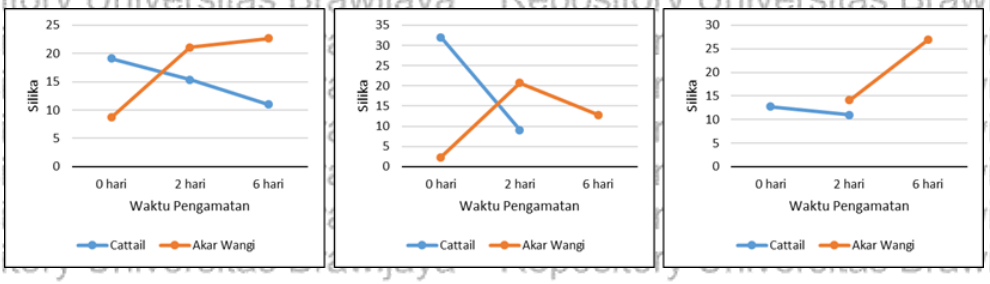
Sumber: Hasil Penelitian

a. Al (Alumunium)



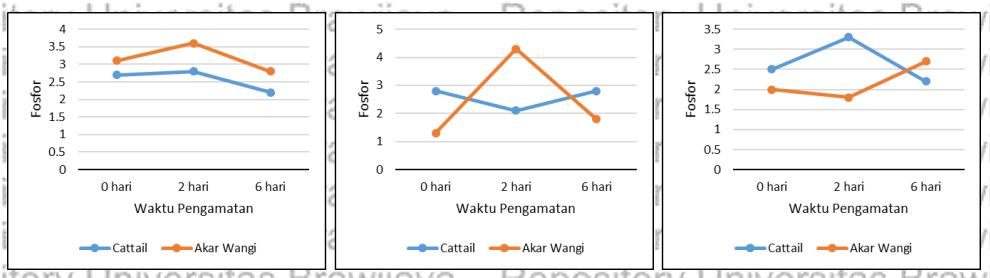
Gambar 5.9 Hasil Pengukuan Unsur Al pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

b. Si (Silika)



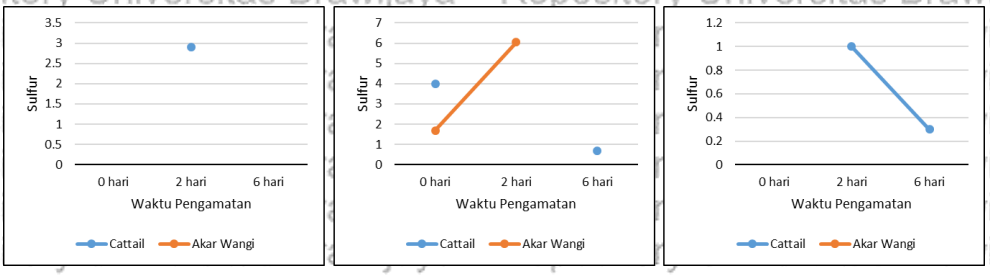
Gambar 5.10 Hasil Pengukuan Unsur Si pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

c. P (Fosfor)



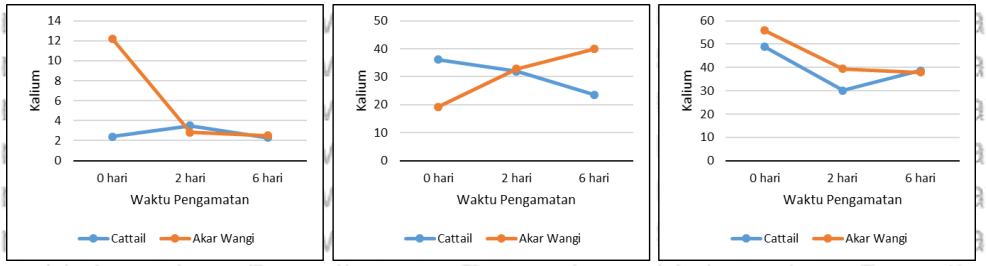
Gambar 5.11 Hasil Pengukuan Unsur P pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

d. S (Belerang)



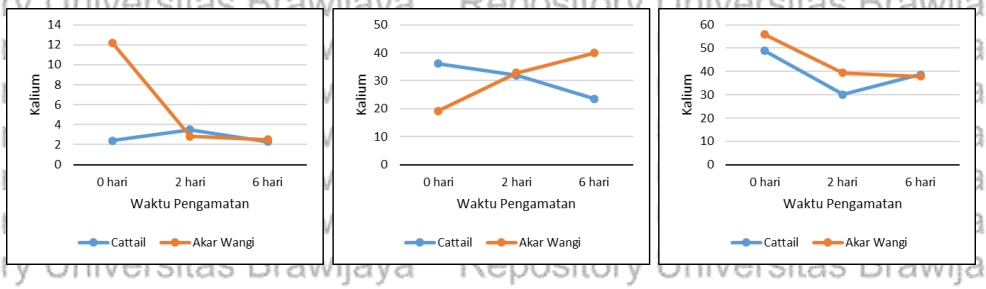
Gambar 5.12 Hasil Pengukuan Unsur S pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

e. K (Kalium)



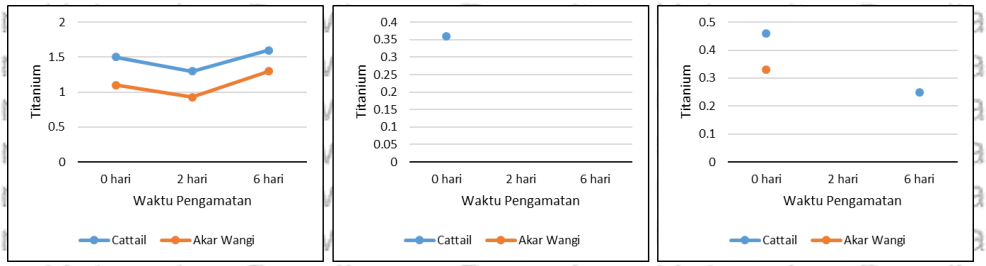
Gambar 5.13 Hasil Pengukuan Unsur S pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

f. Ca (Kalsium)



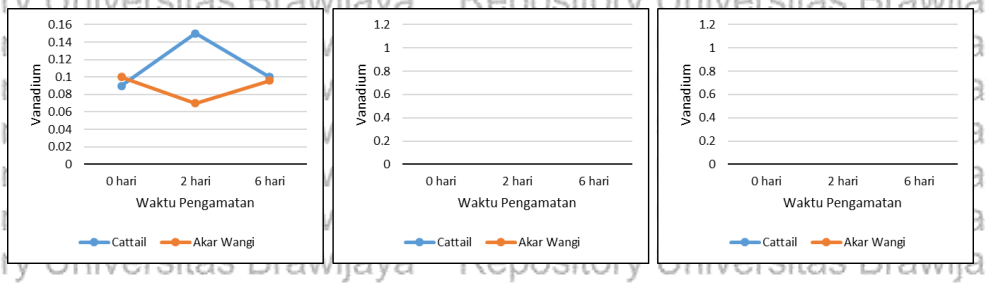
Gambar 5.14 Hasil Pengukuan Unsur Ca pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

g. Ti (Titanium)



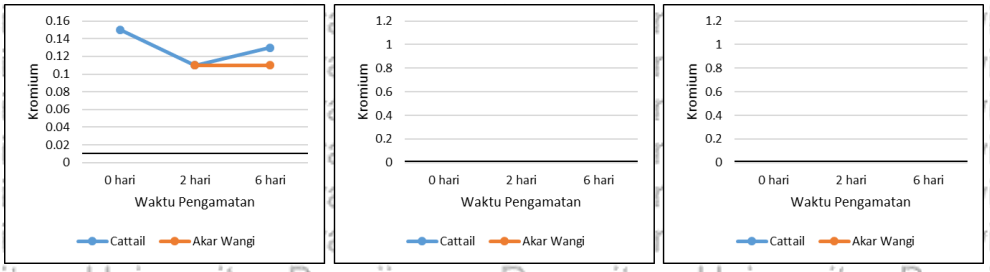
Gambar 5.15 Hasil Pengukuan Unsur Ti pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

h. V (Vanadium)



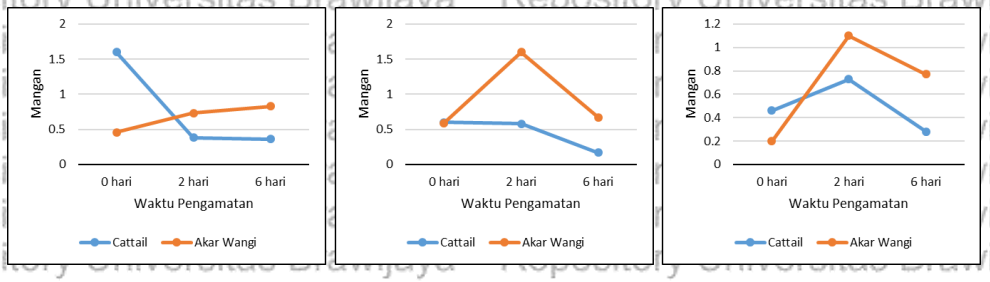
Gambar 5.16 Hasil Pengukuan Unsur V pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

i. Cr (Kromium)



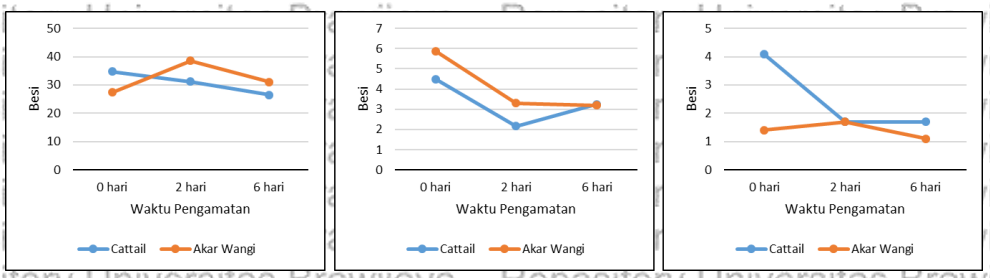
Gambar 5.17 Hasil Pengukuan Unsur Cr pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

j. Mn (Mangan)



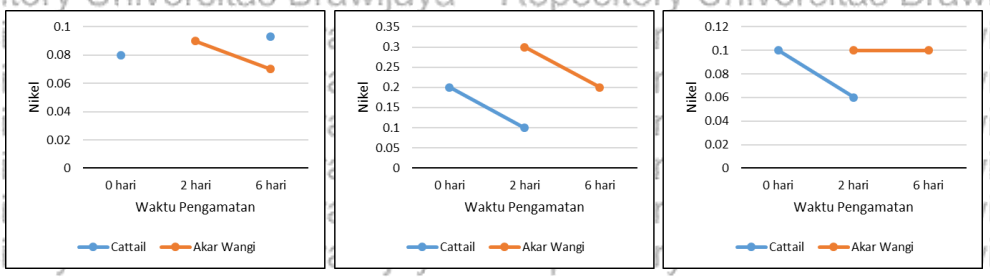
Gambar 5.18 Hasil Pengukuan Unsur Mn pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

k. Fe (Besi)



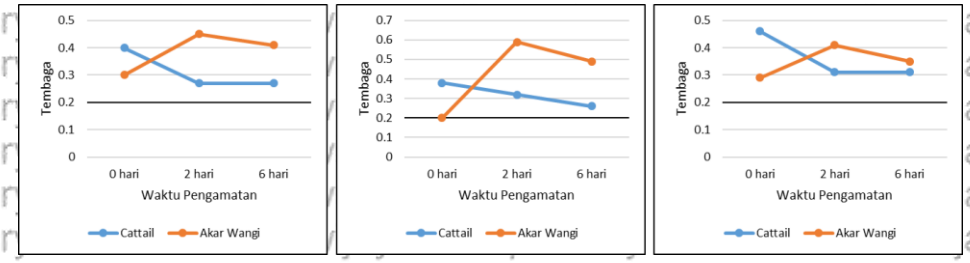
Gambar 5.19 Hasil Pengukuan Unsur Fe pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

l. Ni (Nikel)



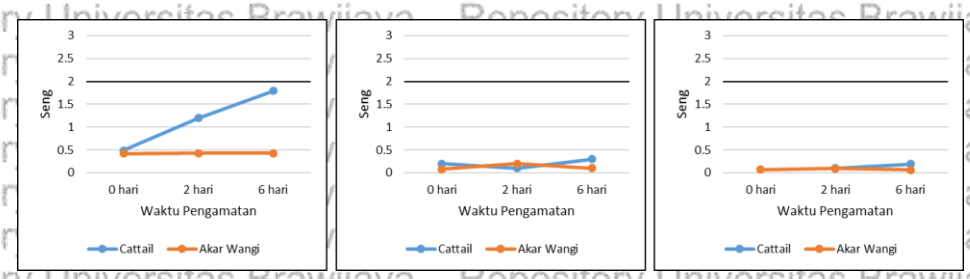
Gambar 5.20 Hasil Pengukuan Unsur Ni pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

m. Cu (Tembaga)



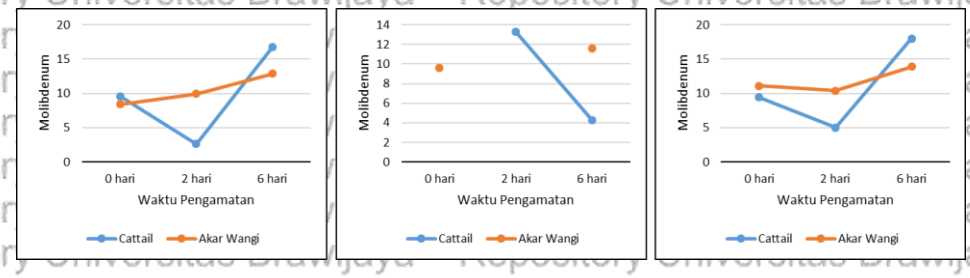
Gambar 5.21 Hasil Pengukuan Unsur Cu pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

n. Zn (Seng)



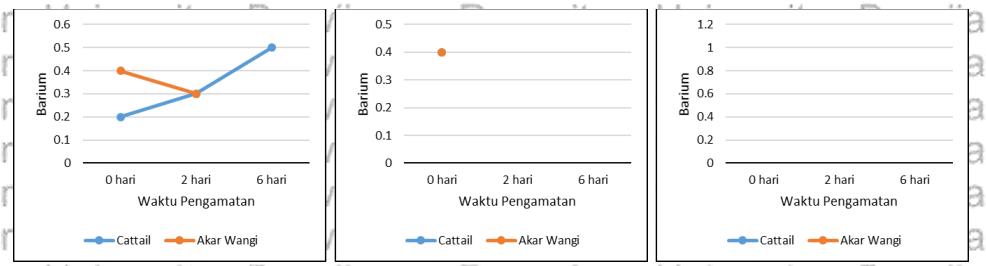
Gambar 5.22 Hasil Pengukuan Unsur Zn pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

o. Mo (Molibdenum)



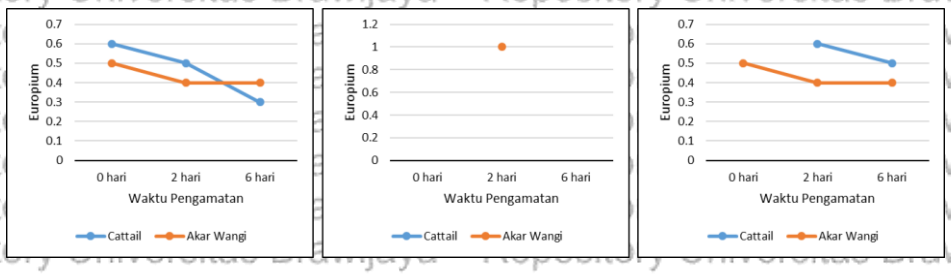
Gambar 5.23 Hasil Pengukuan Unsur Mo pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

p. Ba (Barium)



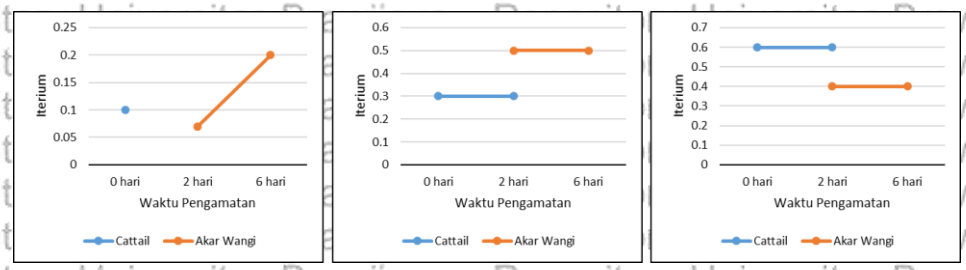
Gambar 5.24 Hasil Pengukuan Unsur Ba pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

q. Eu (Europium)



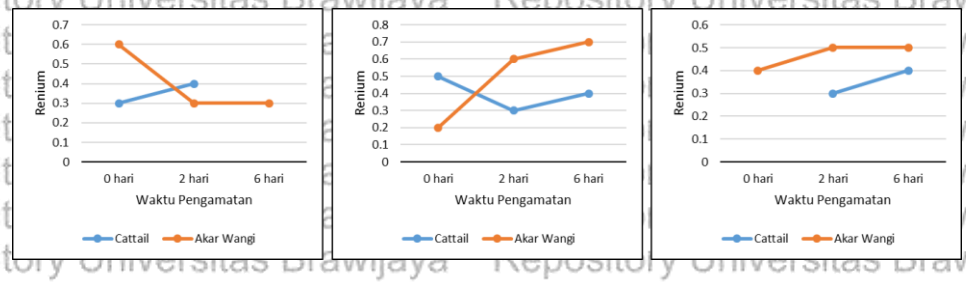
Gambar 5.25 Hasil Pengukuan Unsur Eu pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

r. Yb (Iterbium)



Gambar 5.26 Hasil Pengukuan Unsur Yb pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

s. Re (Renium)



Gambar 5.27 Hasil Pengukuan Unsur Re pada Akar, Batang, dan Daun pada Tanaman *Cattail* dan Akar Wangi

5.5.2 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:

$$H_2O = H^{+1} + OH^-$$

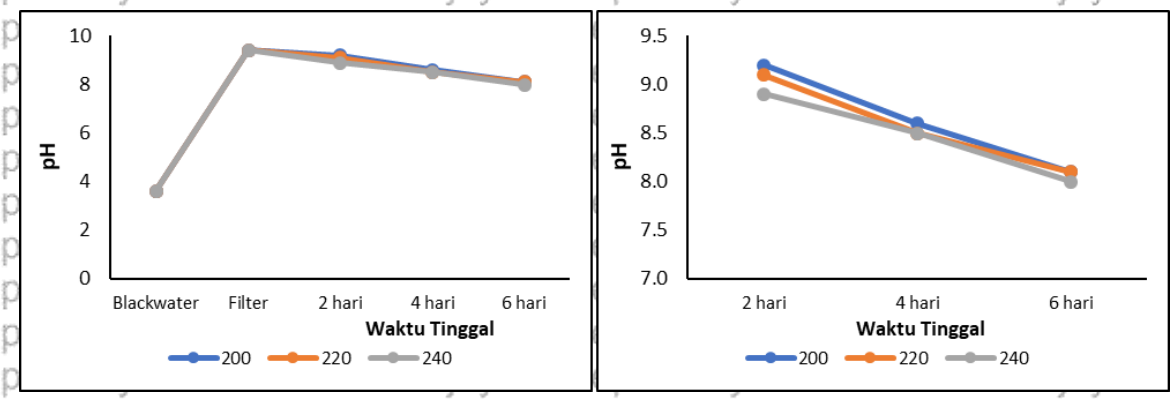
apabila suatu larutan mengalami disosiasi dan menghasilkan ion hidrogen, maka larutan tersebut disebut larutan asam.Sebaliknya, jika proses disosiasinya menghasilkan ion

hidroksil, maka disebut larutan basa. Standar nilai pH yang digunakan sebagai batas acuan pada penelitian ini adalah 5-9.

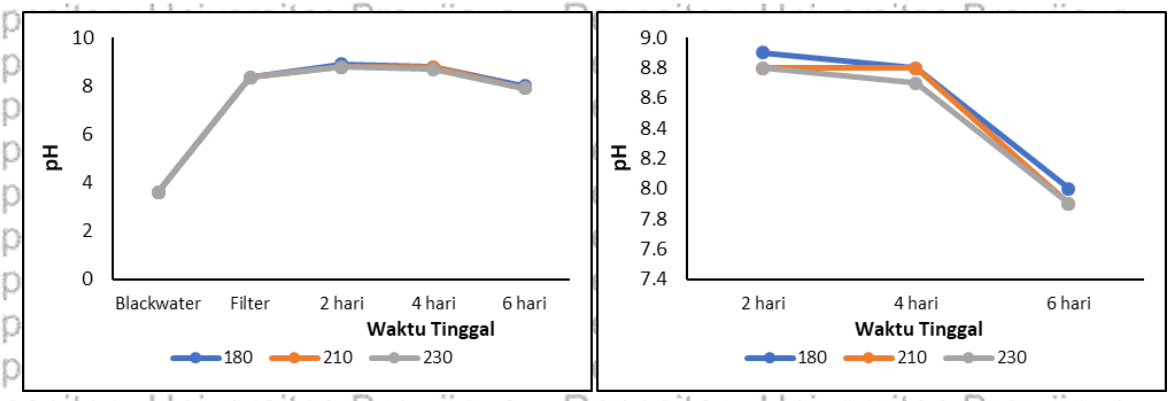
Tabel 5.6 Data Hasil pengukuran pH (Akar Wangi)

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	

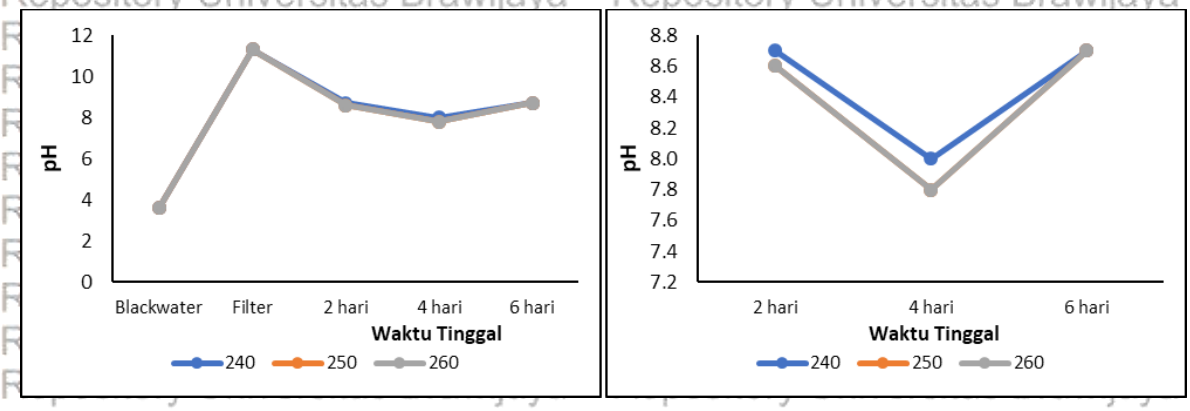
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.28 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.29 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.30 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman Akar Wangi

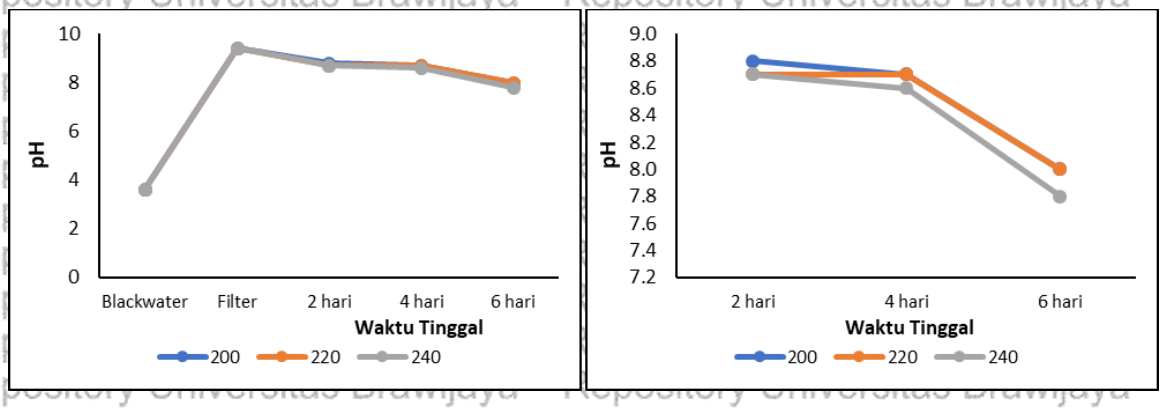
Berdasarkan hasil yang ditunjukkan padatabel dan gambar diatas, pH *blackwater* menunjukkan kenaikan dari yang semula3.62 menjadi 8 hingga 8.71 setelah waktu tinggal 6 hari. Grafik berikut secara spesifik menyajikan karakteristik pH *blackwater* selama waktu tinggal di *wetland*:

Kisaran pH limbah blackwater sebelum dan setelah perlakuan pada dasarnya sudah berada pada standar baku mutuuntuk 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.

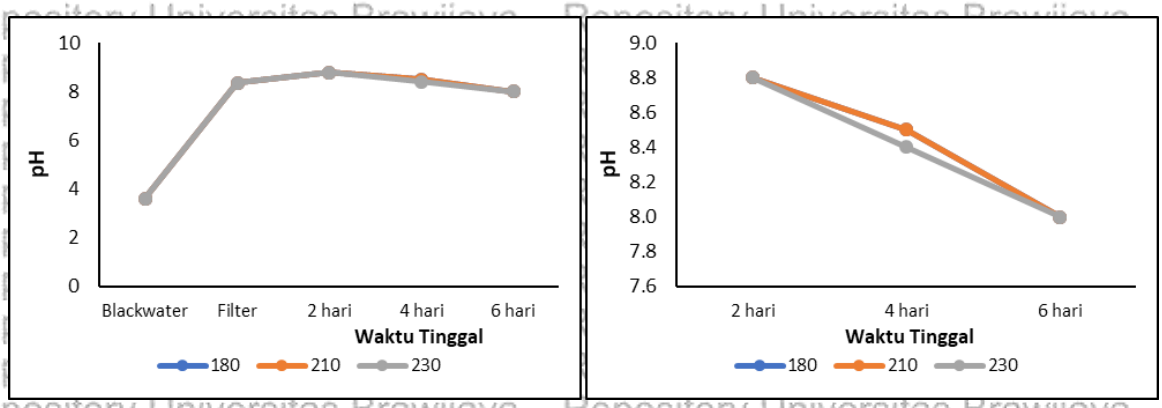
Tabel 5.7 Data Hasil pengukuran pH *blackwater* (*Cattail*)

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	11.31	8.0	8.0	9.0	
	250			7.9	7.9	9.0	
	260			7.9	7.9	9.0	

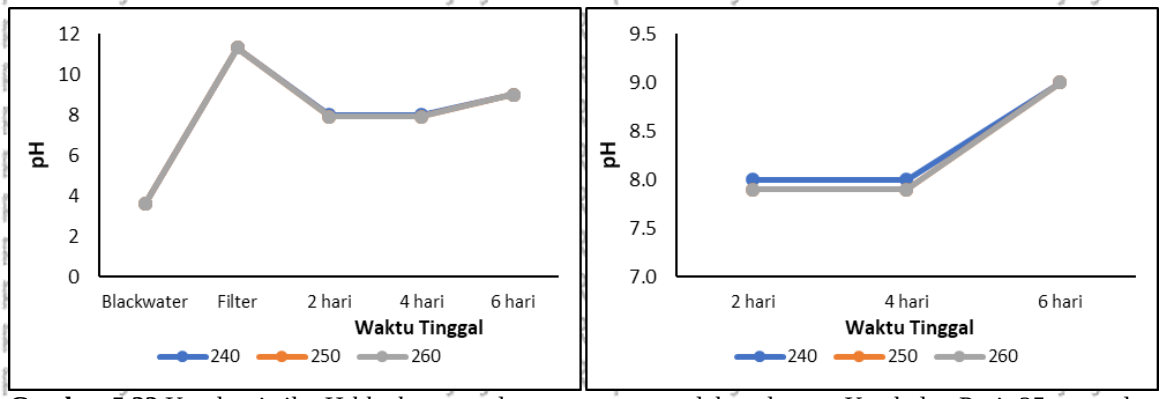
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.31 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.32 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.33 Karakteristik pH *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman *Cattail*

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.

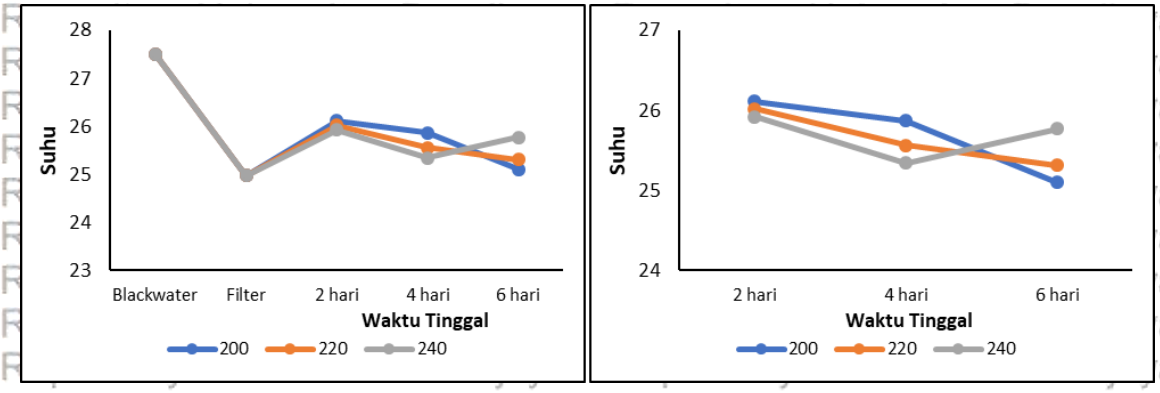
5.5.3 Suhu

Suhu adalah parameter yang digunakan untuk menujukkan 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 ± 3°C dari suhu lingkungan sekitar. Dari hasil pengamatan, semua perlakuan menunjukkan suhu yang normal yaitu pada kisaran 25 – 27°C dan tidak lebih dari deviasi ± 3°C dari suhu lingkungan sekitar tempat penelitian.

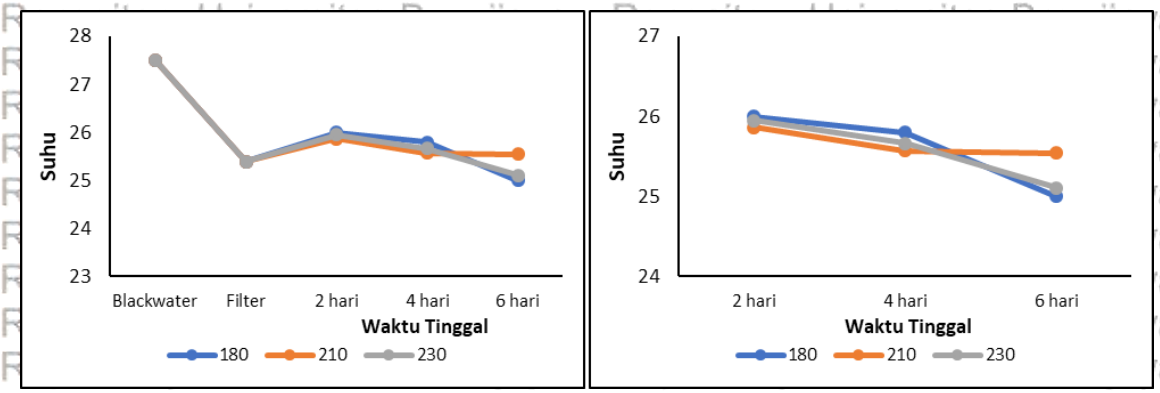
Tabel 5.8 Data hasil pengukuran suhu *blackwater* (Akar Wangi)

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	

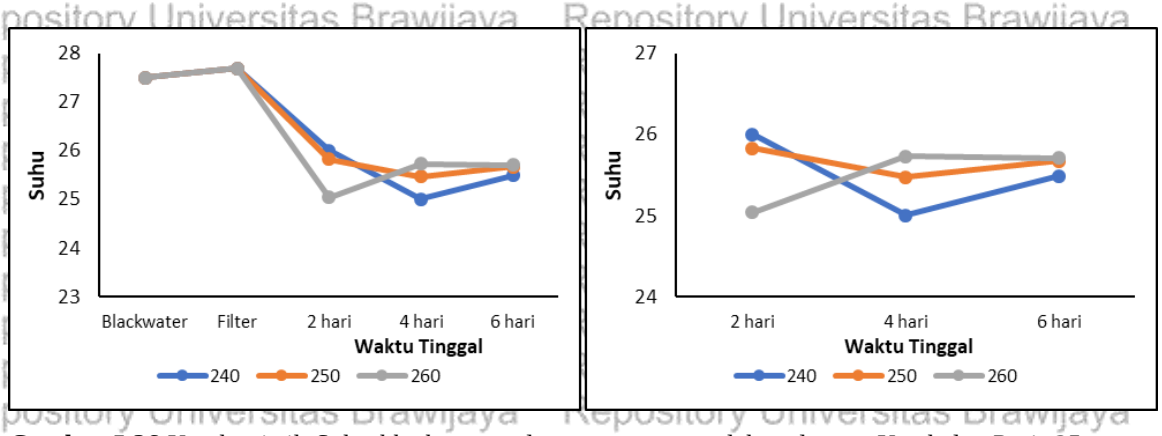
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.34 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.35 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.36 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman Akar Wangi

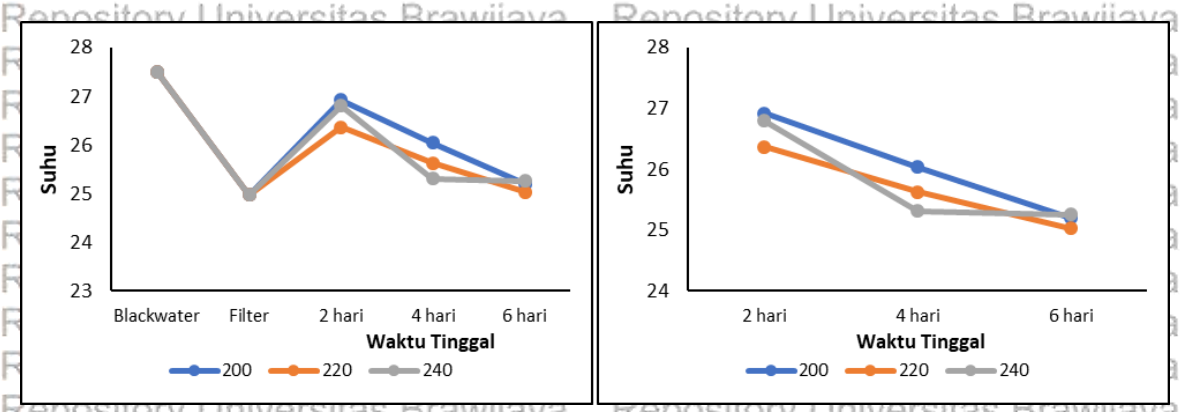
Pada gambar 5.13, terlihat bahwa suhu limbah blackwater berbeda-beda antar waktu tinggal. Hal tersebut merupakan hasil dari waktu pengukuran yang berbeda serta lokasi atau karakteristik lingkungan sekitar. Pengambilan sampel dilakukan pada saat pagi hari sampai pada siang hari, dimana pada waktu tersebut 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 kombinasiserta didiamkan dalam bak *wetland*, didapat kisaran suhu air output yaitu 25°C – 25.71^{o}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.

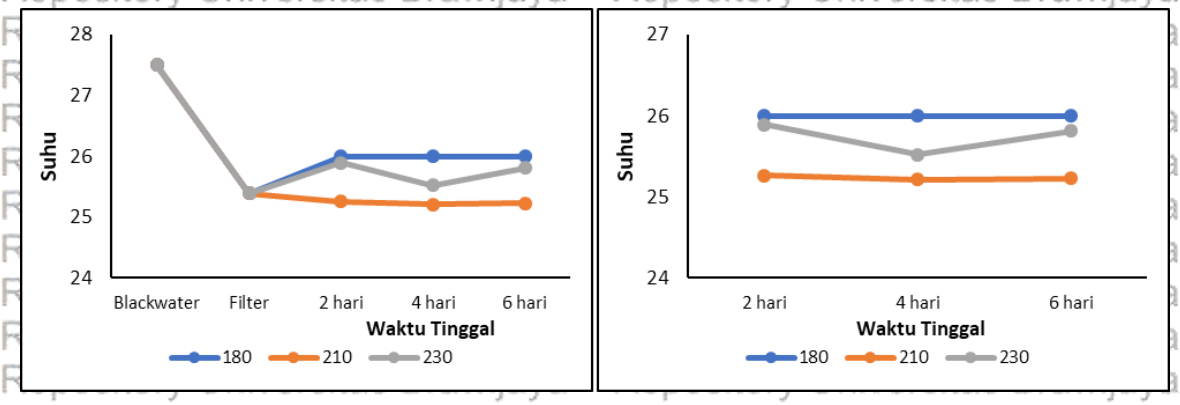
Tabel 5.9 Data hasil pengukuran suhu *blackwater* (*Cattail*)

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	

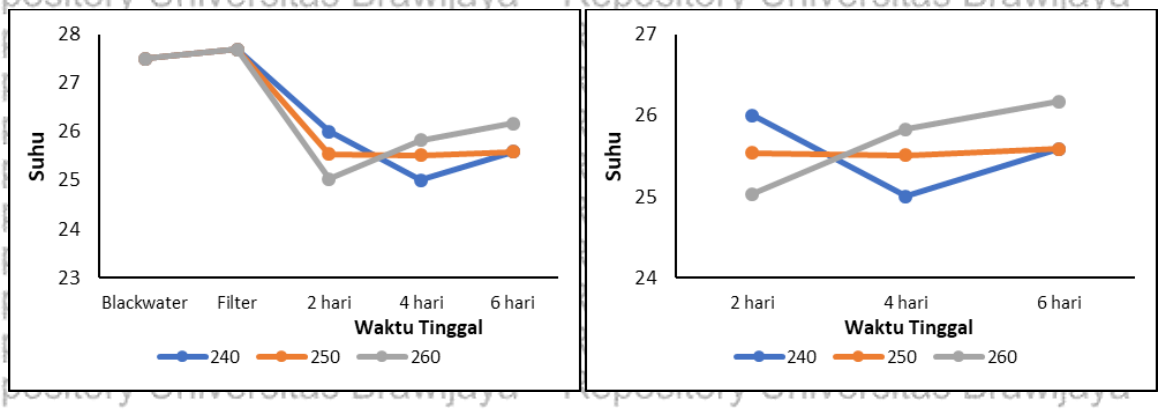
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.37 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.38 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.39 Karakteristik Suhu *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman *Cattail*

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 gambar5.16 diatas,dapat diketahui bahwa suhu*blackwater*selama waktu tinggal di *wetland* berada pada kisaran 25°C – 26.80^{o}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 terrendah dijumpai pada perlakuan ketebalan pasir 25 cm pada waktu tinggal 4 hari.

5.5.4 TSS (*Total Suspended Solid*)

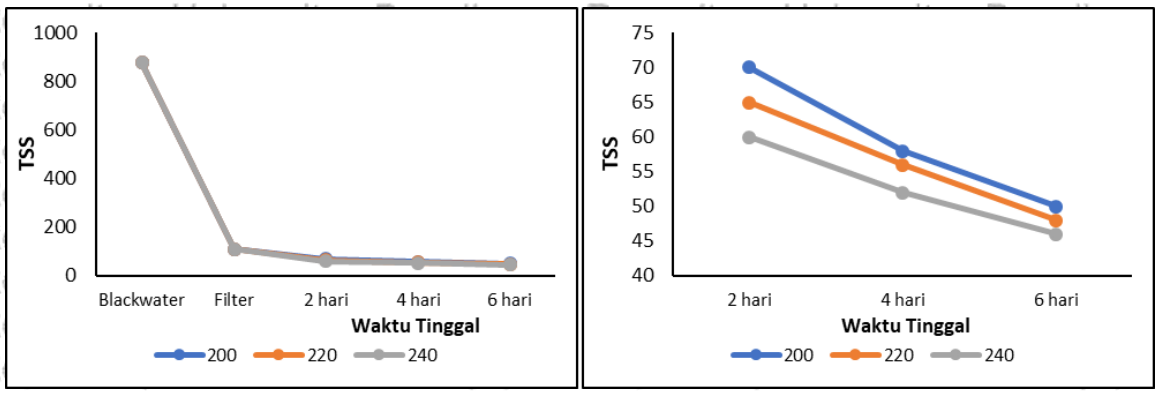
TSS merupakan parameter yang memberikan informasi tentang jumlah konsentrasi padatan yang tersuspensi per liter air (mg/L). Secara umum padatan tersuspensi sangat mudah dipisahkan dengan cara disaring ataupun diendapkan secara gravitasi. Ukuran padatan tersuspensi yaitu ≥ 0,045µm sehingga untuk memisahkan 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.

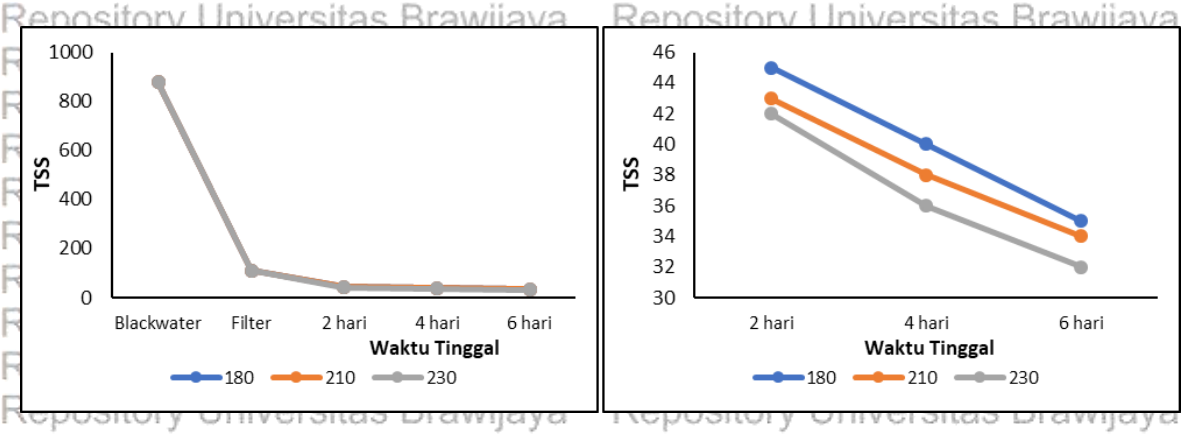
Tabel 5.10 Data hasil pengukuran TSS *blackwater* (Akar Wangi)

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	

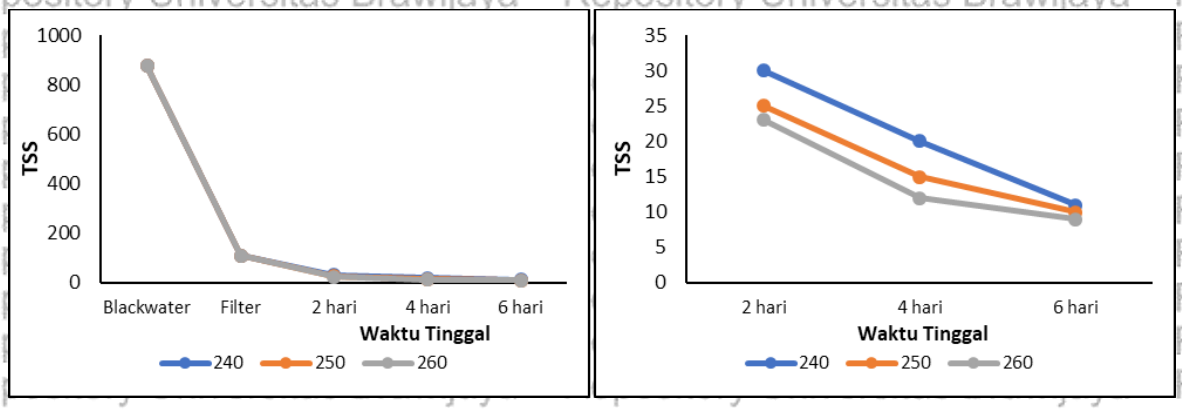
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.40 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.41 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.42 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman Akar Wangi

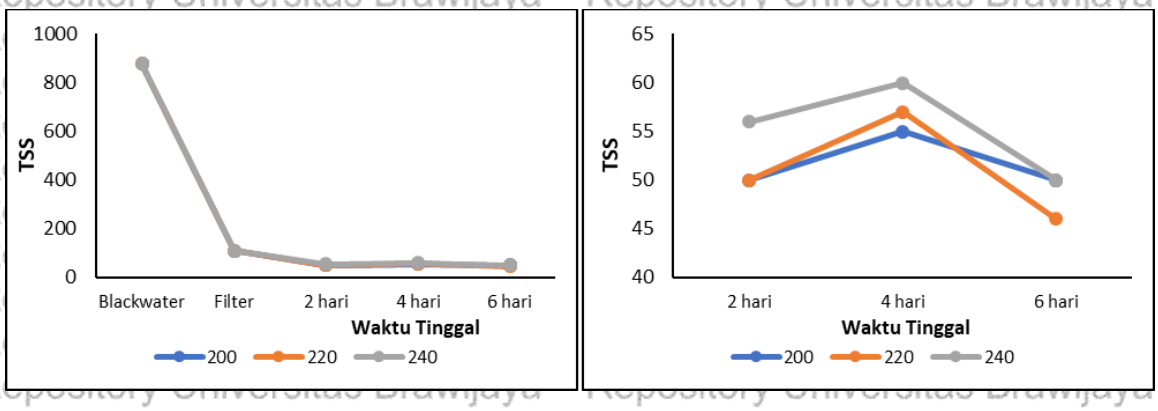
Hasil penelitian menunjukkan bahwa input*blackwater*memiliki kadar TDS rata-rata yaitu 877 mg/l kemudian mengalami penurunan drastis hingga berada pada kisaran 9 – 50 mg/l pada perlakuan akhir. Penurunan utamanya dijumpai setelah air limbah melalui proses filter bertingkat yang terdiri dari kerikil, 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 bahwakandungan 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).

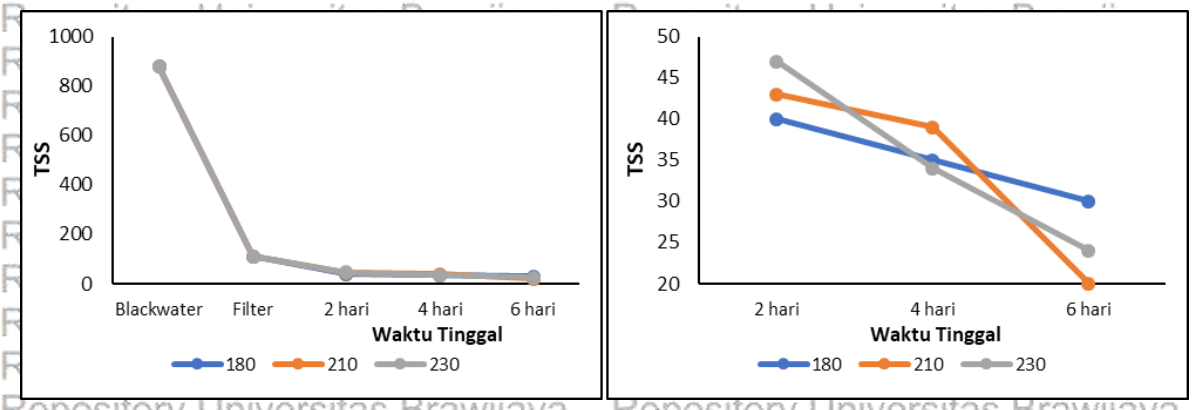
Tabel 5.11 Data hasil pengukuran TSS *blackwater* (*Cattail*)

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	

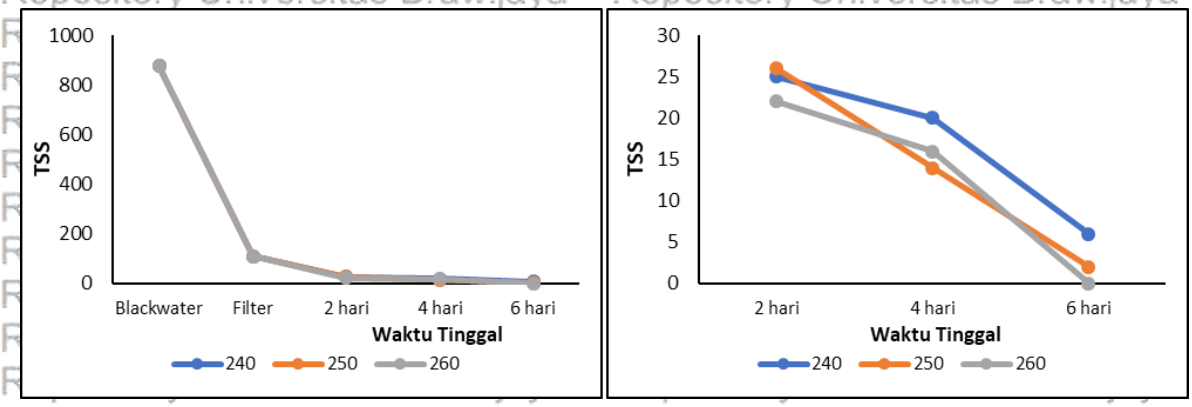
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.43 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.44 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.45 Karakteristik TSS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman *Cattail*

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 kadarTSS 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.

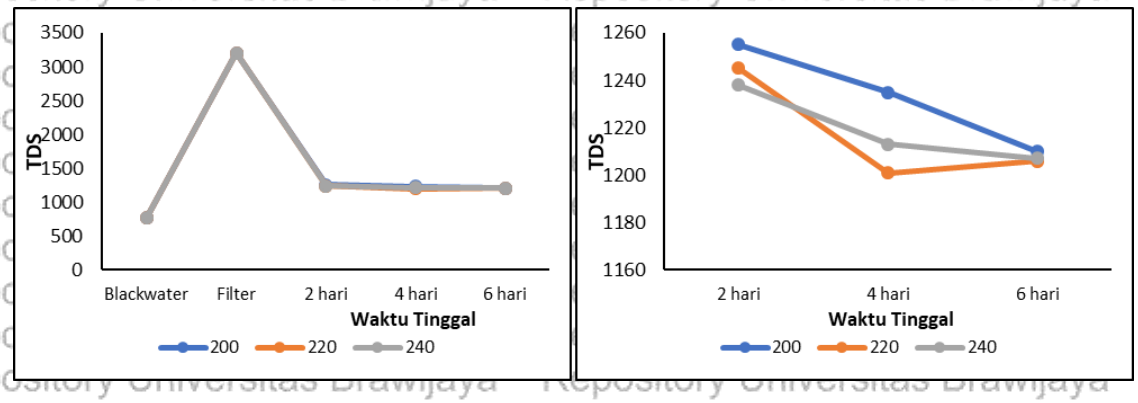
5.5.5 TDS (*Total Dissolved Solid*)

Padatan yang terlarut memiliki ukuran partikel ≤0,045µm 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, digunakanmaterial filter berupa arang batok kelapa untuk menyerap (adsorbsi 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.

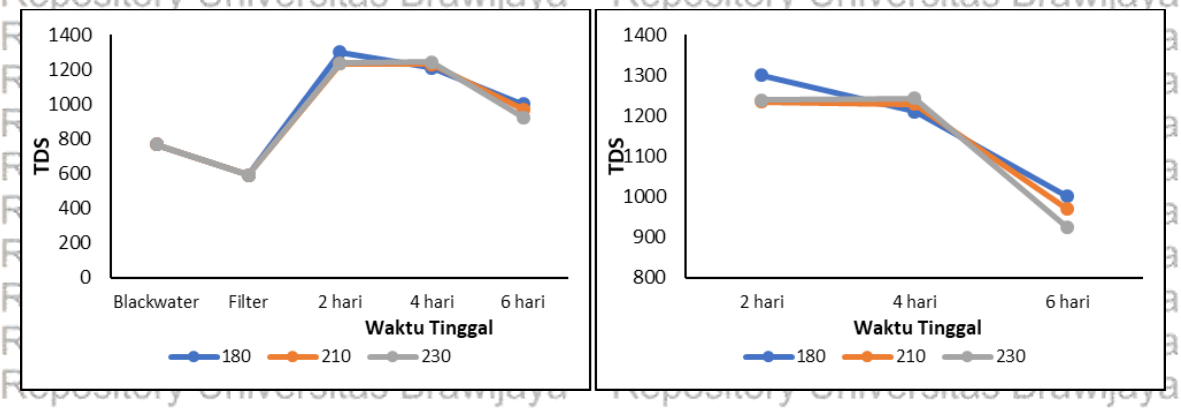
Tabel 5.12 Data hasil pengukuran TDS *blackwater* (Akar Wangi)

Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	TDS Awal	TDS Filter	TDS pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	766.67	3200	1255	1235	1210	2000
	220			1245	1201	1206	
	240			1238	1213	1207	
20	180	766.67	590	1300	1210	1000	
	210			1234	1229	969	
	230			1238	1243	923	
25	240	766.67	6620	900	800	734	
	250			814	722	766	
	260			898	749	790	

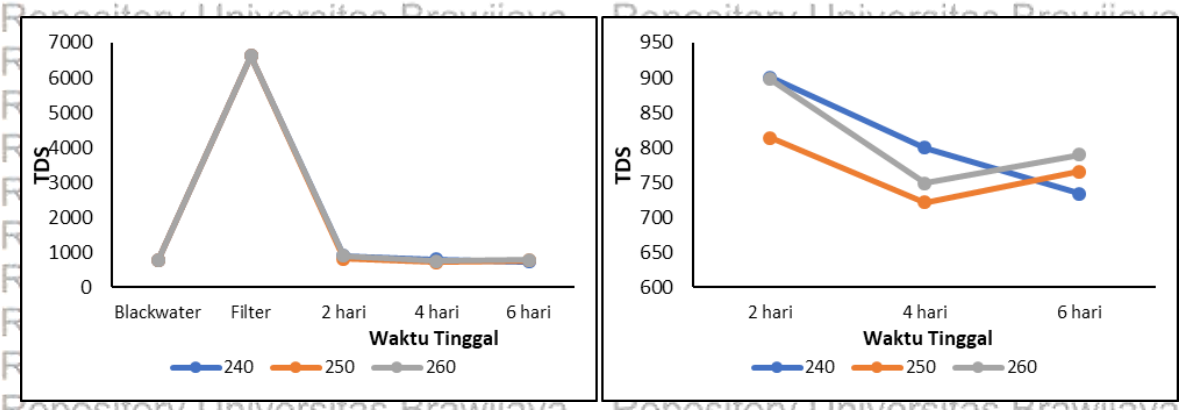
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.46 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.47 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman Akar Wangi



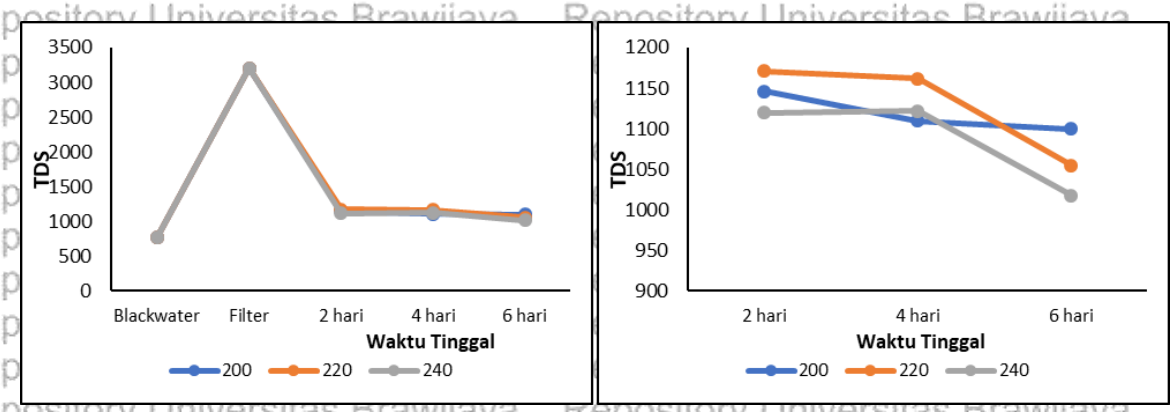
Gambar 5.48 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman Akar Wangi

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 akelas 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*):

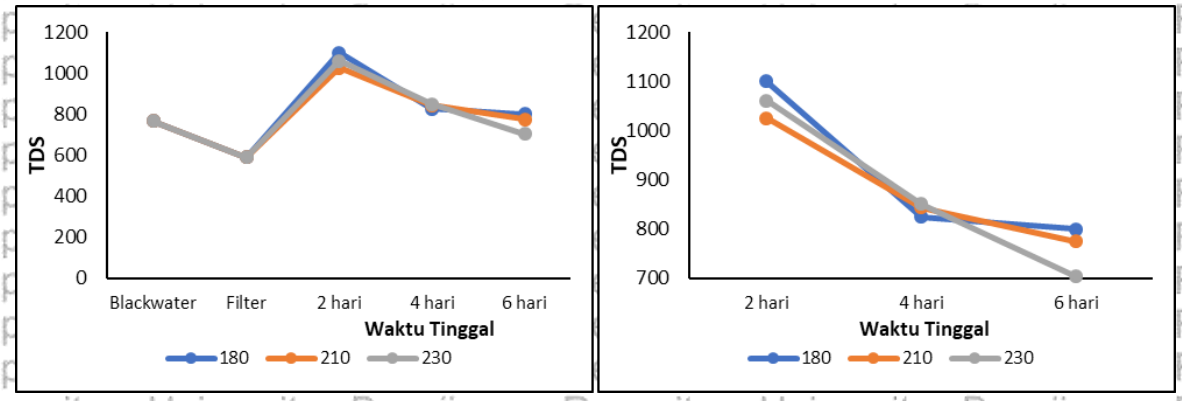
Tabel 5.13 Data hasil pengukuran TDS *blackwater* (*Cattail*)

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	

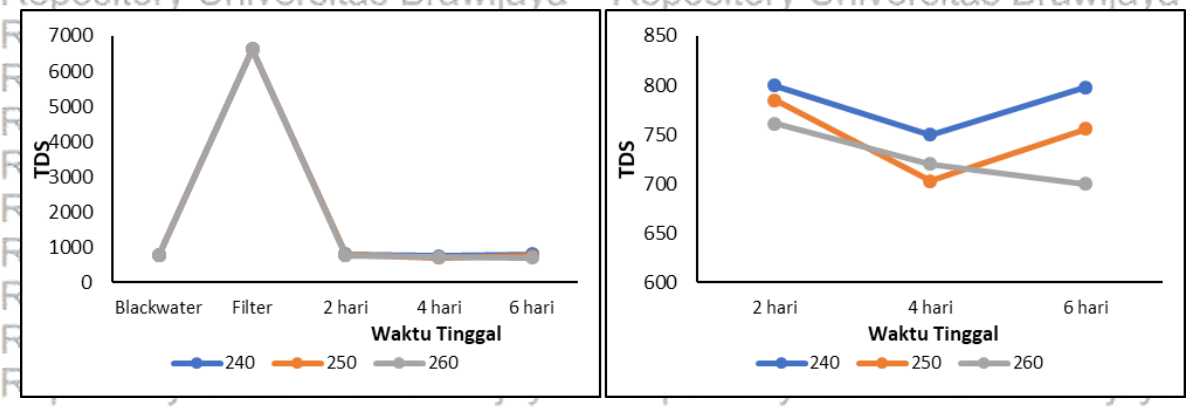
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.49 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.50 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.51 Karakteristik TDS *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman *Cattail*

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 *Catail* 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.

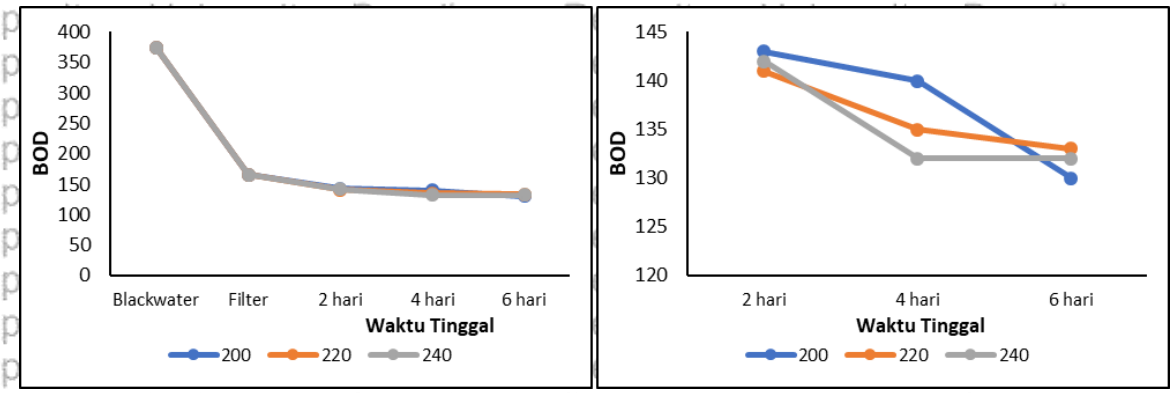
5.5.6 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD merupakan parameter yang menunjukkan kebutuhan oksigen tntuk 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 mutukadar BOD yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah 12 mg/L. Tabel 5.13 berikut menyajikan hasil pengukuran kadar BOD pada pengolahan dengan menggunakan tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*).

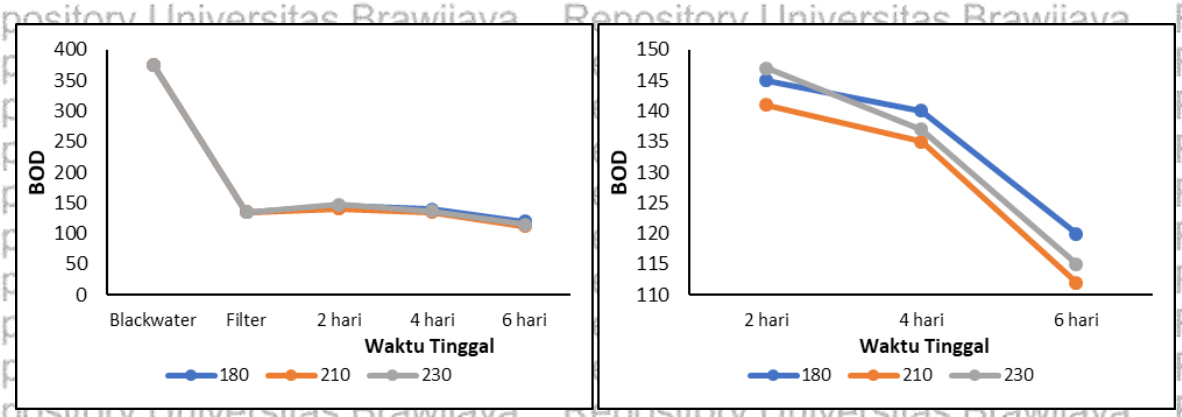
Tabel 5.14 Data hasil pengukuran BOD *blackwater* (Akar Wangi)

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	

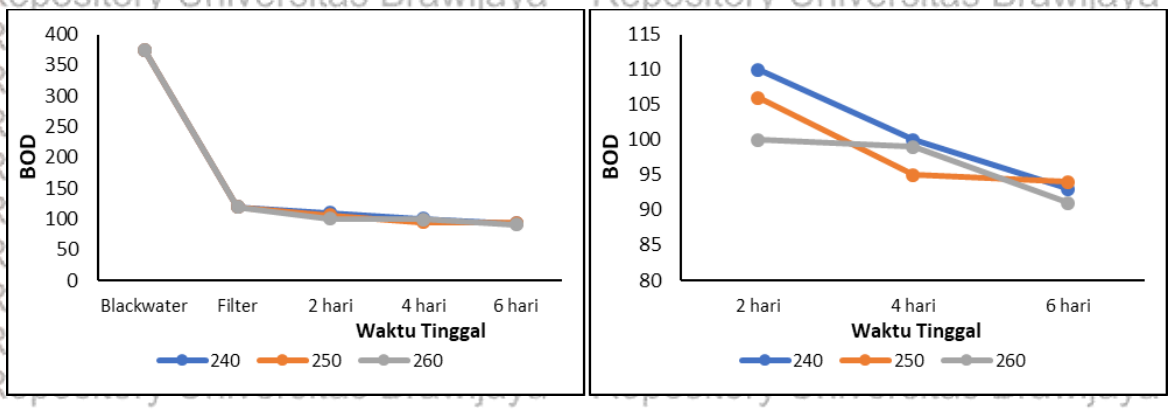
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.52 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.53 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.54 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman Akar Wangi

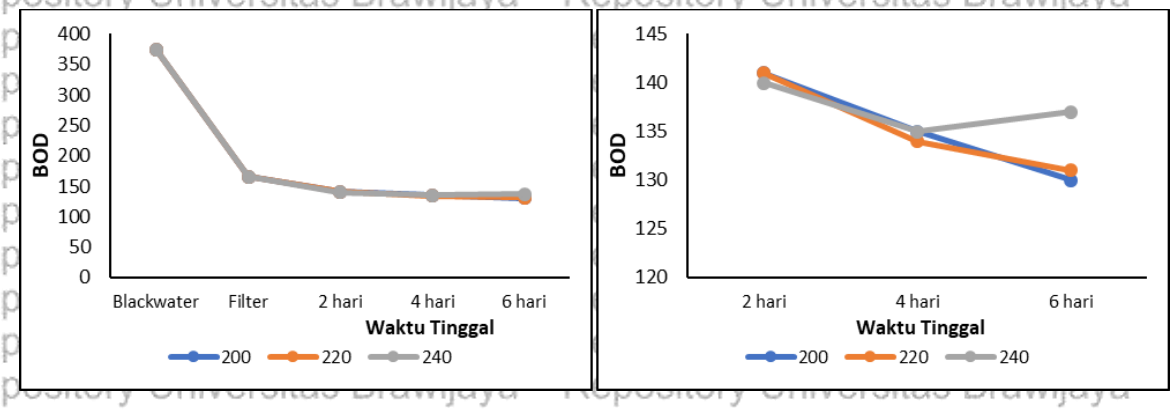
Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa kadar BOD pada air limbah yang dihasilkan dari semua perlakuan mengalami penurunan dari kondisi awal (*blackwater*). Proses perlakuan 3, yakni penyaringan dengan waktu tinggal limbah pada media penyaring selama 25 menit dan *wetland* selama 6 hari pada 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 proses pengolahan dengan menggunakan tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia*):

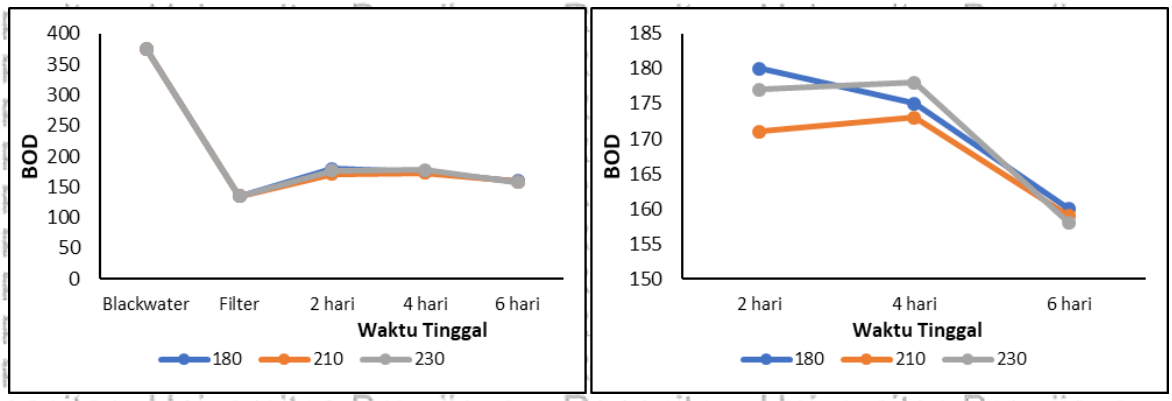
Tabel 5.15 Data hasil pengukuran BOD *blackwater* (*Cattail*)

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	
	210			171	173	159	
	230			177	178	158	
25	240	375	119	150	100	51	
	250			149	97	57	
	260			150	98	57	

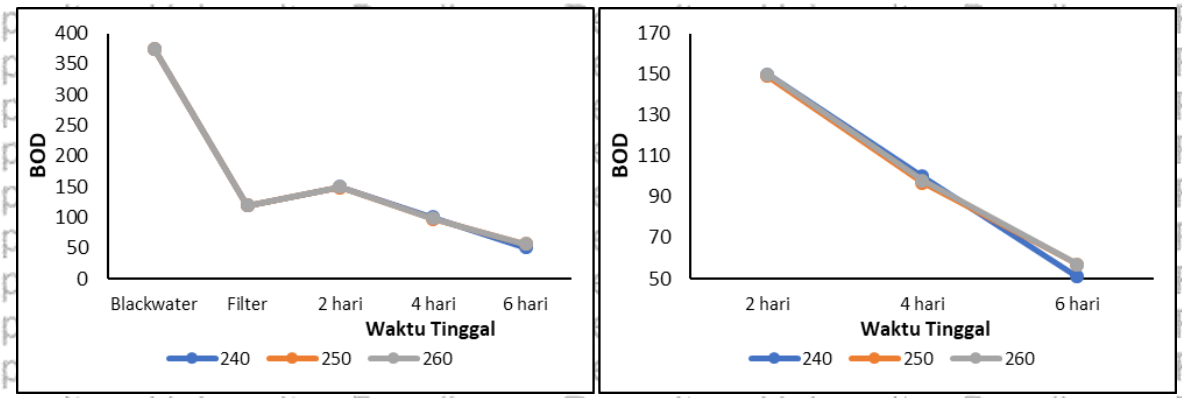
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.55 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.56 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.57 Karakteristik BOD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman *Cattail*

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.

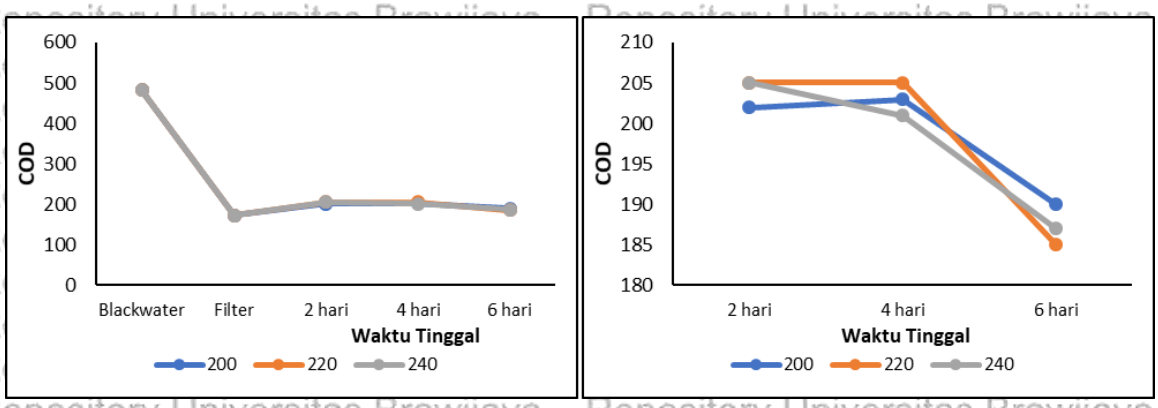
5.5.7 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

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:

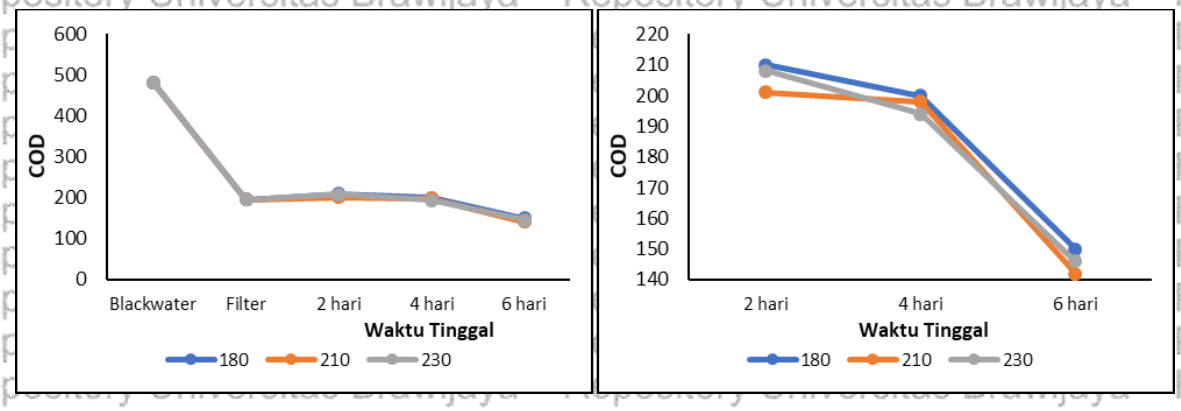
Tabel 5.16 Data hasil pengukuran COD *blackwater* (Akar Wangi)

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	
	210			201	198	142	
	230			208	194	146	
25	240	482	175	140	125	101	
	250			133	127	109	
	260			140	130	105	

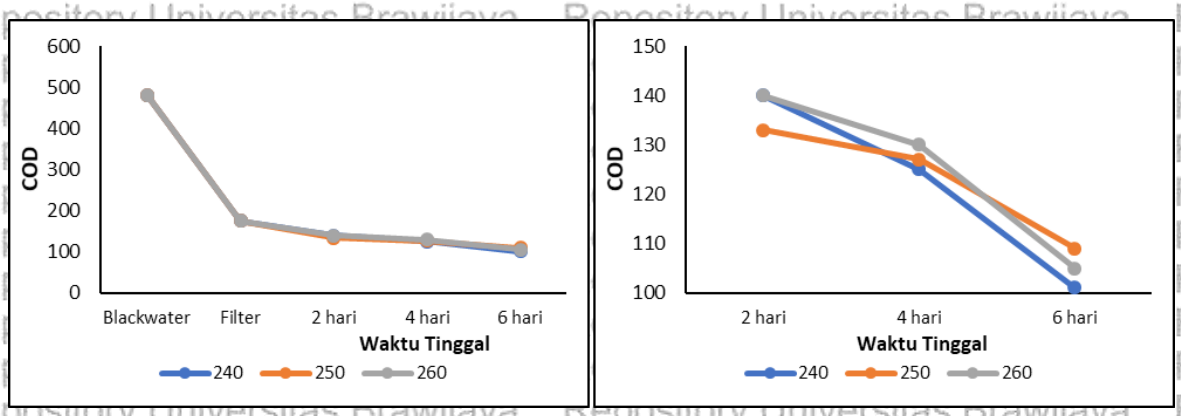
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5.58 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.59 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman Akar Wangi



Gambar 5.60 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman Akar Wangi

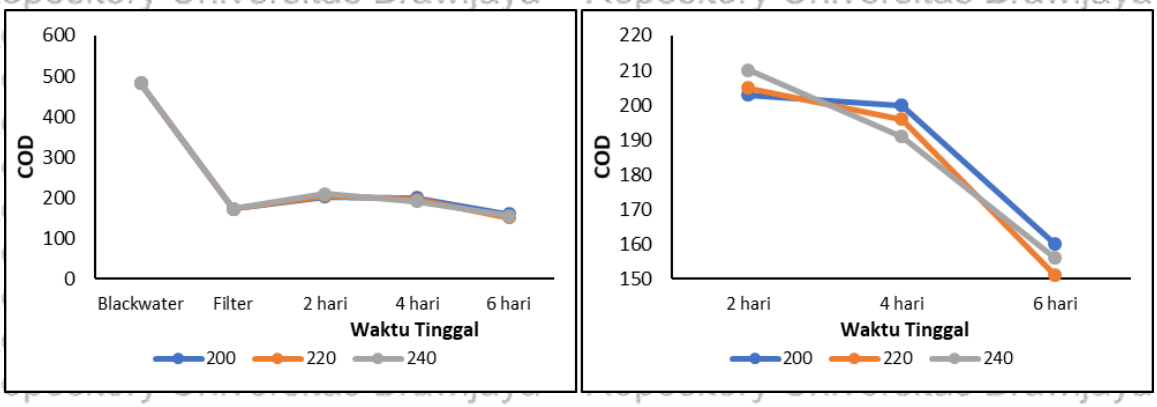
Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik diatas, terlihat bahwa kadar COD mengalami penurunan selama proses pengolahan. Perlakuan 3 dengan waktu tinggal limbah pada media penyaring selama 25 menit dan *wetland* selama 6 hari pada tanaman Akar Wangi menghasilkan nilai 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 5.17 Data hasil pengukuran COD *blackwater* (*Cattail*)

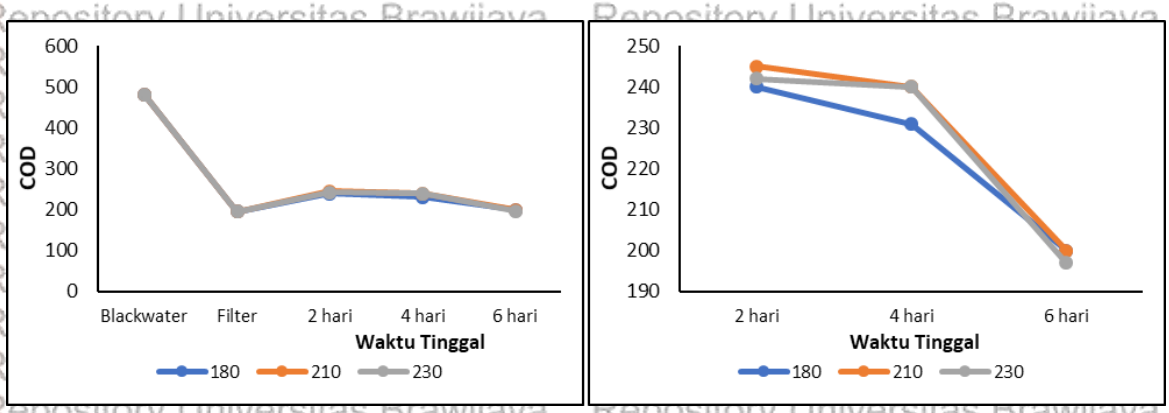
Ketebalan Pasir (cm)	Debit Air (liter/hari)	COD Awal	COD Filter	COD pada Waktu Tinggal			Standar
				2 hari	4 hari	6 hari	
15	200	482	173	203	200	160	100
	220			205	196	151	
	240			210	191	156	
20	180	482	195	240	231	200	
	210			245	240	200	
	230			242	240	197	
25	240	482	175	180	120	104	
	250			190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

Sumber: Hasil Penelitian

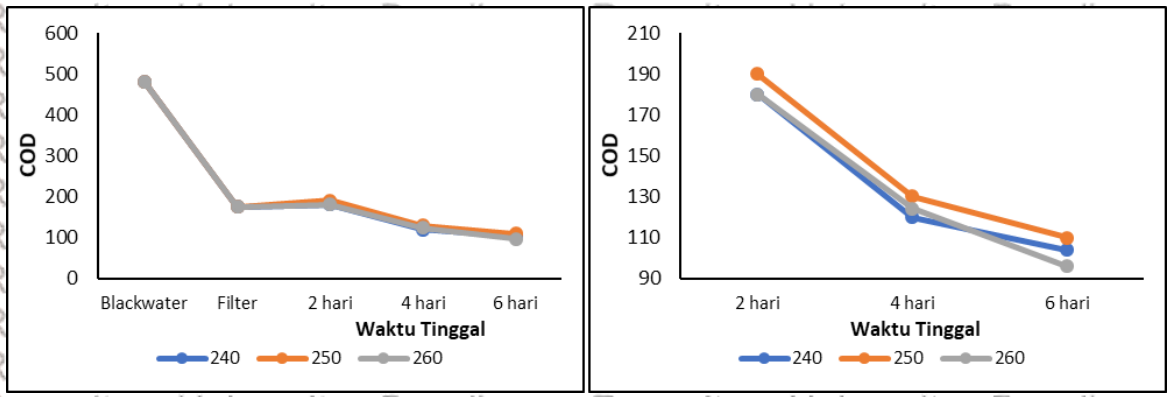
Selanjutnya, disajikan hasil pengamatan pada pengolahan air limbah menggunakan tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia*). Hasil ditunjukkan melalui tabel dan grafik berikut:



Gambar 5.61 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 15 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.62 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 20 cm pada Tanaman *Cattail*



Gambar 5.63 Karakteristik COD *blackwater* selama proses pengolahan dengan Ketebalan Pasir 25 cm pada Tanaman *Cattail*

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

penyaring 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.

5.6 Analisis Data Statistik

Pada bagian ini disajikan output analisis regresi menggunakan program SPSS. Analisis dilakukan dengan menguji pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter pH, suhu, TSS, TDS, BOD, dan COD.

5.6.1 pH (Potential of Hydrogen)

Tabel 5.18 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-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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 meningkat 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 sebesar -0,153 artinya bahwa setiap 1 hari waktu tinggal akan menurunkan kadar pH sebesar 0,153 satuan, sehingga semakin lama waktu tinggal maka kadar pH akan semakin turun.

Tabel 5.19 Ringkasan Hasil Analisis Regresi Parameter pH pada Tanaman *Cattail*

No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-0.003	0.428	pH = 9.001 – 0.003 X1 + e	2.5%
2	Ketebalan Pasir	X2	-0.016	0.444	pH = 8.696 – 0.016 X2 + e	2.4%
3	Waktu Tinggal	X3	-0.044	0.381	pH = 8.563 – 0.044 X3 + e	3.1%
4	Debit Air	X1	-0.002	0.847	pH = 9.184 – 0.002 X1 – 0.010 X2 – 0.044 X3 + 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-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.20 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.

5.6.2 Suhu

Tabel 5.20 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-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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 5.21 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-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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.

5.6.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

Tabel 5.22 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 = 144.946 – 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 positiftif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan (p-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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 5.23 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 positiftif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan (p-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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.

5.6.4 TDS (*Total Dissolved Solid*)

Tabel 5.24 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 = 2443.834 – 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 positiftif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan (p-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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 5.25 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 X1 – 36.212 X2 – 35.111 X3 + e	85.8%
	Ketebalan Pasir	X2	-36.212	0.000		
	Waktu Tinggal	X3	-35.111	0.000		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter TDS menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positiftif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan (p-value > 0,05).

Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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.

5.6.5 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Tabel 5.26 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 positiftif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan (p-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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 5.27 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 = 369.589 – 0.749 X1 – 1.253 X2 – 9.975 X3 + e	53.7%
	Ketebalan Pasir	X2	-1.253	0.402		
	Waktu Tinggal	X3	-9.972	0.004		

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil analisis regresi terkait pengaruh antara debit air, ketebalan pasir, dan waktu tinggal terhadap parameter BOD menunjukkan koefisien regresi yang bertanda positiftif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan (p-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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.

5.6.6 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Tabel 5.28 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 positiftif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan (p-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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 5.29 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 X1 – 2.047 X2 – 14.472 X3 + e	66.6%
	Ketebalan Pasir	X2	-2.047	0.195		
	Waktu Tinggal	X3	-14.472	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 positiftif dengan nilai signifikansi yang lebih dari taraf nyata atau tidak signifikan (p-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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.

5.7 Hasil Analisis Faktor

Analisis faktor merupakan alat uji untuk mereduksi beberapa variabel asal menjadi faktor dengan jumlah lebih sedikit dari jumlah variabel asal. Parameter yang diamati yaitu pH, suhu, TSS, TDS, BOD, dan COD. 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 5.30 Ringkasan Hasil Analisis Faktor

	Syarat Uji	**Tanaman**	
		Akar Wangi	***Cattail***
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.

5.8 Hasil Analisis Regresi terhadap Kualitas Air

Tabel 5.31 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-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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 5.32 Ringkasan Hasil Analisis Regresi antara Debit Air, Ketebalan Pasir dan Waktu Tinggal dengan Parameter Kualitas Air pada Tanaman *Cattail*

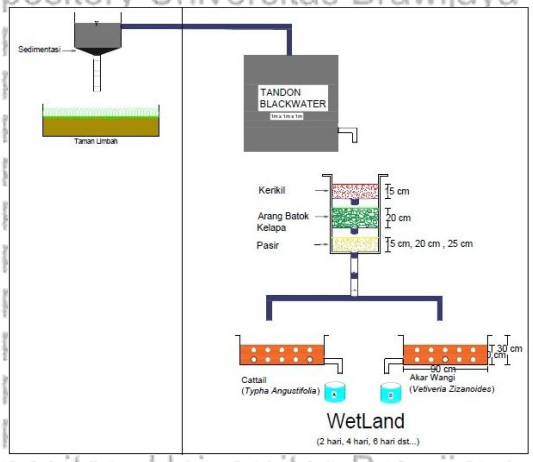
No.	Variabel	Simbol	Koef.	Sig.	Persamaan	R Square
1	Debit Air	X1	-0.025	0.001	K.Air = 5.602 – 0.025 X1 + e	37.2%
2	Ketebalan Pasir	X2	-0.185	0.000	K.Air = 3.691 – 0.185 X2 + e	59.0%
3	Waktu Tinggal	X3	-0.310	0.006	K.Air = 1.242 – 0.310 X3 + e	26.7%
4	Debit Air	X1	-0.012	0.000	K.Air = 1.359 – 0.012 X1 – 0.148	92.1%
	Ketebalan Pasir	X2	-0.148	0.000	X2 – 0.310 X3 + e	
	Waktu Tinggal	X3	-0.310	0.000		

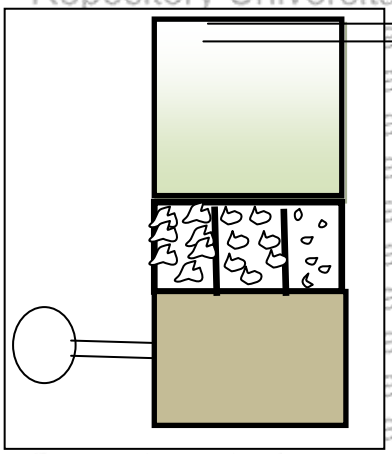
Sumber: Hasil Penelitian

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-value > 0,05). Persamaan regresi nomor 4 pada Tabel 5.18 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.

5.9 Kemampuan Model Fisik dalam Menurunkan Parameter Limbah

Kebaruan penelitian antara lain yaitu model fisik pengolahan limbah dengan metode gabungan filter bertingkat dan *wetland* yang dijelaskan melalui gambar berikut:





Gambar 5.64 Model fisik *blackwater* Gambar aktual di lapangan

Selain itu, kebaruan lain diperoleh melalui persamaan regresi yang didapatkan dari pengolahan data perlakuan ketebalan pasir, waktu *wetland*, dan kualitas air secara keseluruhan. persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Tanaman Akar Wangi $= 6.585 - 0.010\ X_1 - 0.164\ X_2 - 0.281\ X_3 + e$

b. Tanaman *Cattail* $= 6.927 - 0.012\ X_1 - 0.148\ X_2 - 0.310\ X_3 + e$

Keterangan: X_1 = Debit Air; X_2 = Ketebalan Pasir; X_3 = Waktu Tinggal

Pada pengolahan dengan tanaman Akar Wangi, dapat diketahui bahwa setiap 1 cm ketebalan pasir yang digunakan sebagai filter akan berpotensi menurunkan parameter air limbah blackwater sebesar 0,164 tiap satuan, sedangkan setiap 1 hari waktu tinggal yang diterapkan akan menurunkan parameter air limbah sebesar 0,281 tiap satuan. Selain itu, pada tanaman Cattail, setiap 1 cm ketebalan filter pasir akan berpotensi menurunkan parameter air limbah sebesar 0,148 tiap satuan, sedangkan waktu *wetland* akan berpotensi menurunkan air limbah sebesar 0,310 tiap satuan. Perhitungan debit maksimum sebagai berikut:

a. Q maks (Akar Wangi) = -0,00008937 / (2*0,029) = 162,25 l/hr

b. Q maks (*Cattail*) = -0,00011600 / (2*0,038) = 163,79 l/hr

sehingga debit maksimum pada tanaman Akar Wangi diperoleh sebesar 162,25 liter per hari, sedangkan pada tanaman *Cattail* diperoleh sebesar 163,79 liter per hari.

5.10 Perbandingan Model Fisik dengan Desain IPAL Komunal Tlogomas

Ukuran Model = 30 cm x 30 cm x 90 cm = 0.3 m x 0.3 m x 0.9 m = 0.081 m^3	Ukuran Lapang = 370 cm x 340 cm x 170 cm = 3.7 m x 3.4 m x 1.7 m = 21.386 m^3
Perbandingan Ukuran Model : Ukuran Lapangan = 0.081 m^3 : 21.386 m^3 = 1 : 264	
Debit Hulu Maksimum Model = 162 liter / hari Debit Hulu Maksimum *prototype* = 162 x 264 = 42,768 liter / hari = 42.768 m^3/hari = 4.95 x 10^{-4} m^3/det = 0.000495 m^3/det	Konsumsi Air Data Lapang: Konsumsi air 1 orang = 25 liter / hari Jumlah orang setiap KK = 10 orang Konsumsi air 1 KK = 10 x 25 = 250 liter/hr Jumlah KK = 120 Konsumi air penduduk = 120 x 250 = 30.000 liter / hari = 30 m^3/hr = 3.47 x 10 -4 m^3/det = 0.000347 m^3/det

Sumber: Hasil Penelitian

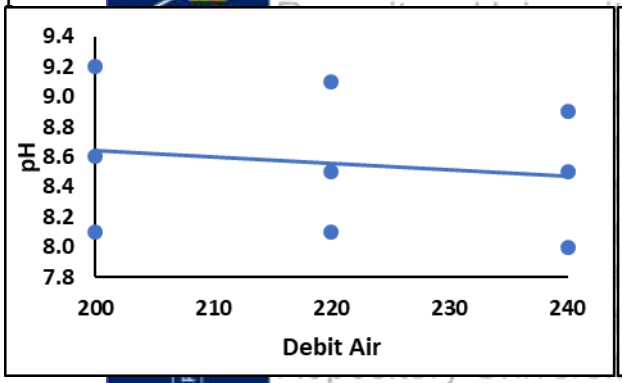
Skala model fisik dibuat karena menyesuaikan kondisi tempat penelitian yang ada dengan skala 1 : 264. Debit model dengan skala jika dijadikan prototype maka akan dikalikan dengan skala yaitu debit model 162 l/hr X 264 = 42.768 l/hr, sedangkan kondisi lapangan dengan penduduk 120 KK dan setiap KK ada 10 anggota keluarga maka limbah yang terbuang ada 30.000 l/hr sehingga jika debit model dibawa ke prototype maka masih ada sisa tempat limbah 12,768 l/hr.

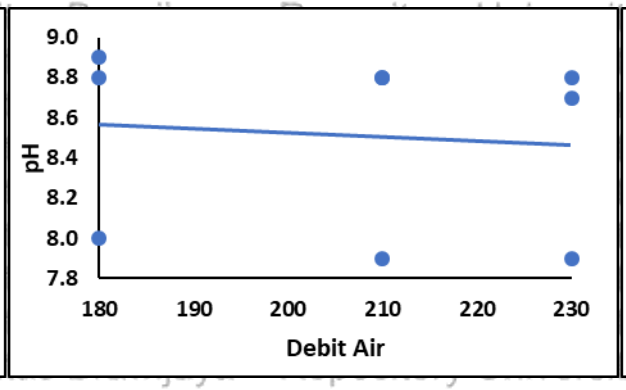
5.11. Grafik Linier Tanaman Akar Wangi

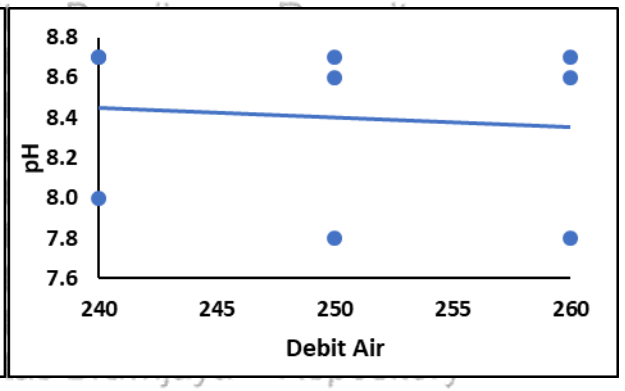
Debit Air	Ketebalan Pasir	Waktu Tinggal	Akar Wangi					
			pH	Suhu	TSS	TDS	BOD	COD
200	15	2	9.2	26.1	70	1255	143	202
220	15	2	9.1	26.0	65	1245	141	205
240	15	2	8.9	25.9	60	1238	142	205
200	15	4	8.6	25.9	58	1235	140	203
220	15	4	8.5	25.6	56	1201	135	205
240	15	4	8.5	25.3	52	1213	132	201
200	15	6	8.1	25.1	50	1210	130	190
220	15	6	8.1	25.3	48	1206	133	185
240	15	6	8.0	25.8	46	1207	132	187
180	20	2	8.9	26.0	45	1300	145	210
210	20	2	8.8	25.9	43	1234	141	201
230	20	2	8.8	26.0	42	1238	147	208
180	20	4	8.8	25.8	40	1210	140	200
210	20	4	8.8	25.6	38	1229	135	198
230	20	4	8.7	25.7	36	1243	137	194
180	20	6	8.0	25.0	35	1000	120	150
210	20	6	7.9	25.5	34	969	112	142
230	20	6	7.9	25.1	32	923	115	146
240	25	2	8.7	26.0	30	900	110	140
250	25	2	8.6	25.8	25	814	106	133
260	25	2	8.6	25.0	23	898	100	140
240	25	4	8.0	25.0	20	800	100	125
250	25	4	7.8	25.5	15	722	95	127
260	25	4	7.8	25.7	12	749	99	130
240	25	6	8.7	25.5	11	734	93	101
250	25	6	8.7	25.7	10	766	94	109
260	25	6	8.7	25.7	9	790	91	105

Repository Universitas Brawijaya

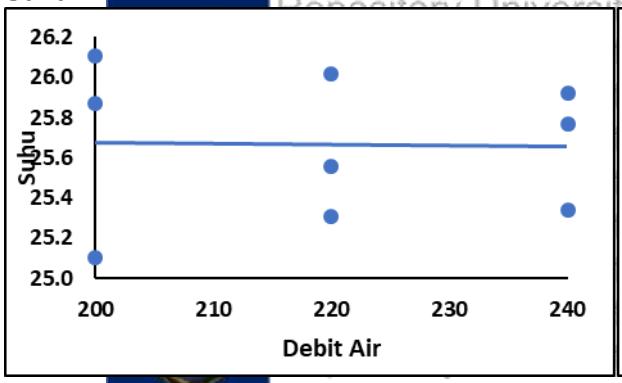
pH

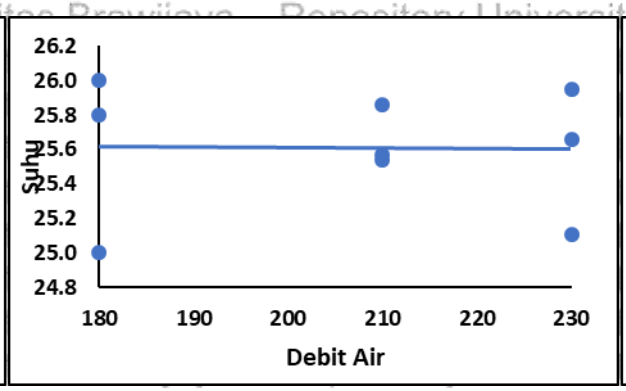


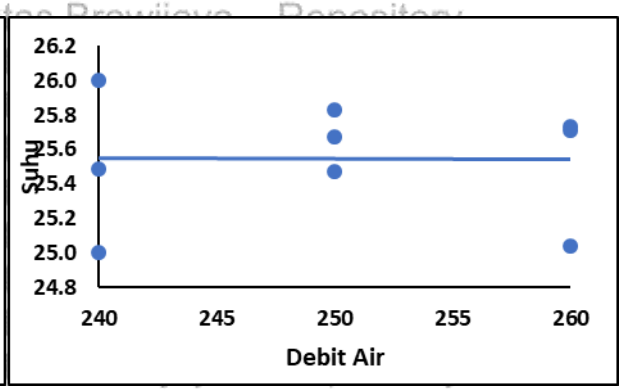




Suhu

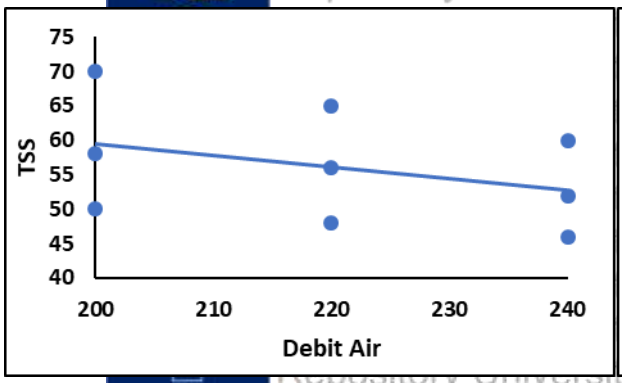


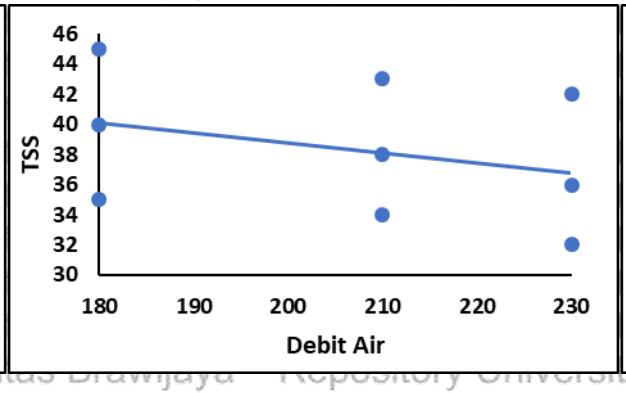


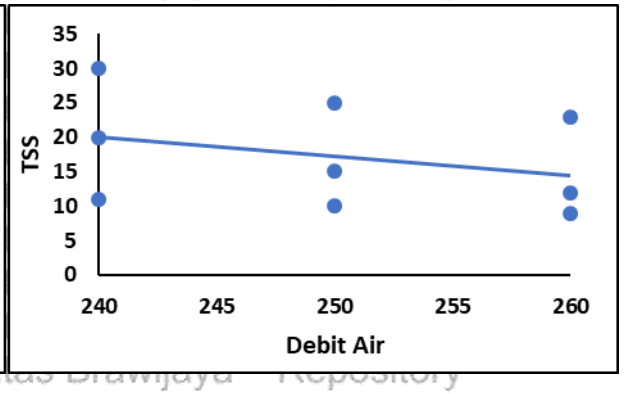


Repository Universitas Brawijaya Repository

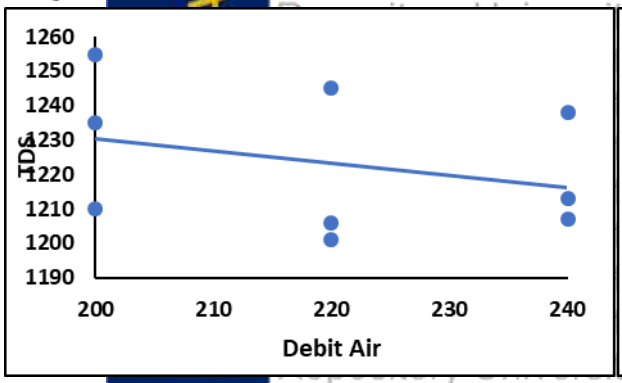
TSS

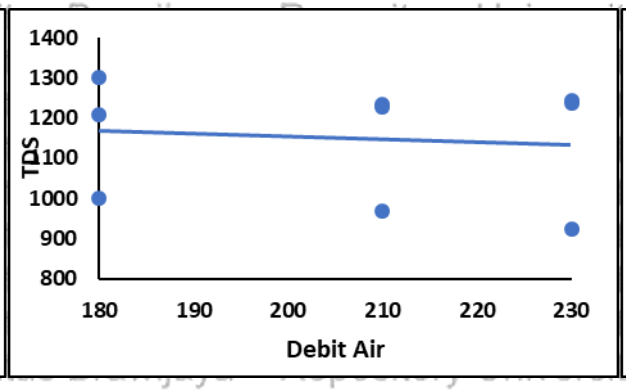


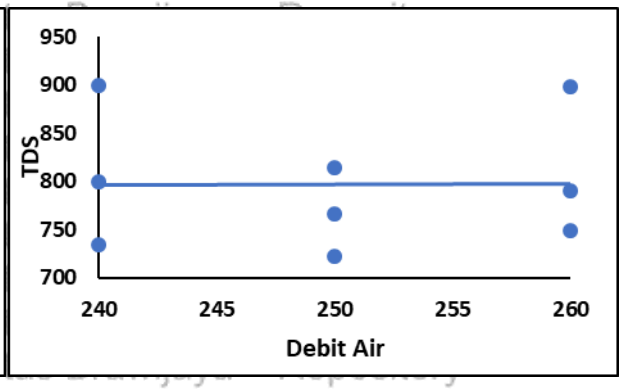




TDS

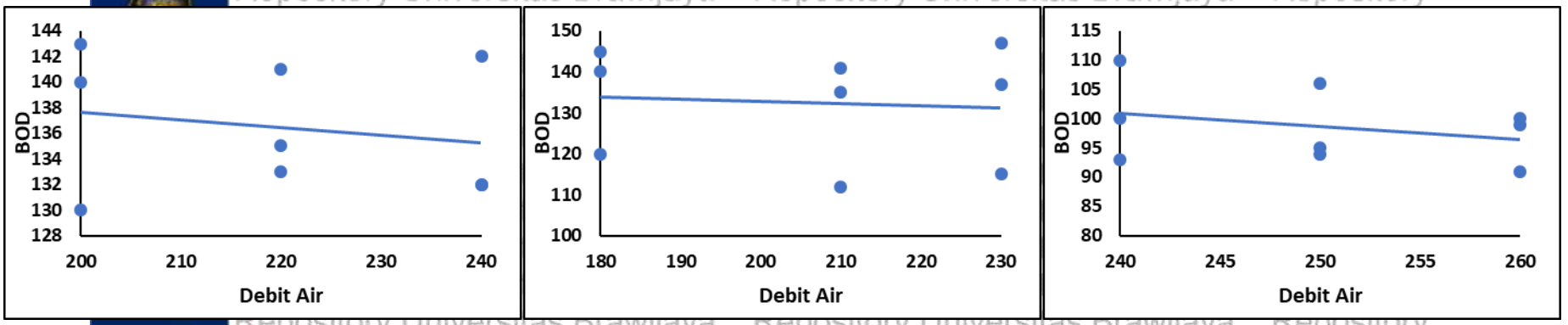




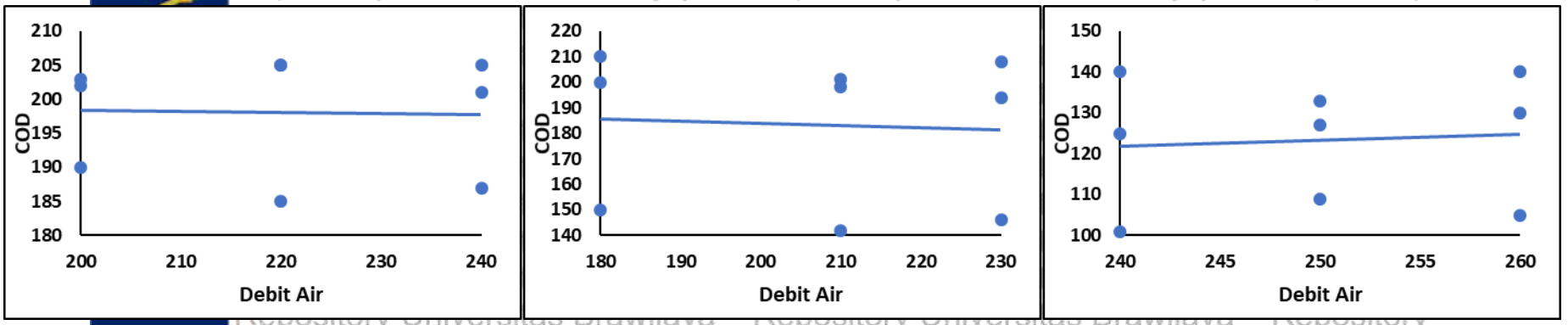


Repository Universitas Brawijaya
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID

BOD



COD



Keterangan: (a) Ketebalan Pasir 15 cm, (b) Ketebalan Pasir 20 cm, (c) Ketebalan Pasir 25 cm

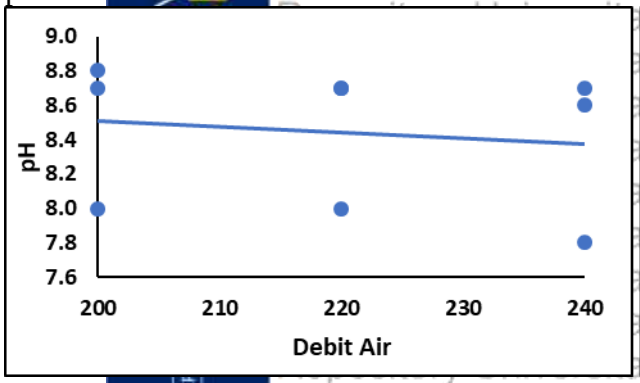
Repository Universitas Brawijaya
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID

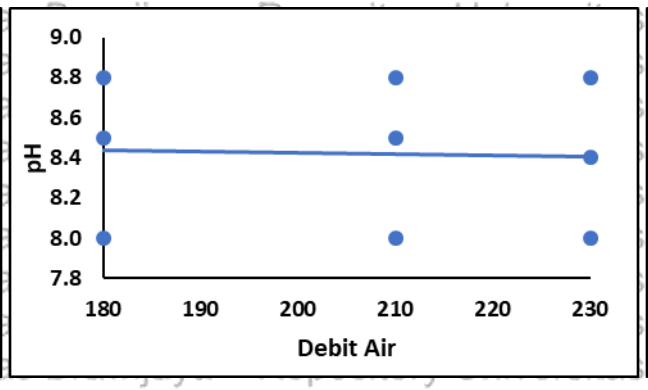
Grafik Linier Tanaman Cattail

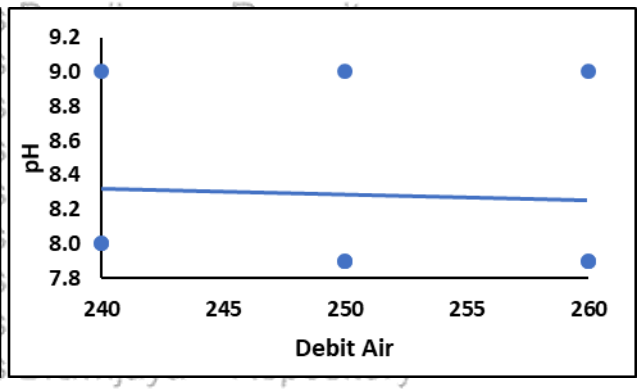
Debit Air	Ketebalan Pasir	Waktu Tinggal	Akar Wangi					
			pH	Suhu	TSS	TDS	BOD	COD
200	15	2	8.8	26.9	50	1146	141	203
220	15	2	8.7	26.4	50	1171	141	205
240	15	2	8.7	26.8	56	1120	140	210
200	15	4	8.7	26.0	55	1110	135	200
220	15	4	8.7	25.6	57	1162	134	196
240	15	4	8.6	25.3	60	1122	135	191
200	15	6	8.0	25.2	50	1100	130	160
220	15	6	8.0	25.0	46	1055	131	151
240	15	6	7.8	25.3	50	1018	137	156
180	20	2	8.8	26.0	40	1100	180	240
210	20	2	8.8	25.3	43	1025	171	245
230	20	2	8.8	25.9	47	1061	177	242
180	20	4	8.5	26.0	35	825	175	231
210	20	4	8.5	25.2	39	844	173	240
230	20	4	8.4	25.5	34	850	178	240
180	20	6	8.0	26.0	30	800	160	200
210	20	6	8.0	25.2	20	775	159	200
230	20	6	8.0	25.8	24	703	158	197
240	25	2	8.0	26.0	25	800	150	180
250	25	2	7.9	25.5	26	785	149	190
260	25	2	7.9	25.0	22	761	150	180
240	25	4	8.0	25.0	20	750	100	120
250	25	4	7.9	25.5	14	703	97	130
260	25	4	7.9	25.8	16	720	98	124
240	25	6	9.0	25.6	6	798	51	104
250	25	6	9.0	25.6	2	756	57	110
260	25	6	9.0	26.2	0	700	57	96

Repository Universitas Brawijaya
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID

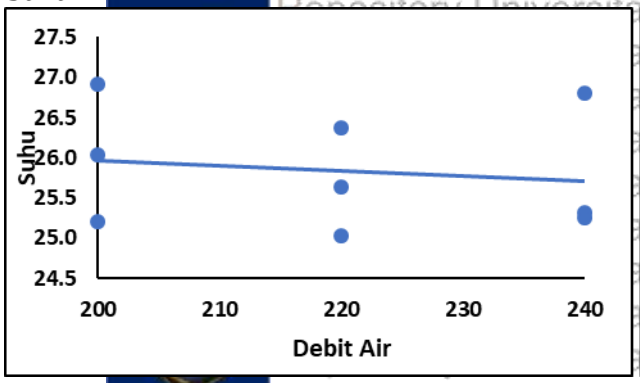
pH

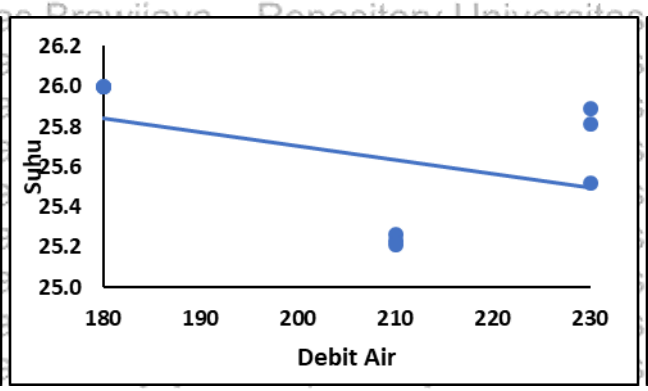


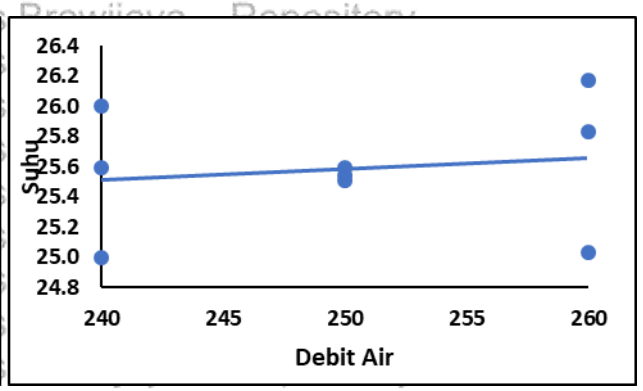




Suhu

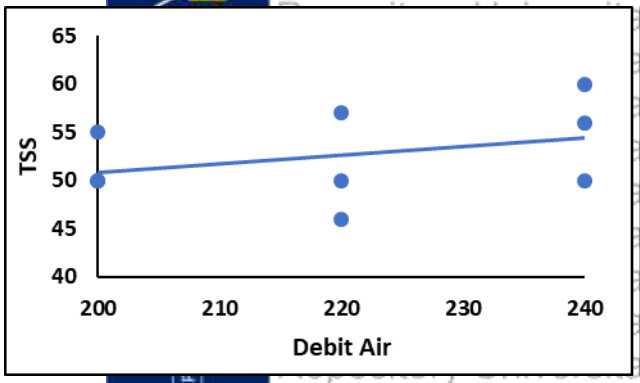


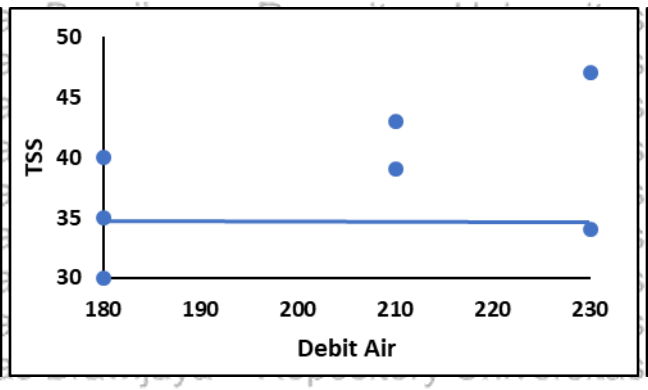


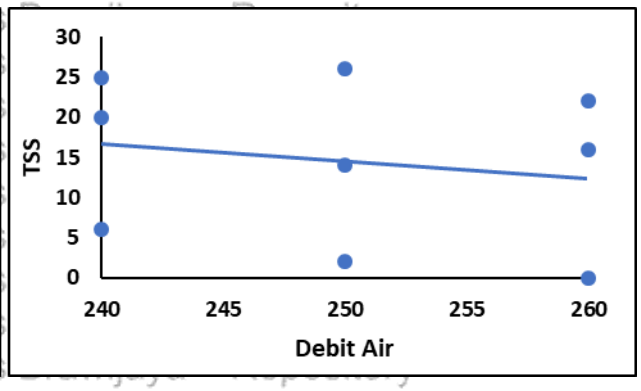


Repository Universitas Brawijaya Repository

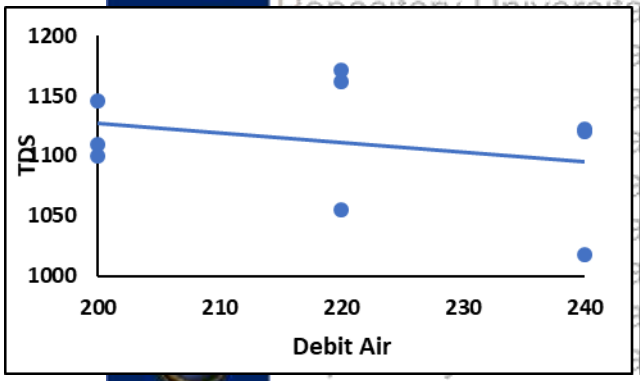
TSS

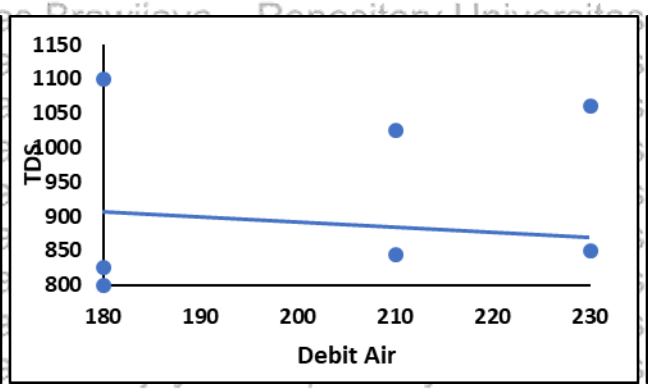


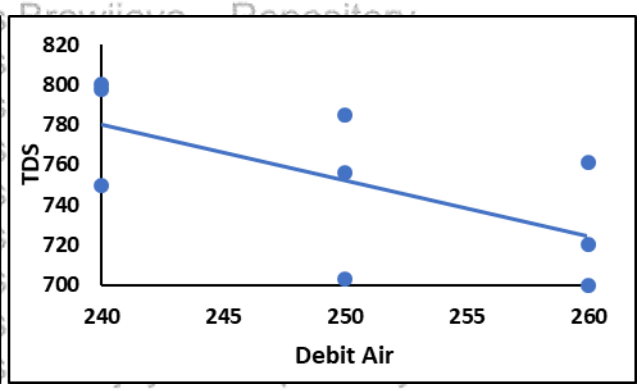




TDS

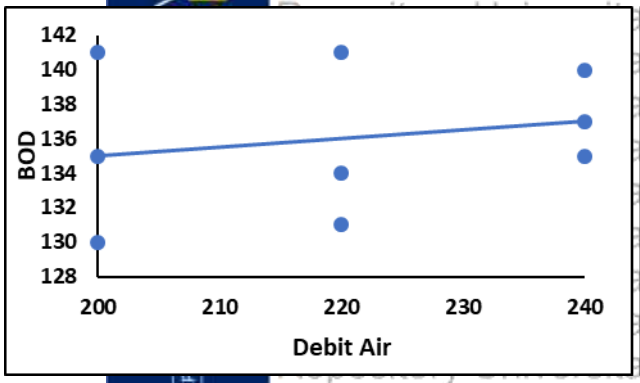


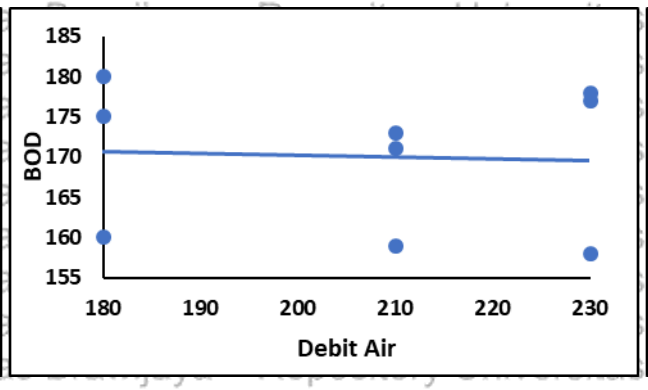


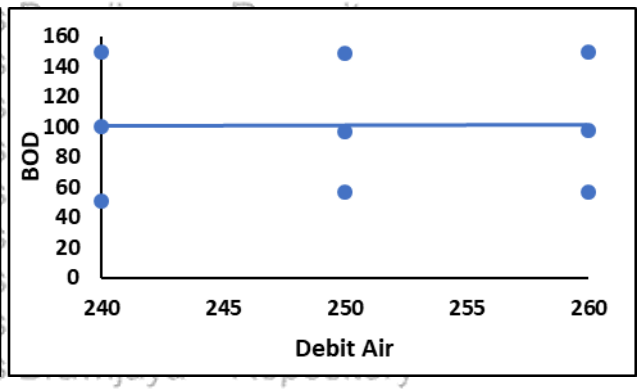


Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID

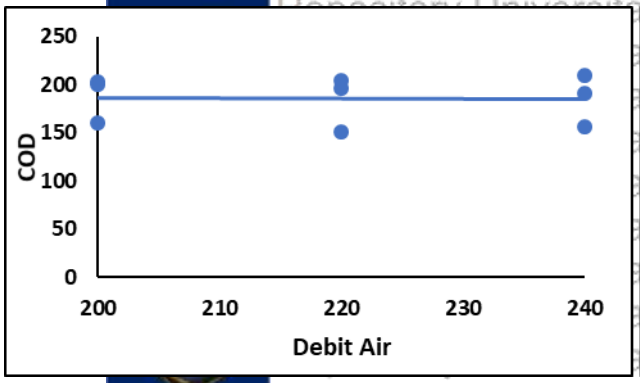
BOD

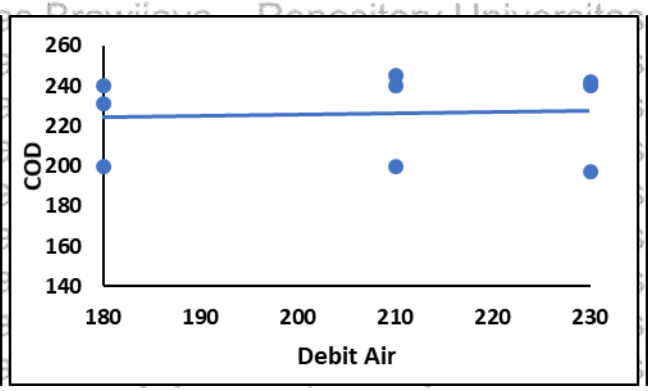


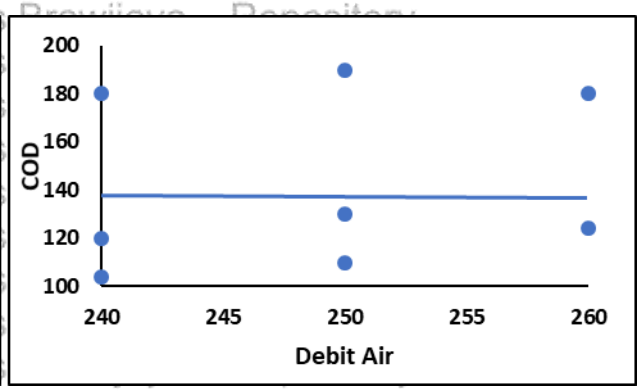




COD







Repository Universitas Brawijaya Repository
REPOSITORY.UB.AC.ID

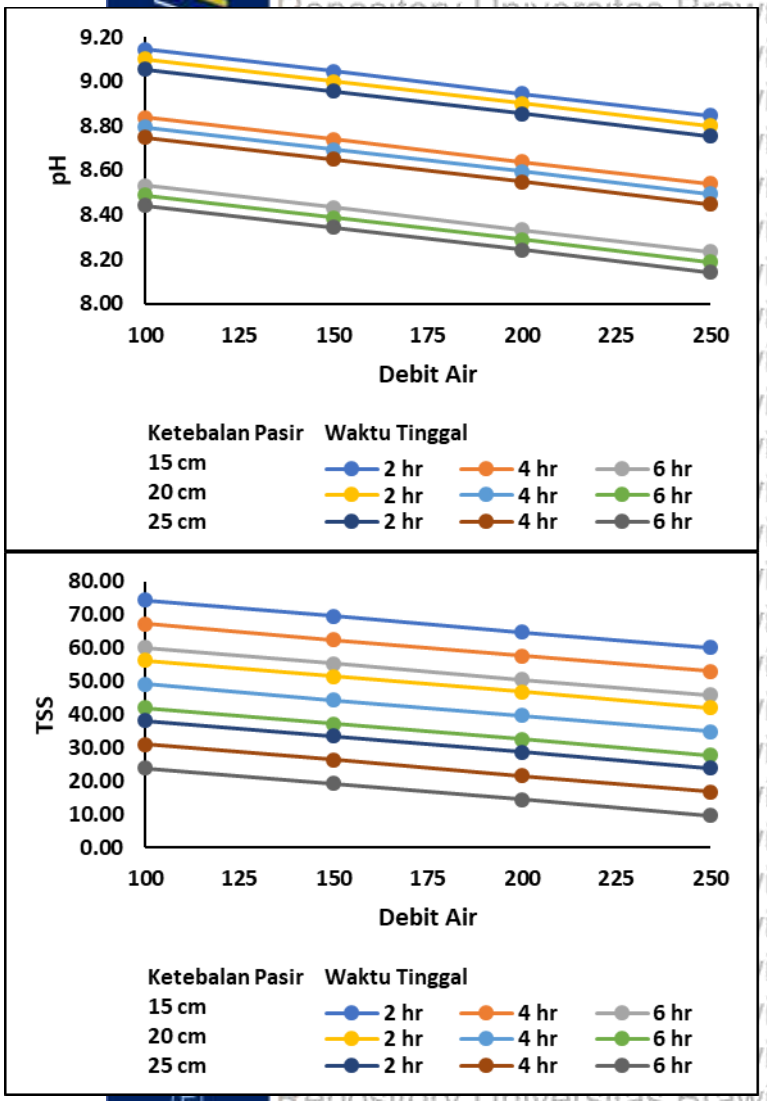
Simulasi Model
Tanaman Akar Wangi

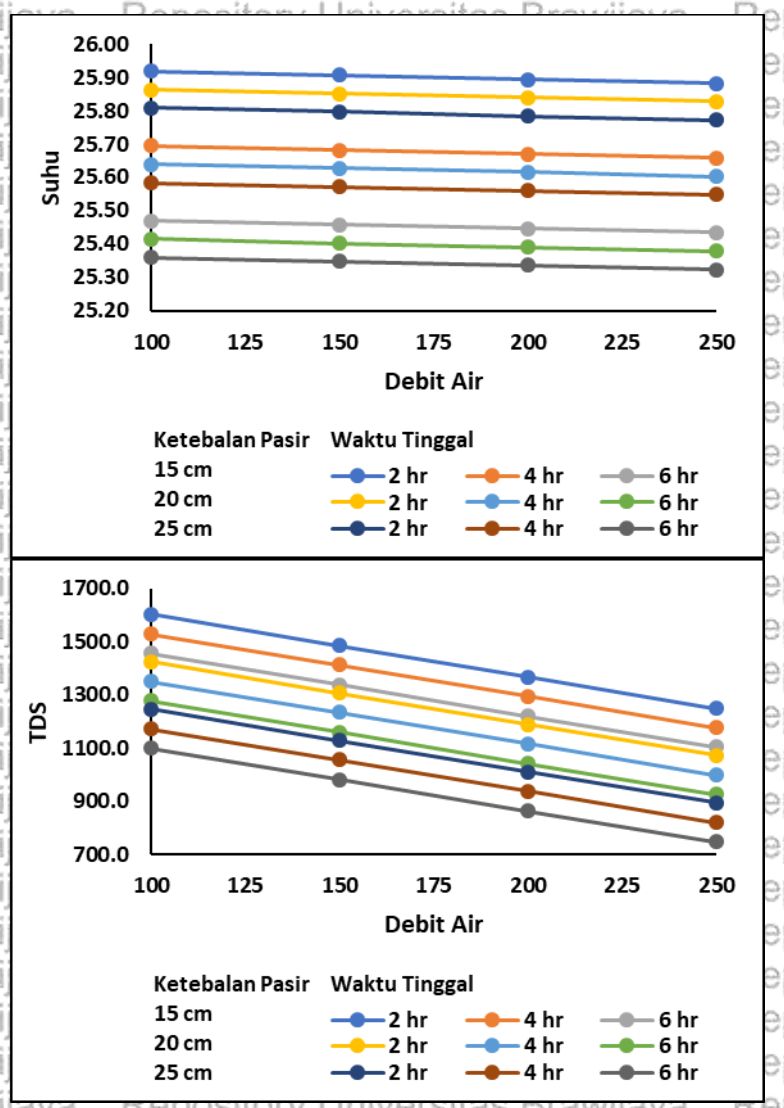
Parameter	Variabel Bebas		Koefisien	Debit Air l/hr	Ketebalan Pasir								
					15 cm			20 cm			25 cm		
					Waktu Tinggal (hr)			Waktu Tinggal (hr)			Waktu Tinggal (hr)		
					2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr
pH	Konstanta	C	9.786	100	9.15	8.84	8.53	9.10	8.79	8.49	9.06	8.75	8.44
	Debit Air	X1	-0.002	150	9.05	8.74	8.43	9.00	8.69	8.39	8.96	8.65	8.34
	Ketebalan Pasir	X2	-0.009	200	8.95	8.64	8.33	8.90	8.59	8.29	8.86	8.55	8.24
	Waktu Tinggal	X3	-0.153	250	8.85	8.54	8.23	8.80	8.49	8.19	8.76	8.45	8.14
					pH = 9.786 - 0.002 X1 - 0.009 X2 - 0.153 X3								
Suhu ^{0}C	Konstanta	C	26.331	100	25.92	25.69	25.47	25.86	25.64	25.42	25.81	25.58	25.36
	Debit Air	X1	-0.000239	150	25.91	25.68	25.46	25.85	25.63	25.40	25.80	25.57	25.35
	Ketebalan Pasir	X2	-0.011	200	25.89	25.67	25.45	25.84	25.62	25.39	25.78	25.56	25.34
	Waktu Tinggal	X3	-0.112	250	25.88	25.66	25.43	25.83	25.60	25.38	25.77	25.55	25.32
					Suhu = 26.331 - 0.0002 X1 - 0.011 X2 - 0.112 X3								
TSS mg/L	Konstanta	C	144.946	100	74.27	67.16	60.05	56.25	49.14	42.03	38.23	31.12	24.01
	Debit Air	X1	-0.095	150	69.52	62.41	55.30	51.50	44.39	37.28	33.48	26.37	19.26
	Ketebalan Pasir	X2	-3.604	200	64.77	57.66	50.55	46.75	39.64	32.53	28.73	21.62	14.51
	Waktu Tinggal	X3	-3.556	250	60.02	52.91	45.80	42.00	34.89	27.78	23.98	16.87	9.76
					TSS = 144.946 - 0.095 X1 - 3.604 X2 - 3.556 X3								
TDS mg/L	Konstanta	C	2443.834	100	1602.2	1529.0	1455.9	1424.2	1351.0	1277.9	1246.2	1173.0	1099.9
	Debit Air	X1	-2.345	150	1484.9	1411.8	1338.6	1306.9	1233.8	1160.6	1128.9	1055.8	982.6
	Ketebalan Pasir	X2	-35.599	200	1367.7	1294.5	1221.4	1189.7	1116.5	1043.4	1011.7	938.5	865.4
	Waktu Tinggal	X3	-36.583	250	1250.4	1177.3	1104.1	1072.4	999.3	926.1	894.4	821.3	748.1
					TDS = 2443.834 - 2.345 X1 - 35.599 X2 - 36.583 X3								
BOD	Konstanta	C	258.019	100	178.5	169.9	161.3	163.5	154.9	146.3	148.5	139.9	131.3

Repository Universitas Brawijaya

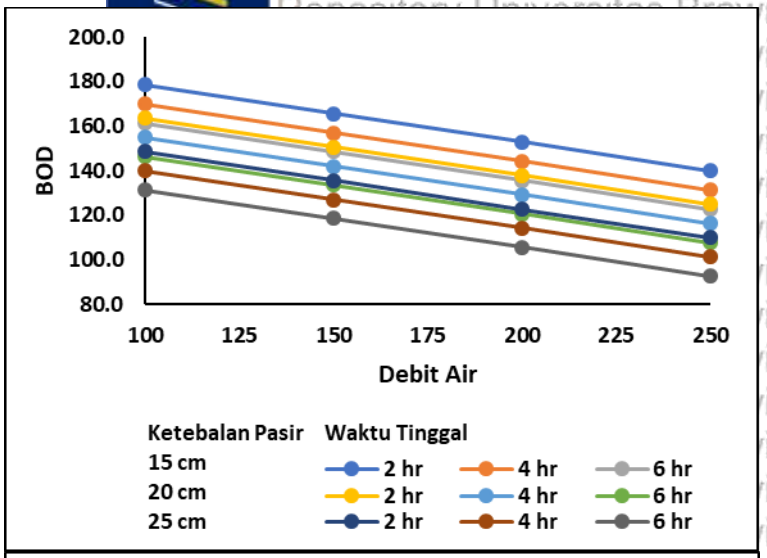
Parameter	Variabel Bebas		Koefisien	Debit Air l/hr	Ketebalan Pasir								
					15 cm			20 cm			25 cm		
					Waktu Tinggal (hr)			Waktu Tinggal (hr)			Waktu Tinggal (hr)		
					2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr
mg/L	Debit Air	X1	-0.258	150	165.6	157.0	148.4	150.6	142.0	133.4	135.6	127.0	118.4
	Ketebalan Pasir	X2	-3.004	200	152.7	144.1	135.5	137.7	129.1	120.5	122.7	114.1	105.5
	Waktu Tinggal	X3	-4.306	250	139.8	131.2	122.6	124.8	116.2	107.6	109.8	101.2	92.6
					BOD = 258.019 - 0.258 X1 - 3.004 X2 - 4.306 X3								
COD mg/L	Konstanta	C	413.026	100	263.0	244.8	226.5	231.0	212.7	194.4	198.9	180.6	162.3
	Debit Air	X1	-0.355	150	245.3	227.0	208.7	213.2	194.9	176.7	181.1	162.9	144.6
	Ketebalan Pasir	X2	-6.414	200	227.5	209.3	191.0	195.5	177.2	158.9	163.4	145.1	126.8
	Waktu Tinggal	X3	-9.139	250	209.8	191.5	173.2	177.7	159.4	141.2	145.6	127.4	109.1
					COD = 413.026 - 0.355 X1 - 6.414 X2 - 9.139 X3								
Kualitas Air	Konstanta	C	6.585	100	2.563	2.001	1.439	1.743	1.181	0.619	0.923	0.361	-0.201
	Debit Air	X1	-0.01	150	2.063	1.501	0.939	1.243	0.681	0.119	0.423	-0.139	-0.701
	Kebalan Pasir	X2	-0.164	200	1.563	1.001	0.439	0.743	0.181	-0.381	-0.077	-0.639	-1.201
	Waktu Tinggal	X3	-0.281	250	1.063	0.501	-0.061	0.243	-0.319	-0.881	-0.577	-1.139	-1.701
					Kualitas Air = 6.585 - 0.010 X1 - 0.164 X2 - 0.281 X3								

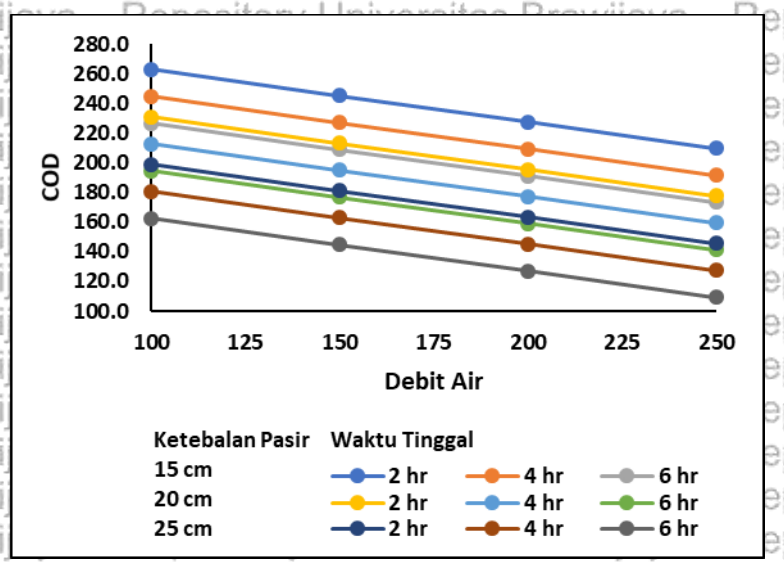
Repository Universitas Brawijaya
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID

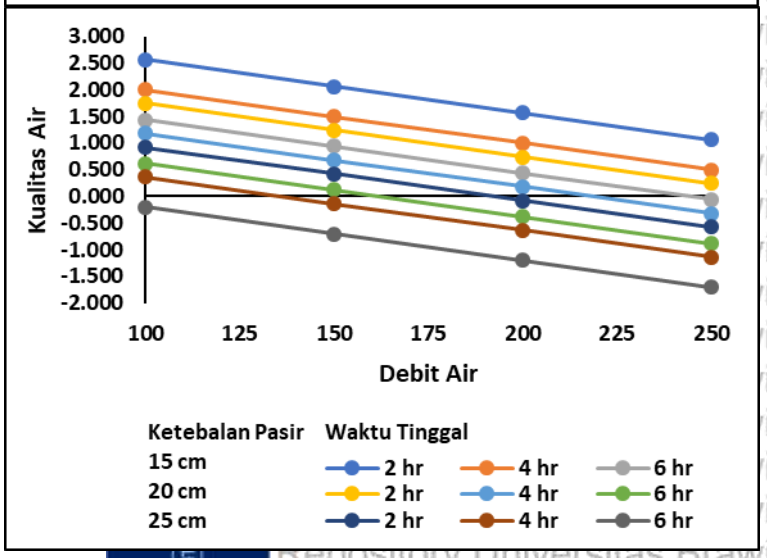




Repository Universitas Brawijaya







Repository Universitas Brawijaya

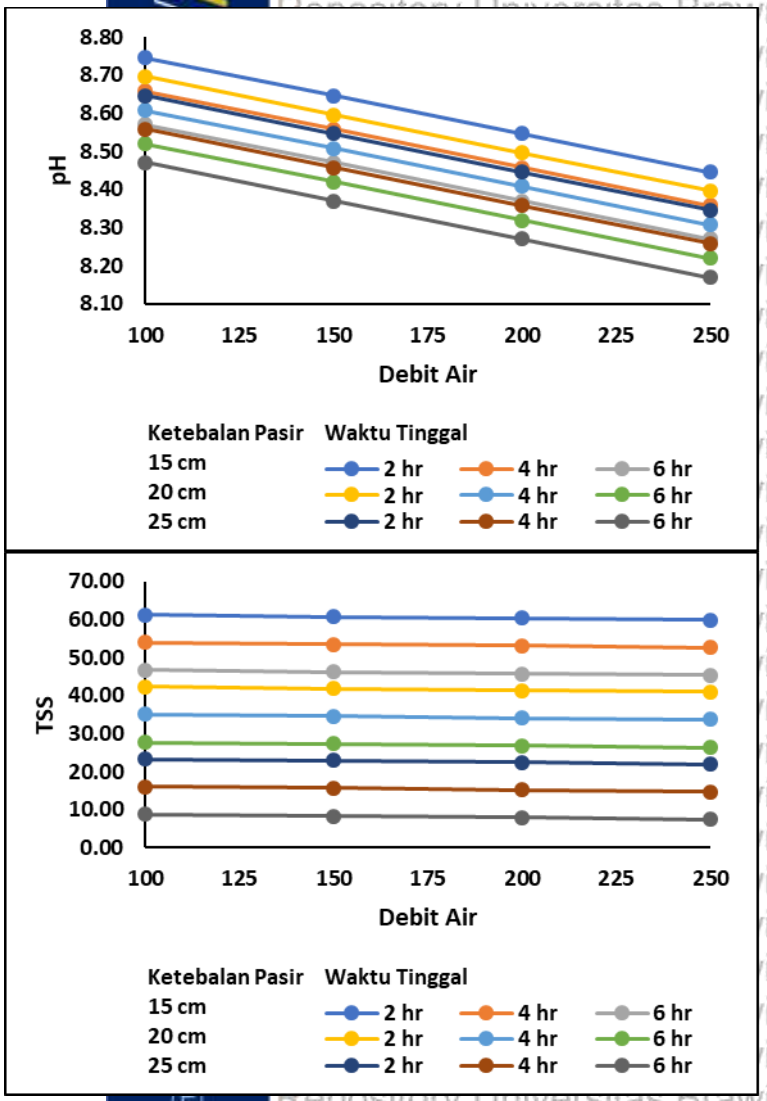
Simulasi Model
Tanaman Caisin

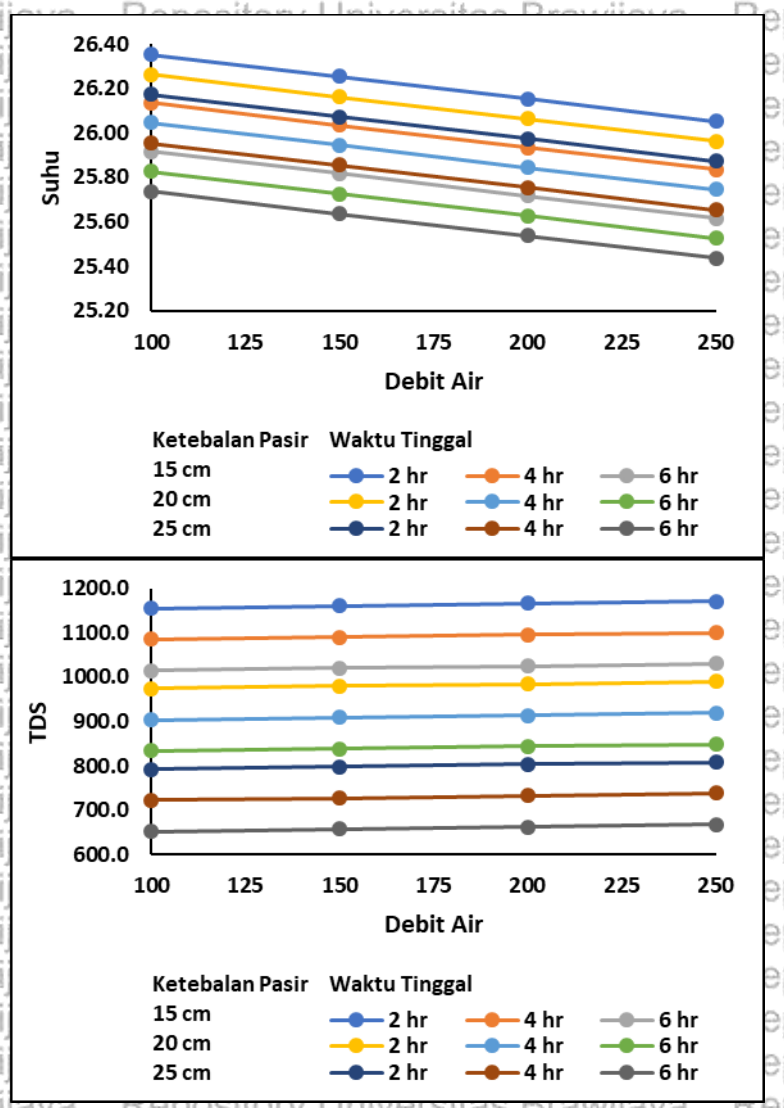
Parameter	Variabel Bebas		Koefisien	Debit Air	Ketebalan Pasir								
					15 cm			20 cm			25 cm		
					Waktu Tinggal			Waktu Tinggal			Waktu Tinggal		
					2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr
pH	Konstanta	C	9.184	100	8.75	8.66	8.57	8.70	8.61	8.52	8.65	8.56	8.47
	Debit Air	X1	-0.002	150	8.65	8.56	8.47	8.60	8.51	8.42	8.55	8.46	8.37
	Ketebalan Pasir	X2	-0.01	200	8.55	8.46	8.37	8.50	8.41	8.32	8.45	8.36	8.27
	Waktu Tinggal	X3	-0.044	250	8.45	8.36	8.27	8.40	8.31	8.22	8.35	8.26	8.17
					pH = 9.184 - 0.002 X1 - 0.010 X2 - 0.044 X3								
Suhu	Konstanta	C	27.041	100	26.35	26.14	25.92	26.26	26.05	25.83	26.17	25.96	25.74
	Debit Air	X1	-0.002	150	26.25	26.04	25.82	26.16	25.95	25.73	26.07	25.86	25.64
	Ketebalan Pasir	X2	-0.018	200	26.15	25.94	25.72	26.06	25.85	25.63	25.97	25.76	25.54
	Waktu Tinggal	X3	-0.109	250	26.05	25.84	25.62	25.96	25.75	25.53	25.87	25.66	25.44
					Suhu = 27.041 - 0.002 X1 - 0.018 X2 - 0.109 X3								
TSS	Konstanta	C	126.158	100	61.21	53.93	46.65	42.28	35.00	27.72	23.36	16.08	8.80
	Debit Air	X1	-0.009	150	60.76	53.48	46.20	41.83	34.55	27.27	22.91	15.63	8.35
	Ketebalan Pasir	X2	-3.785	200	60.31	53.03	45.75	41.38	34.10	26.82	22.46	15.18	7.90
	Waktu Tinggal	X3	-3.639	250	59.86	52.58	45.30	40.93	33.65	26.37	22.01	14.73	7.45
					TSS = 126.158 - 0.009 X1 - 3.785 X2 - 3.639 X3								
TDS	Konstanta	C	1758.245	100	1155.2	1085.02	1014.80	974.2	903.96	833.74	793.1	722.90	652.68
	Debit Air	X1	0.104	150	1160.4	1090.22	1020.00	979.4	909.16	838.94	798.3	728.10	657.88
	Ketebalan Pasir	X2	-36.212	200	1165.6	1095.42	1025.20	984.6	914.36	844.14	803.5	733.30	663.08
	Waktu Tinggal	X3	-35.111	250	1170.8	1100.62	1030.40	989.8	919.56	849.34	808.7	738.50	668.28
					TDS = 1758.245 + 0.104 X1 - 36.212 X2 - 35.111 X3								

Repository Universitas Brawijaya

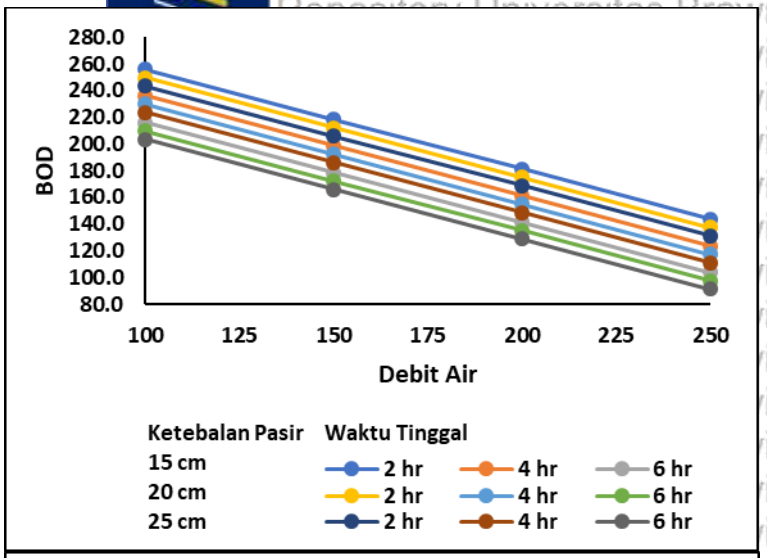
BOD	Konstanta	C	369.589	100	256.0	236.01	216.06	249.7	229.74	209.80	243.4	223.48	203.53
	Debit Air	X1	-0.749	150	218.5	198.56	178.61	212.2	192.29	172.35	206.0	186.03	166.08
	Ketebalan Pasir	X2	-1.253	200	181.1	161.11	141.16	174.8	154.84	134.90	168.5	148.58	128.63
	Waktu Tinggal	X3	-9.972	250	143.6	123.66	103.71	137.3	117.39	97.45	131.1	111.13	91.18
					BOD = 369.589 - 0.749 X1 - 1.253 X2 - 9.972 X3								
COD	Konstanta	C	493.849	100	340.2	311.26	282.31	330.0	301.02	272.08	319.7	290.79	261.84
	Debit Air	X1	-0.94	150	293.2	264.26	235.31	283.0	254.02	225.08	272.7	243.79	214.84
	Ketebalan Pasir	X2	-2.047	200	246.2	217.26	188.31	236.0	207.02	178.08	225.7	196.79	167.84
	Waktu Tinggal	X3	-14.472	250	199.2	170.26	141.31	189.0	160.02	131.08	178.7	149.79	120.84
					COD = 493.849 - 0.940 X1 - 2.047 X2 - 14.472 X3								
Kualitas Air	Konstanta	C	6.927	100	2.563	2.001	1.439	1.743	1.181	0.619	0.923	0.361	-0.201
	Debit Air	X1	-0.012	150	2.063	1.501	0.939	1.243	0.681	0.119	0.423	-0.139	-0.701
	Ketebalan Pasir	X2	-0.148	200	1.563	1.001	0.439	0.743	0.181	-0.381	-0.077	-0.639	-1.201
	Waktu Tinggal	X3	-0.31	250	1.063	0.501	-0.061	0.243	-0.319	-0.881	-0.577	-1.139	-1.701
					Kualitas Air = 6.585 - 0.010 X1 - 0.164 X2 - 0.281 X3								

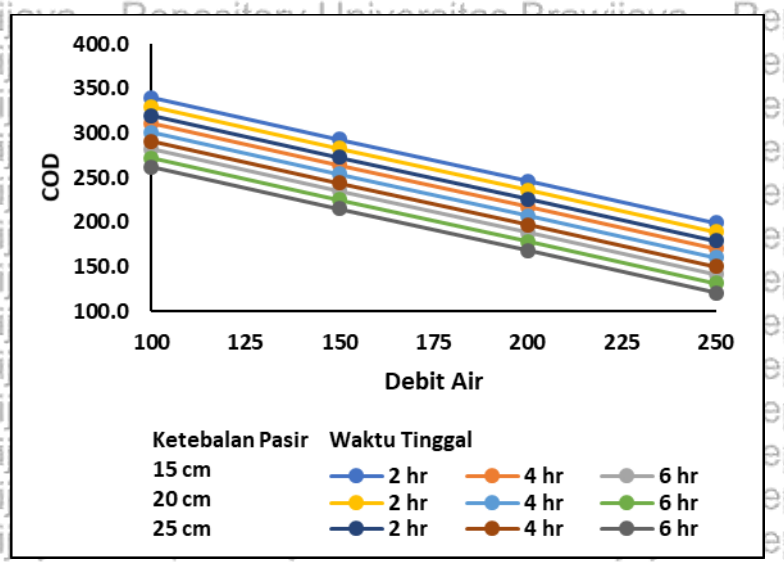
Repository Universitas Brawijaya

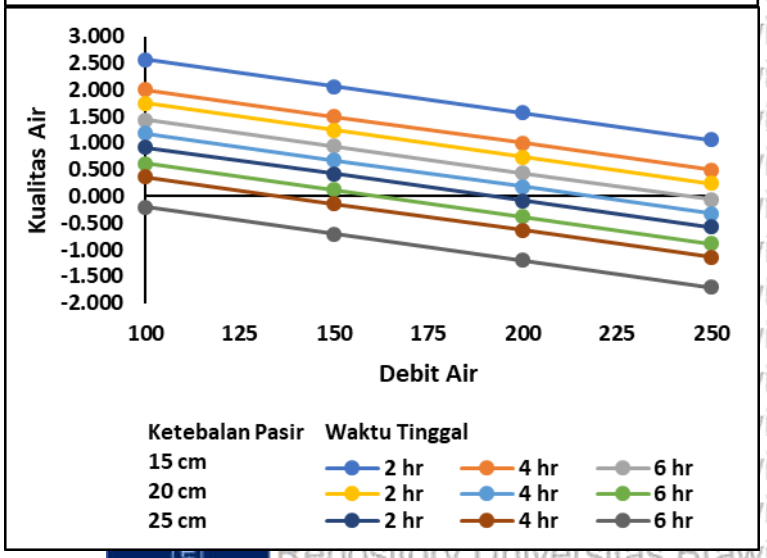




Repository Universitas Brawijaya







Repository Universitas Brawijaya

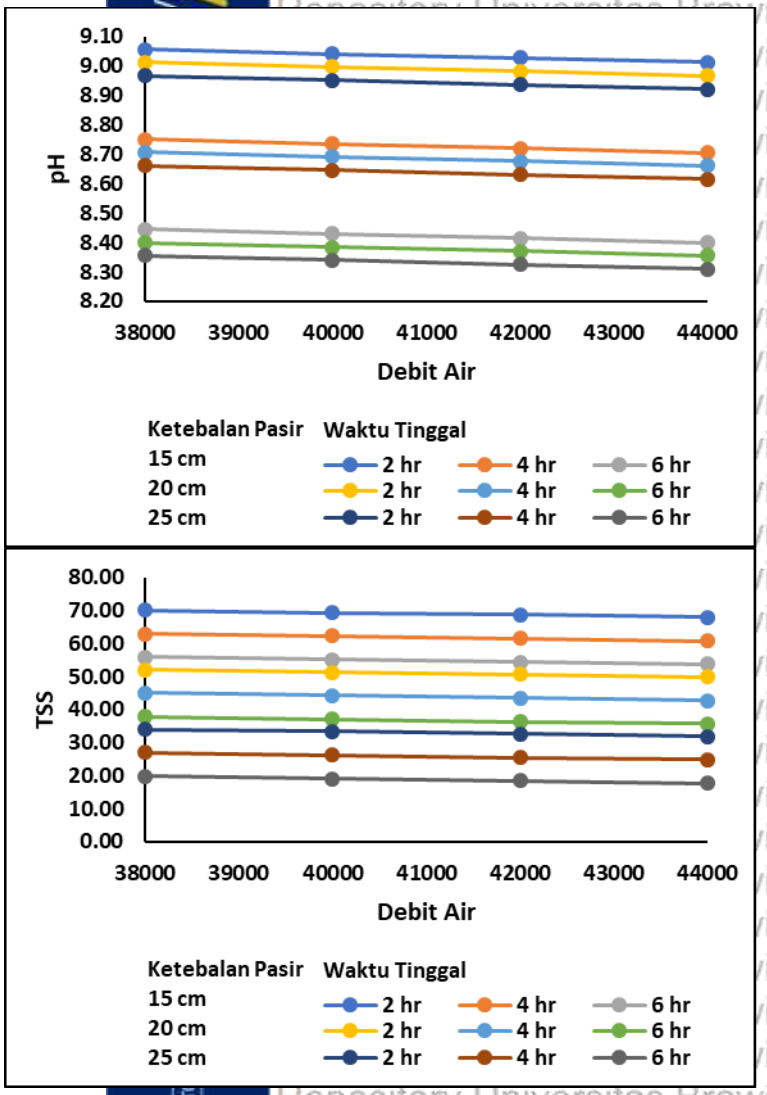
Simulasi Prototype
Tanaman Akar Wangi

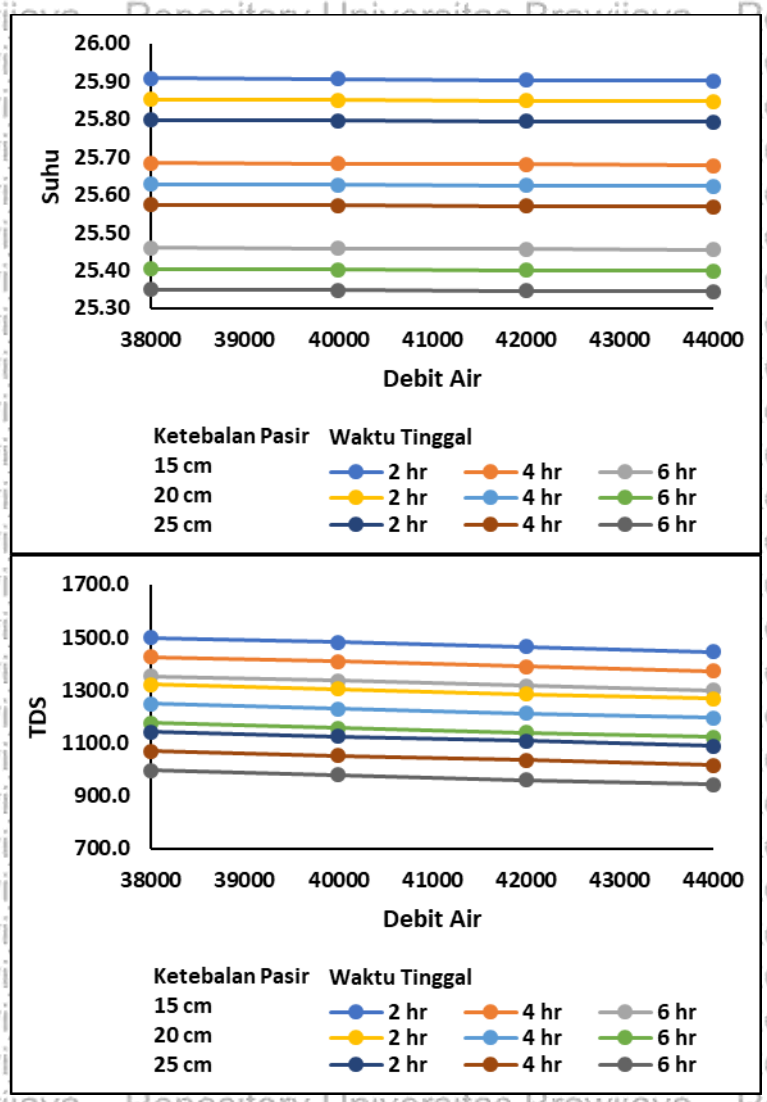
Parameter	Variabel Bebas		Koefisien	Debit Air	Ketebalan Pasir								
					15 cm			20 cm			25 cm		
					Waktu Tinggal			Waktu Tinggal			Waktu Tinggal		
					2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr
pH	Konstanta	C	9.786	38000	9.06	8.75	8.45	9.01	8.71	8.40	8.97	8.66	8.36
	Debit Air	X1	-7.58E-06	40000	9.04	8.74	8.43	9.00	8.69	8.38	8.95	8.65	8.34
	Ketebalan Pasir	X2	-0.009	42000	9.03	8.72	8.41	8.98	8.68	8.37	8.94	8.63	8.32
	Waktu Tinggal	X3	-0.153	44000	9.01	8.71	8.40	8.97	8.66	8.35	8.92	8.62	8.31
					pH = 9.786 - 7.58x10-6 X1 - 0.009 X2 - 0.153 X3								
Suhu	Konstanta	C	26.331	38000	25.91	25.68	25.46	25.85	25.63	25.40	25.80	25.57	25.35
	Debit Air	X1	-9.05E-07	40000	25.91	25.68	25.46	25.85	25.63	25.40	25.80	25.57	25.35
	Ketebalan Pasir	X2	-0.011	42000	25.90	25.68	25.46	25.85	25.62	25.40	25.79	25.57	25.35
	Waktu Tinggal	X3	-0.112	44000	25.90	25.68	25.45	25.85	25.62	25.40	25.79	25.57	25.34
					Suhu = 26.331 - 9.05x10-7 X1 - 0.011 X2 - 0.112 X3								
TSS	Konstanta	C	144.946	38000	70.10	62.99	55.88	52.08	44.97	37.86	34.06	26.95	19.84
	Debit Air	X1	-3.60E-04	40000	69.38	62.27	55.16	51.36	44.25	37.14	33.34	26.23	19.12
	Ketebalan Pasir	X2	-3.604	42000	68.66	61.55	54.44	50.64	43.53	36.42	32.62	25.51	18.40
	Waktu Tinggal	X3	-3.556	44000	67.94	60.83	53.72	49.92	42.81	35.70	31.90	24.79	17.68
					TSS = 144.946 - 3.60x10-4 X1 - 3.604 X2 - 3.556 X3								
TDS	Konstanta	C	2443.834	38000	1499.1	1425.98	1352.81	1321.2	1247.98	1174.82	1143.2	1069.99	996.82
	Debit Air	X1	-0.009	40000	1481.4	1408.21	1335.05	1303.4	1230.22	1157.05	1125.4	1052.22	979.06
	Ketebalan Pasir	X2	-35.599	42000	1463.6	1390.45	1317.28	1285.6	1212.45	1139.29	1107.6	1034.46	961.29
	Waktu Tinggal	X3	-36.583	44000	1445.8	1372.68	1299.52	1267.9	1194.69	1121.52	1089.9	1016.69	943.53
					TDS = 2443.834 - 0.009 X1 - 35.599 X2 - 36.583 X3								

Repository Universitas Brawijaya

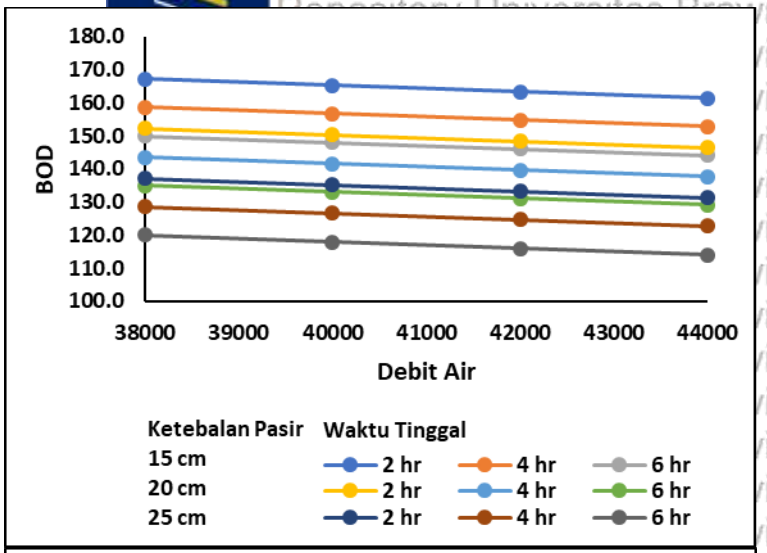
BOD	Konstanta	C	258.019	38000	167.2	158.60	149.99	152.2	143.58	134.97	137.2	128.56	119.95
	Debit Air	X1	-0.001	40000	165.3	156.64	148.03	150.2	141.62	133.01	135.2	126.60	117.99
	Ketebalan Pasir	X2	-3.004	42000	163.3	154.69	146.08	148.3	139.67	131.06	133.3	124.65	116.04
	Waktu Tinggal	X3	-4.306	44000	161.3	152.74	144.12	146.3	137.72	129.10	131.3	122.70	114.08
					BOD = 258.019 - 0.001 X1 - 3.004 X2 - 4.306 X3								
COD	Konstanta	C	413.026	38000	247.4	229.16	210.88	215.4	197.09	178.81	183.3	165.02	146.74
	Debit Air	X1	-0.001	40000	244.8	226.47	208.19	212.7	194.40	176.12	180.6	162.33	144.05
	Ketebalan Pasir	X2	-6.414	42000	242.1	223.78	205.50	210.0	191.71	173.43	177.9	159.64	141.36
	Waktu Tinggal	X3	-9.139	44000	239.4	221.09	202.82	207.3	189.02	170.75	175.2	156.95	138.68
					COD = 413.026 - 0.001 X1 - 6.414 X2 - 9.139 X3								
Kualitas Air	Konstanta	C	6.585	38000	2.124	1.562	1.000	1.304	0.742	0.180	0.484	-0.078	-0.640
	Debit Air	X1	-3.79E-05	40000	2.048	1.486	0.924	1.228	0.666	0.104	0.408	-0.154	-0.716
	Ketebalan Pasir	X2	-0.164	42000	1.972	1.410	0.848	1.152	0.590	0.028	0.332	-0.230	-0.792
	Waktu Tinggal	X3	-0.281	44000	1.896	1.334	0.772	1.076	0.514	-0.048	0.256	-0.306	-0.868
					Kualitas Air = 6.585 - 3.79x10-5 X1 - 0.164 X2 - 0.281 X3								

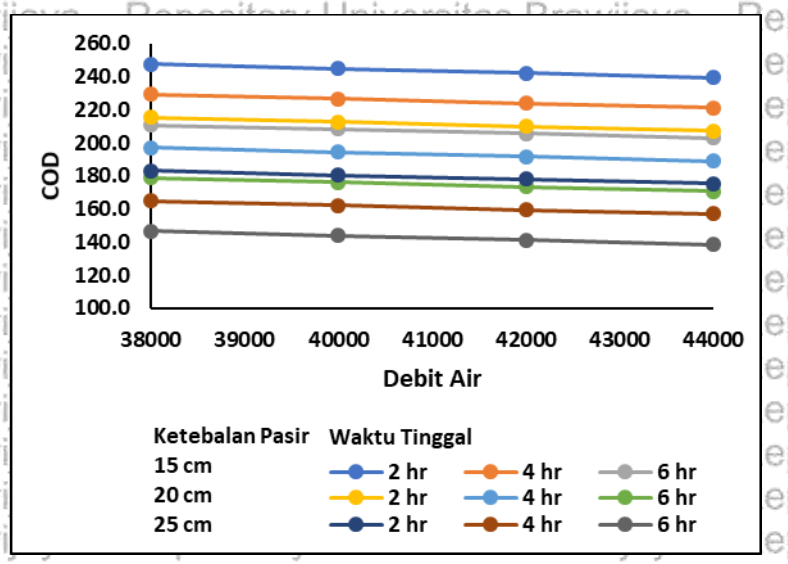
Repository Universitas Brawijaya
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID

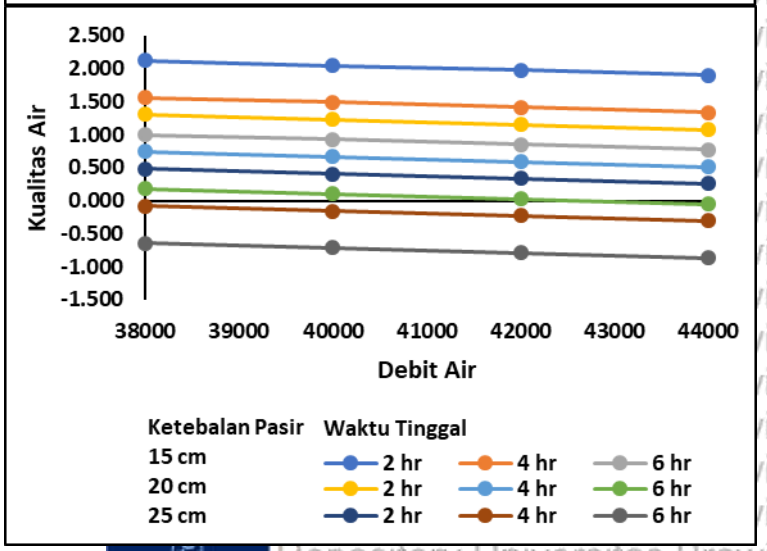




Repository Universitas Brawijaya







Repository Universitas Brawijaya

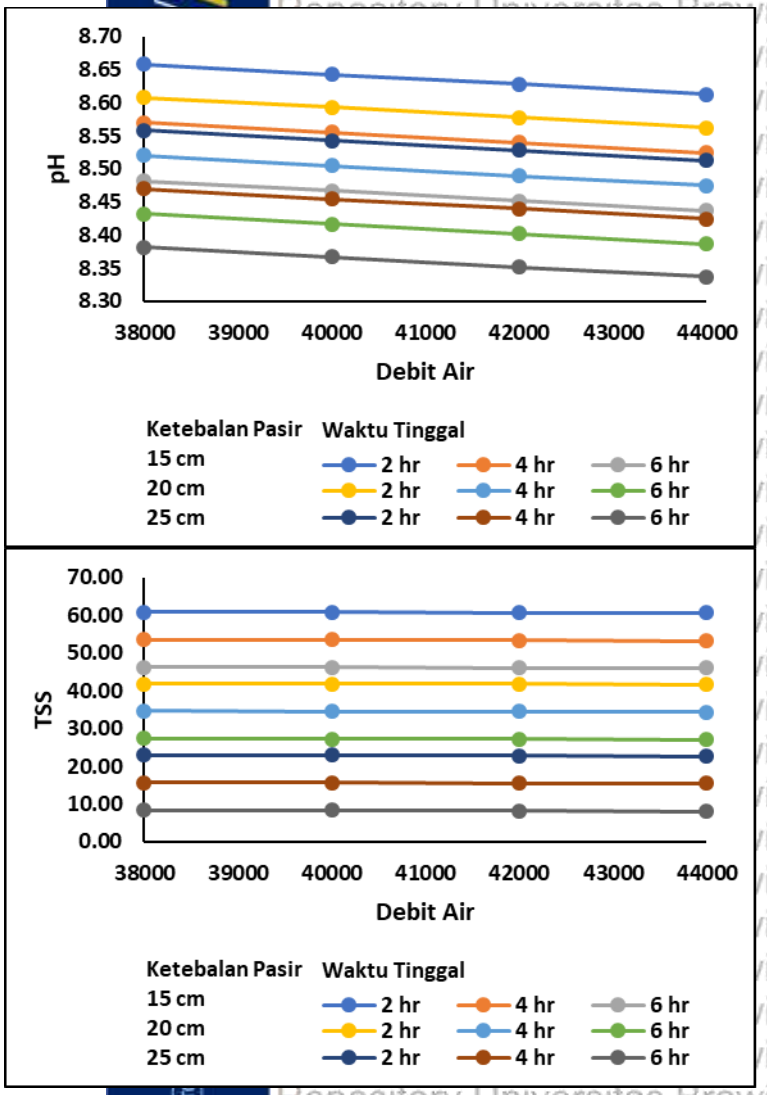
Simulasi Prototype Persamaan Linier
Tanaman Caisin

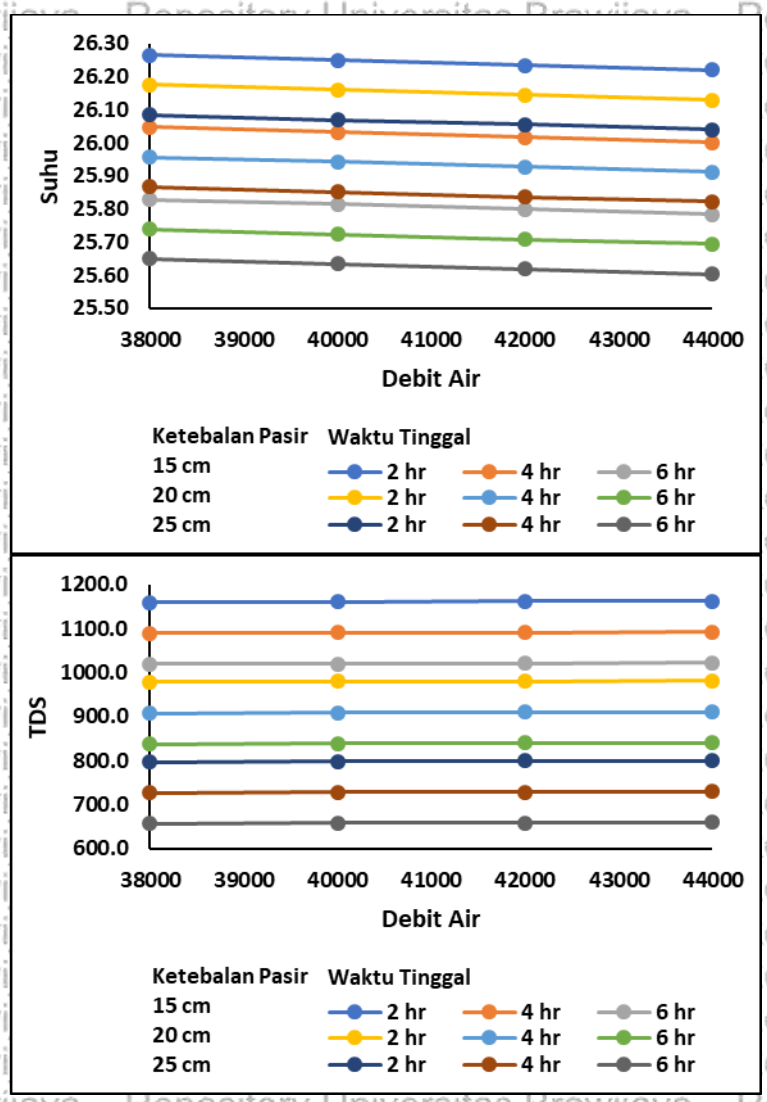
Parameter	Variabel Bebas		Koefisien	Debit Air	Ketebalan Pasir								
					15 cm			20 cm			25 cm		
					Waktu Tinggal			Waktu Tinggal			Waktu Tinggal		
					2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr	2 hr	4 hr	6 hr
pH	Konstanta	C	9.184	38000	8.66	8.57	8.48	8.61	8.52	8.43	8.56	8.47	8.38
	Debit Air	X1	-7.58E-06	40000	8.64	8.55	8.47	8.59	8.50	8.42	8.54	8.45	8.37
	Ketebalan Pasir	X2	-0.01	42000	8.63	8.54	8.45	8.58	8.49	8.40	8.53	8.44	8.35
	Waktu Tinggal	X3	-0.044	44000	8.61	8.52	8.44	8.56	8.47	8.39	8.51	8.42	8.34
			pH = 9.184 - 7.58x10-6 X1 - 0.010 X2 - 0.044 X3										
Suhu	Konstanta	C	27.041	38000	26.27	26.05	25.83	26.18	25.96	25.74	26.09	25.87	25.65
	Debit Air	X1	-7.58E-06	40000	26.25	26.03	25.81	26.16	25.94	25.72	26.07	25.85	25.63
	Ketebalan Pasir	X2	-0.018	42000	26.23	26.02	25.80	26.14	25.93	25.71	26.05	25.84	25.62
	Waktu Tinggal	X3	-0.109	44000	26.22	26.00	25.78	26.13	25.91	25.69	26.04	25.82	25.60
			Suhu = 27.041 - 7.58x10-6 X1 - 0.018 X2 - 0.109 X3										
TSS	Konstanta	C	126.158	38000	60.81	53.53	46.25	41.88	34.61	27.33	22.96	15.68	8.40
	Debit Air	X1	-3.41E-05	40000	60.74	53.46	46.19	41.82	34.54	27.26	22.89	15.61	8.34
	Ketebalan Pasir	X2	-3.785	42000	60.67	53.40	46.12	41.75	34.47	27.19	22.82	15.55	8.27
	Waktu Tinggal	X3	-3.639	44000	60.61	53.33	46.05	41.68	34.40	27.12	22.76	15.48	8.20
			TSS = 126.158 - 3.41x10-5 X1 - 3.785 X2 - 3.639 X3										
TDS	Konstanta	C	1758.245	38000	1159.8	1089.59	1019.37	978.8	908.53	838.31	797.7	727.47	657.25
	Debit Air	X1	0.0004	40000	1160.6	1090.38	1020.16	979.5	909.32	839.10	798.5	728.26	658.04
	Ketebalan Pasir	X2	-36.212	42000	1161.4	1091.17	1020.94	980.3	910.11	839.88	799.3	729.05	658.82
	Waktu Tinggal	X3	-35.111	44000	1162.2	1091.95	1021.73	981.1	910.89	840.67	800.1	729.83	659.61
			TDS = 1758.245 + 0.0004 X1 - 36.212 X2 - 35.111 X3										

Repository Universitas Brawijaya

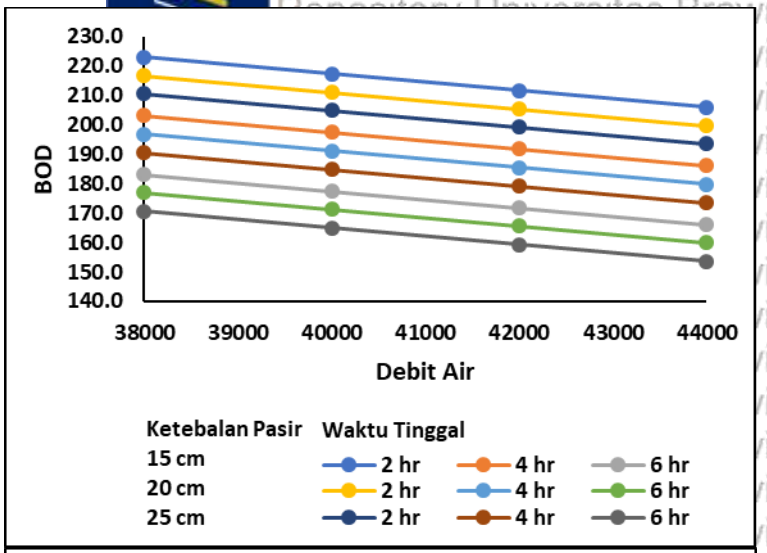
BOD	Konstanta	C	369.589	38000	223.0	203.10	183.15	216.8	196.83	176.89	210.5	190.57	170.62
	Debit Air	X1	-0.003	40000	217.4	197.42	177.48	211.1	191.16	171.21	204.8	184.89	164.95
	Ketebalan Pasir	X2	-1.253	42000	211.7	191.75	171.80	205.4	185.48	165.54	199.2	179.22	159.27
	Waktu Tinggal	X3	-9.972	44000	206.0	186.07	166.13	199.8	179.81	159.86	193.5	173.54	153.60
					BOD = 369.589 - 0.003 X1 - 1.253 X2 - 9.972 X3								
COD	Konstanta	C	493.849	38000	298.9	269.95	241.01	288.7	259.72	230.77	278.4	249.48	220.54
	Debit Air	X1	-0.004	40000	291.8	262.83	233.89	281.5	252.60	223.65	271.3	242.36	213.42
	Ketebalan Pasir	X2	-2.047	42000	284.7	255.71	226.77	274.4	245.48	216.53	264.2	235.24	206.30
	Waktu Tinggal	X3	-14.472	44000	277.5	248.59	219.65	267.3	238.35	209.41	257.1	228.12	199.18
					COD = 493.849 - 0.004 X1 - 2.047 X2 - 14.472 X3								
Kualitas Air	Konstanta	C	6.927	38000	2.360	1.740	1.120	1.620	1.000	0.380	0.880	0.260	-0.360
	Debit Air	X1	-4.55E-05	40000	2.269	1.649	1.029	1.529	0.909	0.289	0.789	0.169	-0.451
	Ketebalan Pasir	X2	-0.148	42000	2.178	1.558	0.938	1.438	0.818	0.198	0.698	0.078	-0.542
	Waktu Tinggal	X3	-0.31	44000	2.087	1.467	0.847	1.347	0.727	0.107	0.607	-0.013	-0.633
					Kualitas Air = 6.927 -4.55x10-5 X1 - 0.148 X2 - 0.310 X3								

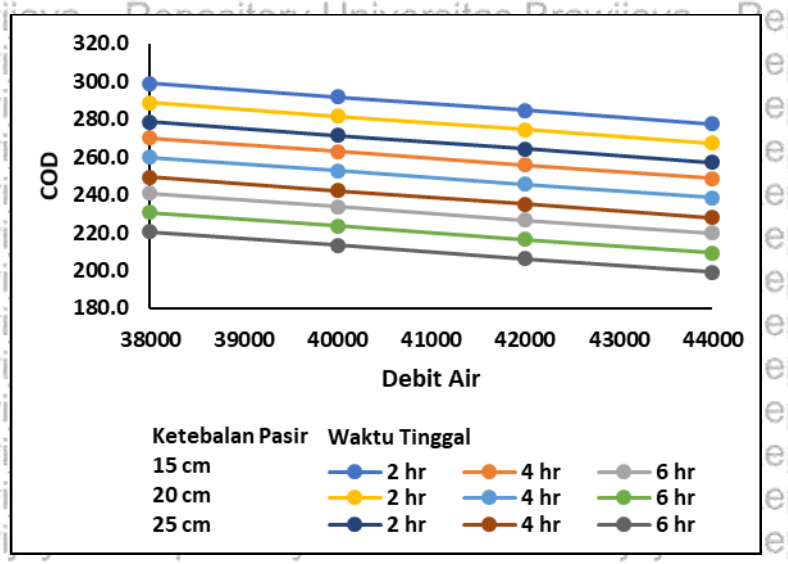
Repository Universitas Brawijaya
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID

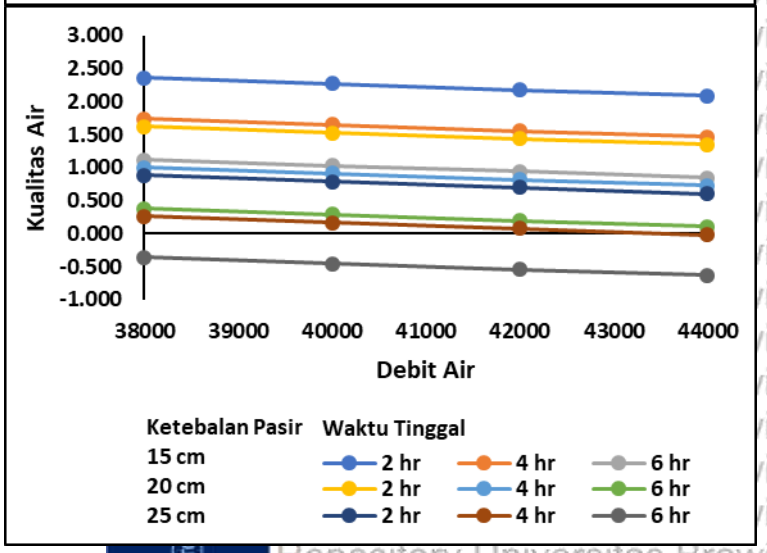




Repository Universitas Brawijaya







Repository Universitas Brawijaya

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 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 ºC.

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

2. Berdasarkan hasil laboratorium maka didapatkan hasil :

   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 *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 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.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka disaran bagi peneliti selanjutnya sebagai berikut:

1. Merubah ketebalan filter kerikil dan arang batok.
2. Mengkombinasikan tanaman Akar Wangi dengan *Cattail*, atau dapat pula menggunakan tanaman yang lain.
3. Memperpanjang waktu tinggal baik pada filter maupun *wetland*. Jika filter digunakan kembali, maka perlu dilakukan *backwash* untuk membilas kotoran yang tersaring pada material filter.
4. Dilanjutkan hasil penelitian sem edax yang keluarannya adalah logam.
5. Dilanjutkan hasil penelitian XRF yang keluarannya adalah logam.

DAFTAR PUSTAKA

Adhibaswara, B., Prasetiya, I.R., Nico, M., Muzdalifah, Z., 2011. Pengelolaan Air Secara Ekonomis dengan Penggunaan Tanggul Batang Kelapa Serta Penjernih Air Alami. Proceding 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 0ktober 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 WaterPurification 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: TenYears 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. *JurnalSeminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. ISBN 978-602-98569-1-0.

Chibueze, G.Achi, Mynepalli .K. C. Sridhar, Akinwale. O. Coker. 2015. PerformanceEvaluationofa Water Hyacinth BasedInstitutional Wastewater Treatment Plantto Mitigate Aquatic Macrophyte GrowthsatI badan, Nigeria. *Internatiomal 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, danYesung, 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. Anurakpongsatorn, 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>mck-terpaduhttp://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 Agriqultural 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/matecconf/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 *Wetland*s 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 Fitration.*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 *Wetland*s 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.

LAMPIRAN 1

DATA PENGAMATAN LABORATORIUM

Repository Universitas Brawijaya

1. Hasil uji parameter kualitas air pada limbah domestik *blackwater*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : 23 /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kurniawati Wulandari
Lokasi : Labortorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : Black1; Black2; Black3; Black4 dan Black5

NO	Pamareter	Satuan	Kode Sampel				
			Black 1	Black 2	Black 3	Black 4	Black 5
1	TSS	mg/L	1200	1050	700	750	500
2	pH	-	2,62	3,62	3,62	7,41	7,81
3	Suhu	°C	24,08	25,26	25,26	25,05	27,83
4	TDS	mg/L	705	580	580	553	756
5	BOD	mg/L	365	423	423	475	227
6	COD	mg/L	473	525	525	636	285

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng Andre Primantyo Hendrawan,ST.,MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Prasetyo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

Repository Universitas Brawijaya

2. Hasil uji parameter kualitas air dari perlakuan filter bertingkat (Ketebalan kerikil 15 cm, arang 20 cm, pasir 15 cm dengan waktu pengamatan 2 hari)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : 14 /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kurniawati Wulandari
Lokasi : Labortorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : **FILTER KOMBINASI (Kerikil 15, arang 20, pasir 15) - Wetland - 2 hari**

NO	PARAMETER	Kode Sampel												Standar Kelas IV
		Filter Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'	Typha 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'	Satuan	
1	TSS	110	100	90	80	70	60	95	93	80	65	56	mg/L	400
2	pH	9,69	7,3	7,8	8,74	8,8	8,9	8,5	8,2	8,5	8,60	8,70		5-9
3	Suhu	26,02	25,48	25,60	25,84	25,86	25,92	25,00	25,60	26,10	26,3	26,80	°C	21
4	TDS	3470,00	1260,00	1257,00	1250,00	1240,00	1238,00	1040,00	950,00	837,00	830,00	1120,00	mg/L	2000
5	BOD	140,00	165,00	155,00	147,00	145,00	142,00	195,00	190,00	183,00	180,00	140,00	mg/L	12
6	COD	181,00	235,00	225,00	216,00	210,00	205,00	244,00	240,00	236,00	235,00	210,00	mg/L	100

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng.Andre Primantyo Hendrawan,ST.,MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Prasetyo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

Repository Universitas Brawijaya

3. Hasil uji parameter kualitas air dari perlakuan filter bertingkat (Ketebalan kerikil 15 cm, arang 20 cm, pasir 20 cm dengan waktu pengamatan 2 hari)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : 17 /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kurniawati Wulandari
Lokasi : Labortorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : FILTER KOMBINASI (Kerikil 15, arang 20, pasir 20) - Wetland - 2 hari

NO	PARAMETER	Kode Sampel											Standar Kelas IV
		Filter Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'	Typha 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'	Satuan	
1	TSS	110	108	92	78	60	45	105	100	84	80	40	mg/L	400
2	pH	9,88	9,5	9,3	9,2	9,1	8,9	8,6	8,3	8,42	8,56	8,80		5-9
3	Suhu	26,02	26,05	26,03	26,02	26,01	26,00	25,62	25,93	25,95	25,98	26,00	°C	21
4	TDS	3470,00	1275,46	1263,30	1288,00	1293,70	1300,00	1051,00	1069,00	1072,00	1089,00	1100,00	mg/L	2000
5	BOD	140,00	169,00	160,00	155,00	149,00	145,00	208,00	196,00	190,00	187,00	180,00	mg/L	12
6	COD	181,00	241,00	236,00	228,00	215,00	210,00	252,00	246,00	243,00	241,00	240,00	mg/L	100

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng.Andre Primantyo Hendrawan,ST.,MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Prasetyo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

Repository Universitas Brawijaya

4. Hasil uji parameter kualitas air dari perlakuan filter bertingkat (Ketebalan kerikil 15 cm, arang 20 cm, pasir 25 cm dengan waktu pengamatan 2 hari)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : 20 /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kurniawati Wulandari
Lokasi : Laboratorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : FILTER KOMBINASI (Kerikil 15, arang 20, pasir 25) - Wetland - 2 hari

NO	PARAMETER	Kode Sampel												Standar Kelas IV
		Filter Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'	Typha 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'	Satuan	
1	TSS	110	80	70	50	40	30	70	60	50	30	25	mg/L	400
2	pH	9,69	9,6	9,5	9,4	9,1	8,7	9,0	8,9	8,7	8,20	8,00		5-9
3	Suhu	26,02	26,00	25,50	26,00	26,00	26,00	26,00	25,00	25,50	25,80	26,00	°C	21
4	TDS	3470,00	1200,00	1100,00	1000,00	950,00	900,00	1000,00	950,00	900,00	850,00	800,00	mg/L	2000
5	BOD	140,00	135,00	130,00	125,00	120,00	110,00	130,00	128,00	125,00	140,00	150,00	mg/L	12
6	COD	181,00	170,00	160,00	150,00	145,00	140,00	170,00	172,00	175,00	178,00	180,00	mg/L	100

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng.Andre Primantyo Hendrawan,ST. MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Praseityo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

Repository Universitas Brawijaya

5. Hasil uji parameter kualitas air dari perlakuan filter bertingkat
(Ketebalan kerikil 15 cm, arang 20 cm, pasir 15 cm dengan waktu pengamatan 4 hari)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : 16 /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kurniawati Wulandari
Lokasi : Labortorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : **FILTER KOMBINASI (Kerikil 15, arang 20, pasir 15) - Wetland - 4 hari**

NO	PARAMETER	Kode Sampel												Standar Kelas IV
		Filter Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'	Typha 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'	Satuan	
1	TSS	110	98	88	75	67	58	93	90	76	64	55	mg/L	400
2	pH	9,69	8,0	8,2	8,4	8,5	8,8	8,3	8,4	8,6	8,65	8,70		5-9
3	Suhu	26,04	25,30	25,40	25,76	25,78	25,87	25,12	25,40	25,80	26,10	26,04	oC	21
4	TDS	3470,00	1200,00	1220,00	1224,00	1230,00	1235,00	1190,00	1170,00	1150,00	1135,00	1110,00	mg/L	2000
5	BOD	140,00	160,00	150,00	146,00	145,00	140,00	139,00	138,00	137,00	136,00	135,00	mg/L	12
6	COD	181,00	227,00	215,00	210,00	208,00	203,00	242,00	235,00	233,00	220,00	200,00	mg/L	100

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng Andre Primantyo Hendrawan,ST.,MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Prasetyo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

6. Hasil uji parameter kualitas air dari perlakuan filter bertingkat
(Ketebalan kerikil 15 cm, arang 20 cm, pasir 20 cm dengan waktu pengamatan 4 hari)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kurniawati Wulandari
Lokasi : Labortorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : **FILTER KOMBINASI (Kerikil 15, arang 20, pasir 20) - Wetland - 4 hari**

NO	PARAMETER	Kode Sampel												Standar Kelas IV
		Filter Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'	Typha 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'	Satuan	
1	TSS	110	105	89	67	55	40	102	96	82	75	35	mg/L	400
2	pH	9,68	9,3	9,1	9	8,9	8,8	7,7	8,1	8,38	8,40	8,50		5-9
3	Suhu	26,02	26,03	26,01	26,00	25,90	25,80	25,59	25,80	26,00	26,00	26,00	°C	21
4	TDS	3470,00	1230,00	1225,00	1220,00	1215,00	1210,00	1040,00	950,00	837,00	830,00	825,00	mg/L	2000
5	BOD	140,00	165,00	155,00	147,00	145,00	140,00	195,00	190,00	183,00	180,00	175,00	mg/L	12
6	COD	181,00	235,00	225,00	216,00	210,00	200,00	244,00	240,00	236,00	235,00	231,00	mg/L	100

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng.Andre Primantyo Hendrawan,ST.,MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Prasetyo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

7. Hasil uji parameter kualitas air dari perlakuan filter bertingkat (Ketebalan kerikil 15 cm, arang 20 cm, pasir 25 cm dengan waktu pengamatan 4 hari)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : 21 /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kurniawati Wulandari
Lokasi : Labortorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : **FILTER KOMBINASI (Kerikil 15, arang 20, pasir 25) - Wetland - 4 hari**

NO	PARAMETER	Kode Sampel												Standar Kelas IV
		Filter Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'	Typha 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'	Satuan	
1	TSS	110	40	35	30	25	20	45	43	38	28	20	mg/L	400
2	pH	9,69	9,5	8,3	8,8	8,3	8,0	9,0	8,8	8,5	8,20	8,00		5-9
3	Suhu	26,02	26,00	25,80	25,50	25,20	25,00	25,80	25,60	25,50	25,20	25,00	°C	21
4	TDS	3470,00	1200,00	1000,00	910,00	840,00	800,00	1000,00	950,00	880,00	800,00	750,00	mg/L	2000
5	BOD	140,00	135,00	130,00	125,00	110,00	100,00	130,00	127,00	125,00	110,00	100,00	mg/L	12
6	COD	181,00	160,00	150,00	140,00	130,00	125,00	155,00	150,00	140,00	130,00	120,00	mg/L	100

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng.Andre Primantyo Hendrawan,ST.,MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Prasetyo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

8. Hasil uji parameter kualitas air dari perlakuan filter bertingkat
(Ketebalan kerikil 15 cm, arang 20 cm, pasir 15 cm dengan waktu pengamatan 6 hari)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : 16 /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kurniawati Wulandari
Lokasi : Labortorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : FILTER KOMBINASI (Kerikil 15, arang 20, pasir 15) - Wetland - 6 hari

NO	PARAMETER	Kode Sampel												Standar Kelas IV
		Filter Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'	Typha 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'	Satuan	
1	TSS	110	95	90	80	60	50	90	80	70	60	50	mg/L	400
2	pH	9,69	8,6	8,5	8,4	8,3	8,1	8,4	8,3	8,2	8,10	8,00		5-9
3	Suhu	26,02	25,80	25,70	25,60	25,40	25,10	25,25	25,24	25,23	25,22	25,20	oC	21
4	TDS	3470,00	1250,00	1240,00	1230,00	1220,00	1210,00	1200,00	1190,00	1180,00	1120,00	1100,00	mg/L	2000
5	BOD	140,00	139,00	137,00	135,00	132,00	130,00	138,00	137,00	136,00	133,00	130,00	mg/L	12
6	COD	181,00	185,00	187,00	188,00	189,00	190,00	220,00	210,00	200,00	180,00	160,00	mg/L	100

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng. Andre Primantyo Hendrawan,ST., MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Prasetyo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

9. Hasil uji parameter kualitas air dari perlakuan filter bertingkat
(Ketebalan kerikil 15 cm, arang 20 cm, pasir 20 cm dengan waktu pengamatan 6 hari)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : 19 /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kurniawati Wulandari
Lokasi : Labortorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : FILTER KOMBINASI (Kerikil 15, arang 20, pasir 20) - Wetland - 6 hari

NO	PARAMETER	Kode Sampel												Standar Kelas IV
		Filter Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'	Typha 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'	Satuan	
1	TSS	110	95	86	58	47	35	98	93	80	65	50	mg/L	400
2	pH	9,69	9,1	9,0	8,8	8,6	8,0	7,5	7,9	8,2	8,10	8,00		5-9
3	Suhu	26,02	25,98	25,86	25,71	25,68	25,00	25,54	25,77	25,82	25,84	26,00	°C	21
4	TDS	3470,00	1224,00	1219,00	1120,00	1103,00	1000,00	1028,00	923,00	826,00	819,00	800,00	mg/L	2000
5	BOD	140,00	137,00	135,00	128,00	122,00	120,00	194,00	188,00	177,00	164,00	160,00	mg/L	12
6	COD	181,00	178,00	171,00	165,00	159,00	150,00	230,00	226,00	217,00	204,00	200,00	mg/L	100

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng.Andre Primantyo Hendrawan,ST.,MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Prasetyo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

10. Hasil uji parameter kualitas air dari perlakuan filter bertingkat (Ketebalan kerikil 15 cm, arang 20 cm, pasir 25 cm dengan waktu pengamatan 6 hari)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
Jalan mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

HASIL ANALISA

No Surat : 22 /UN10.F07.61/LL/6/2017
Pemilik Sampel : Lies Kumiawati Wulandari
Lokasi : Labortorium Tanah dan Airtanah
Tanggal sampel diukur : 13/12/2016 - 17/1/2017
Kode Sampel : FILTER KOMBINASI (Kerikil 15, arang 20, pasir 25) - Wetland - 6 hari

NO	PARAMETER	Kode Sampel												Standar Kelas IV
		Filter Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'	Typha 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'	Satuan	
1	TSS	110	22	18	15	12	9	20	15	10	5	0	mg/L	400
2	pH	9,89	11,0	10,5	10	9,3	8,7	11,1	10,7	10,2	9,80	9,02		5-9
3	Suhu	26,02	27,20	26,50	26,00	25,90	25,71	27,00	26,80	26,40	26,30	26,17	°C	21
4	TDS	3470,00	1205,00	1200,00	1000,00	818,00	790,00	1112,00	980,00	910,00	870,00	700,00	mg/L	2000
5	BOD	140,00	135,00	120,00	112,00	98,00	91,00	130,00	118,00	100,00	87,00	57,00	mg/L	12
6	COD	181,00	160,00	140,00	125,00	115,00	105,00	155,00	145,00	134,00	110,00	96,00	mg/L	100

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr.Eng.Andre Primantyo Hendrawan,ST.,MT.
NIP. 19710312 200112 1 002

Malang, Juni 2017
Laboran,

Prasetyo Rubiantoro, SP.
NIP. 19801210 200212 1 002

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

LAMPIRAN 2

DOKUMENTASI PENELITIAN

Tanggal	Gambar	Keterangan
18 Januari 2017		Stasiun penelitian di IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas, Kota Malang.
18 Januari 2017		Kolam penampungan limbah domestik *blackwater* di IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas.
08 November 2017		Kolam penampungan limbah domestik *blackwater* setelah diproses di IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas.
21 Desember 2016		Proses pengambilan *blackwater* dari kolam penampungan di IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas.
21 Desember 2016		Pengisian *blackwater* pada filter.

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

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

06 November 2017		Ayakan pasir dan arang aktif yang sudah ditumbuk.
20 Desember 2016		Box percobaan untuk filter dan *wetland*.
02 Januari 2017		Proses pembuatan wetland dengan tanaman Akar Wangi.
02 Januari 2017		*Wetland* dengan tanaman Akar Wangi pada saat proses pengamatan.

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

02 Januari 2017		*Wetland* dengan tanaman *Cattail* pada saat proses pengamatan.
02 Januari 2017		Fitoremediasi limbah domestik *blackwater* dengan tanaman *Cattail*.
08 November 2017		Perbandingan secara visual antara *blackwater* input dan output dari IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas.

30 Desember 2016		Pengukuran pH dengan menggunakan kertas lakmus.
27 Desember 2016		Output pengolahan limbah domestik *blackwater*setelah diberi perlakuan filter bertingkat.
27 Desember 2016		Output pengolahan limbah domestik *blackwater* setelah kombinasi perlakuan filter bertingkat dan dilanjut dengan *wetland*.

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

15 Januari 2017		*Blackwater* sebelum diberi perlakuan filter bertingkat dan *wetland*.
15 Januari 2017		*Blackwater* setelah diberi perlakuan filter bertingkat.
15 Januari 2017		*Blackwater* setelah diberi perlakuan filter bertingkat dan *wetland*.

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN 3

HASIL ANALISIS SEM-EDAX

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

Microanalysis Report

EDAX TSL

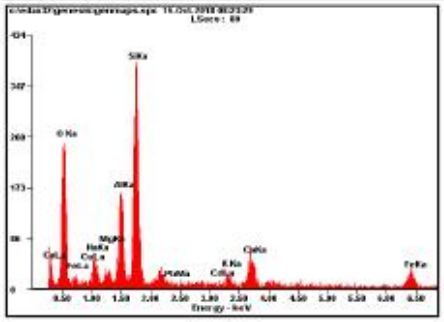
AMETEK

10/15/2018

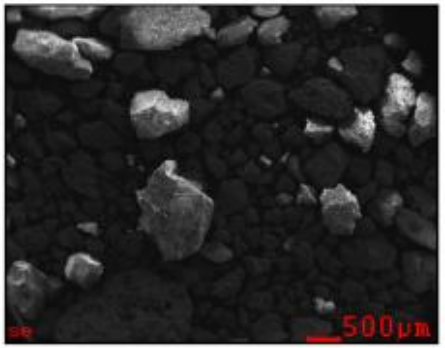
Prepared for: Lies Kurniawati Wulandari -UB

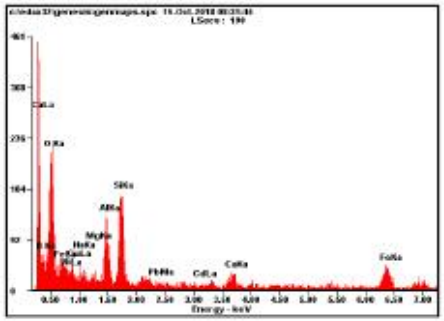
Prepared by: Laboratorium Sentral FMIPA UM

B650 (Pasir 0)

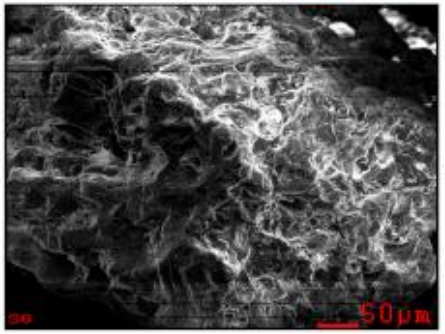


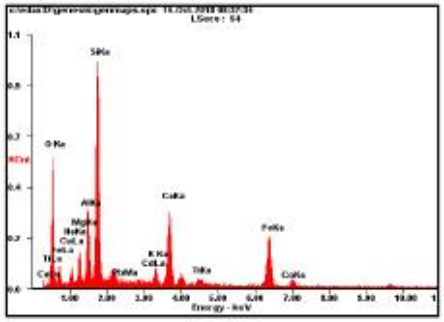
Element	Wt%	At%
OK	42.87	58.66
NaK	04.79	04.56
MgK	01.74	01.56
AlK	10.66	08.65
SiK	25.40	19.80
PbM	00.00	00.00
CdL	00.26	00.05
KK	01.53	00.86
CaK	05.70	03.11
FeK	06.61	02.59
CuK	00.44	00.15
Matrix	Correction	ZAF



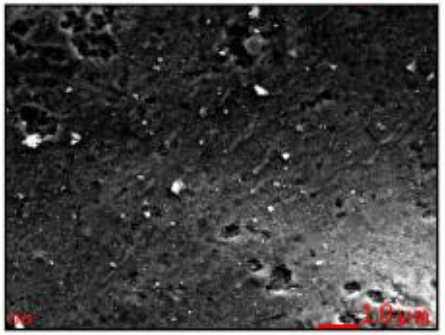


Element	Wt%	At%
NK	08.73	13.42
OK	41.33	55.66
CuL	04.47	01.51
NaK	03.85	03.61
MgK	01.84	01.63
AlK	09.17	07.32
SiK	12.86	09.87
PbM	00.36	00.04
CdL	00.00	00.00
CaK	02.06	01.11
FeK	10.60	04.09
NiK	04.73	01.74
Matrix	Correction	ZAF





Element	Wt%	At%
OK	32.06	50.49
CuL	01.30	00.52
NaK	02.90	03.17
MgK	03.71	03.84
AlK	07.38	06.89
SiK	21.41	19.21
PbM	00.70	00.09
CdL	00.26	00.06
KK	01.57	01.01
CaK	09.54	06.00
TiK	01.25	00.66
FeK	17.50	07.89
CoK	00.41	00.18
Matrix	Correction	ZAF



Repository Universitas Brawijaya

Microanalysis Report

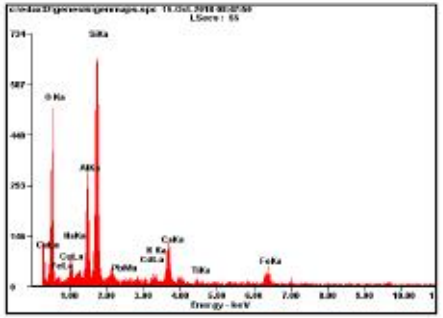
EDAX AMETEK

10/15/2018

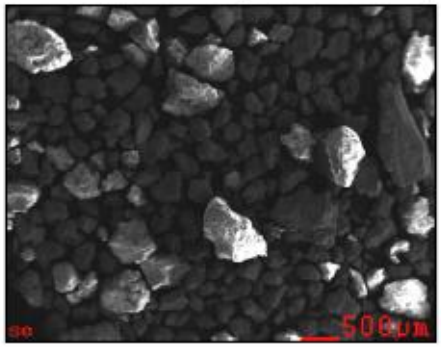
Prepared for: *Lies Kurniawati Wulandari -UB*

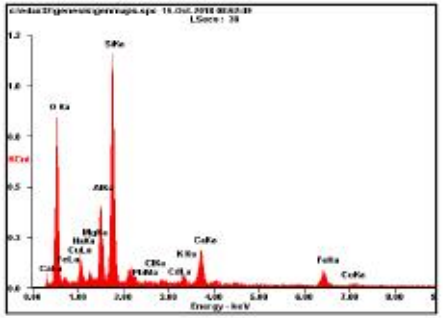
Prepared by: *Laboratorium Sentral FMIPA UM*

B651 (Pasir 2)

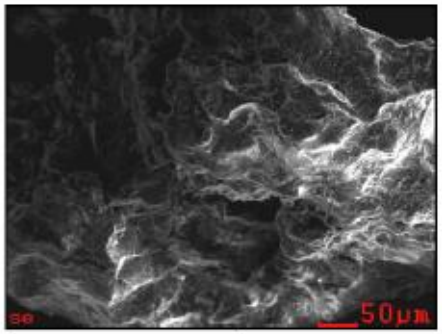


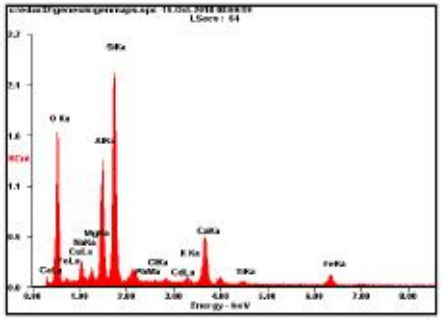
Element	Wt%	At%
OK	44.87	61.24
CuL	00.96	00.33
NaK	03.96	03.76
AlK	10.93	08.85
SiK	24.71	19.22
PbM	00.69	00.07
CdL	00.30	00.06
KK	01.36	00.76
CaK	05.79	03.15
TiK	00.65	00.30
FeK	05.78	02.26
Matrix	Correction	ZAF



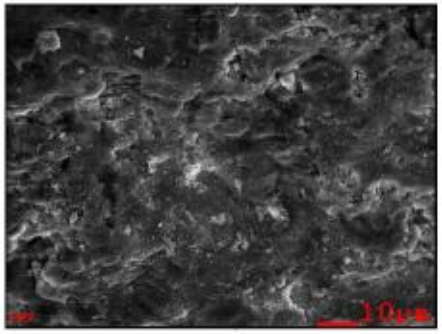


Element	Wt%	At%
OK	43.43	59.82
CuL	01.30	00.45
NaK	04.77	04.57
MgK	01.39	01.26
AlK	09.36	07.65
SiK	24.98	19.60
PbM	00.88	00.09
ClK	00.26	00.16
CdL	00.48	00.10
KK	01.42	00.80
CaK	05.67	03.12
FeK	05.81	02.29
CoK	00.25	00.09
Matrix	Correction	ZAF





Element	Wt%	At%
OK	42.46	58.68
CuL	01.08	00.38
NaK	03.51	03.38
MgK	01.59	01.45
AlK	13.18	10.80
SiK	23.47	18.47
PbM	00.96	00.10
ClK	00.42	00.26
CdL	00.47	00.09
KK	00.76	00.43
CaK	07.21	03.98
TiK	00.66	00.31
FeK	04.23	01.67
Matrix	Correction	ZAF



Repository Universitas Brawijaya

Microanalysis Report

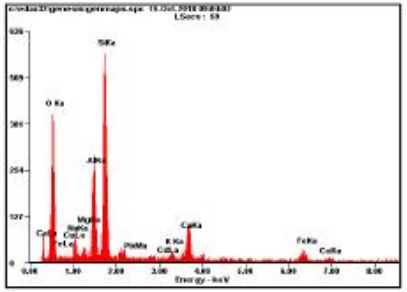
EDAX AMETEK

10/15/2018

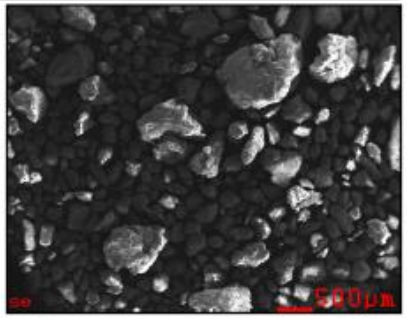
Prepared for: *Lies Kurniawati Wulandari -UB*

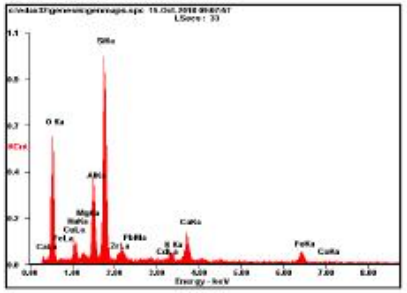
Prepared by: *Laboratorium Sentral FMIPA UM*

B652 (Pasir 6)

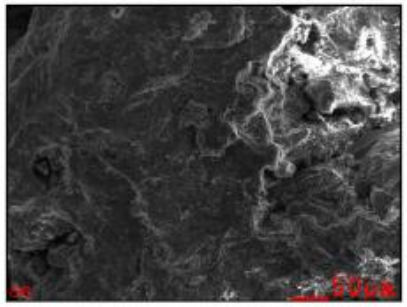


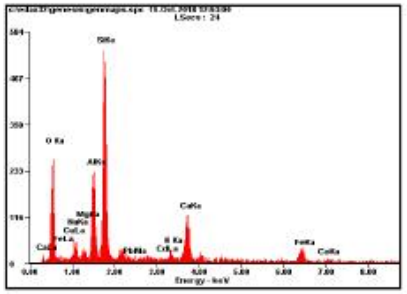
Element	Wt%	At%
OK	41.81	58.15
CaL	01.46	00.51
NaK	04.31	04.17
MgK	01.63	01.49
AlK	12.07	09.95
SiK	24.53	19.44
PbM	00.88	00.09
CdL	00.74	00.15
KK	01.12	00.64
CaK	05.54	03.08
FeK	05.00	01.99
CoK	00.91	00.34
Matrix	Correction	ZAF



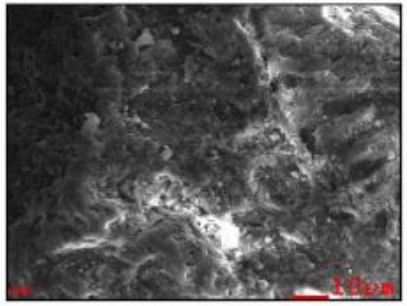


Element	Wt%	At%
OK	41.91	58.69
CaL	00.79	00.28
NaK	04.37	04.26
MgK	00.93	00.86
AlK	10.07	08.37
SiK	26.33	21.00
ZrL	02.42	00.60
PbM	00.98	00.11
CdL	00.40	00.08
KK	01.60	00.92
CaK	04.81	02.69
FeK	05.07	02.03
CoK	00.31	00.12
Matrix	Correction	ZAF





Element	Wt%	At%
OK	36.09	52.50
CaL	01.16	00.43
NaK	03.92	03.97
MgK	01.63	01.56
AlK	11.95	10.31
SiK	26.95	22.34
PbM	00.68	00.08
CdL	00.60	00.13
KK	00.99	00.59
CaK	08.81	05.12
FeK	06.54	02.73
CoK	00.65	00.26
Matrix	Correction	ZAF



Repository Universitas Brawijaya

Microanalysis Report

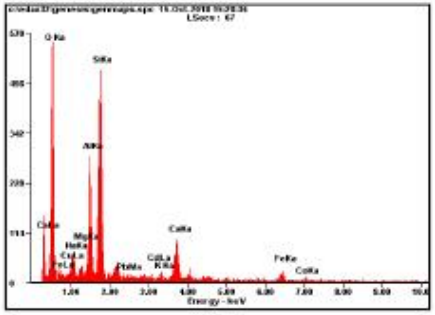
EDAX SL — AMETEK

10/15/2018

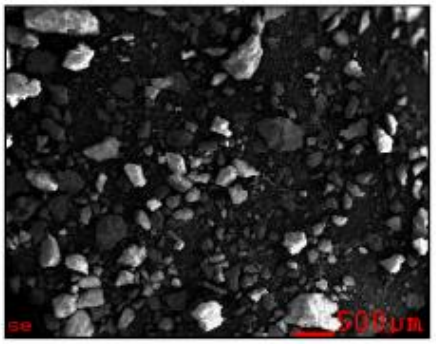
Prepared for: *Lies Kurniawati Wulandari -UB*

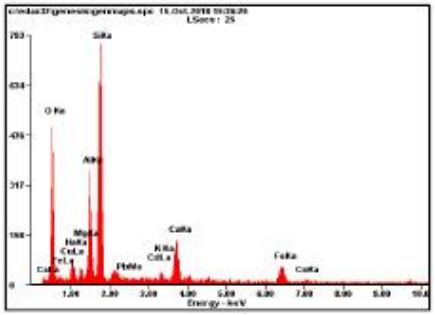
Prepared by: *Laboratorium Sentral FMIPA UM*

B653 (Kerikil 0)

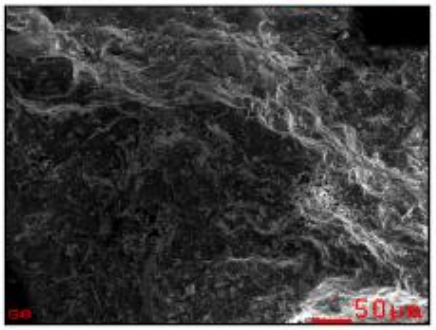


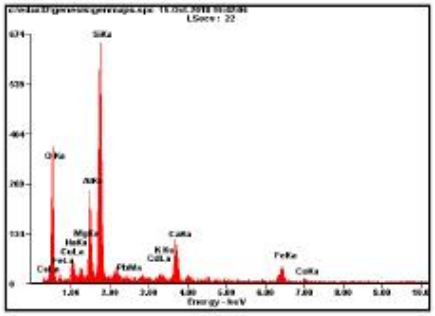
Element	Wt%	At%
OK	27.70	46.33
CuL	00.00	00.00
NaK	01.46	01.70
MgK	00.17	00.19
AlK	11.49	11.39
SiK	20.94	19.95
PbM	00.00	00.00
CdL	00.00	00.00
KK	00.90	00.62
CaK	10.19	06.80
FeK	27.15	13.01
Matrix	Correction	ZAF



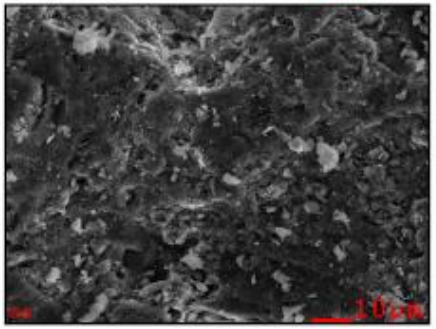


Element	Wt%	At%
OK	40.77	57.18
CuL	00.90	00.32
NaK	03.69	03.61
MgK	01.20	01.10
AlK	11.69	09.72
SiK	25.42	20.30
PbM	00.00	00.00
CdL	00.28	00.06
KK	01.37	00.79
CaK	06.57	03.68
FeK	07.49	03.01
CoK	00.62	00.24
Matrix	Correction	ZAF





Element	Wt%	At%
OK	39.42	55.62
CuL	00.54	00.19
NaK	04.32	04.24
MgK	01.38	01.28
AlK	10.62	08.88
SiK	27.65	22.22
PbM	00.44	00.05
CdL	00.29	00.06
KK	01.17	00.68
CaK	06.67	03.76
FeK	07.09	02.87
CoK	00.41	00.16
Matrix	Correction	ZAF



Repository Universitas Brawijaya

Microanalysis Report

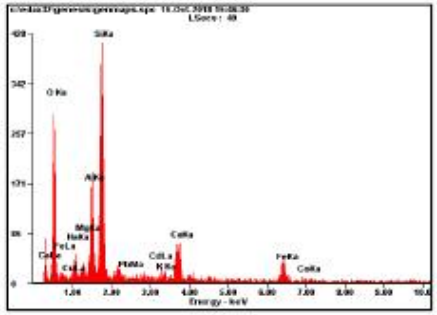
EDAX SL
AMETEK

10/15/2018

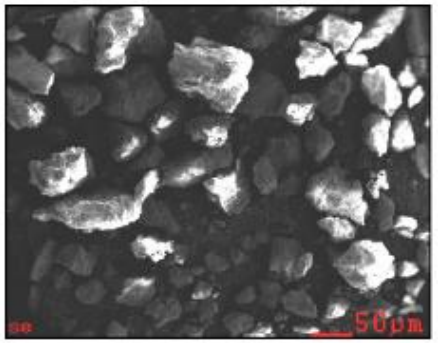
Prepared for: Lies Kurniawati Wulandari -UB

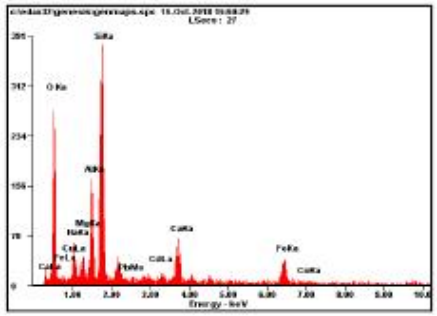
Prepared by: Laboratorium Sentral FMIPA UM

B654 (Kerikil 2)

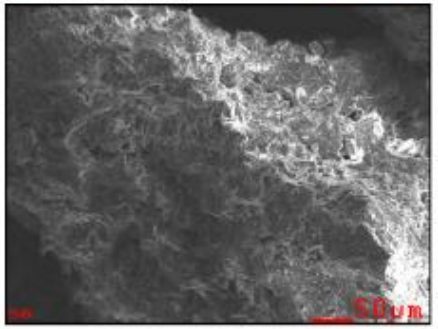


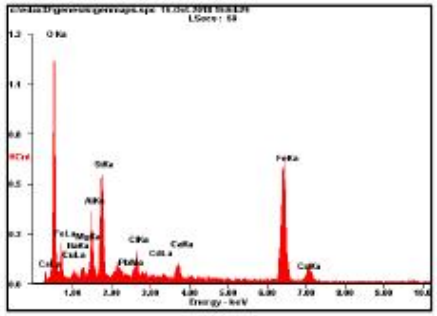
Element	Wt%	At%
OK	40.79	57.72
CuL	01.42	00.51
NaK	04.08	04.02
MgK	01.70	01.58
AlK	11.60	09.73
SiK	23.35	18.82
PbM	00.86	00.09
CdL	00.71	00.14
KK	01.22	00.70
CaK	05.78	03.26
FeK	07.33	02.97
CoK	01.17	00.45
Matrix	Correction	ZAF



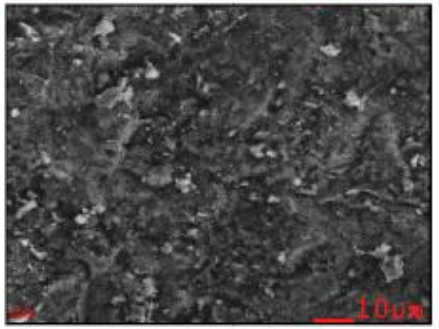


Element	Wt%	At%
OK	40.55	57.44
CuL	01.49	00.53
NaK	04.36	04.30
MgK	02.48	02.31
AlK	10.77	09.05
SiK	23.66	19.09
PbM	01.03	00.11
CdL	00.40	00.08
CaK	05.75	03.25
FeK	08.81	03.57
CoK	00.68	00.26
Matrix	Correction	ZAF





Element	Wt%	At%
OK	34.26	57.61
CuL	01.70	00.72
NaK	01.73	02.02
MgK	01.10	01.22
AlK	06.76	06.74
SiK	09.81	09.40
PbM	00.54	00.07
ClK	02.44	01.85
CdL	00.00	00.00
CaK	01.70	01.14
FeK	39.09	18.83
CoK	00.87	00.40
Matrix	Correction	ZAF



Repository Universitas Brawijaya

Microanalysis Report

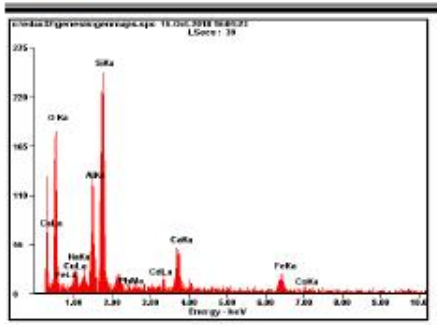
EDAX AMETEK

10/15/2018

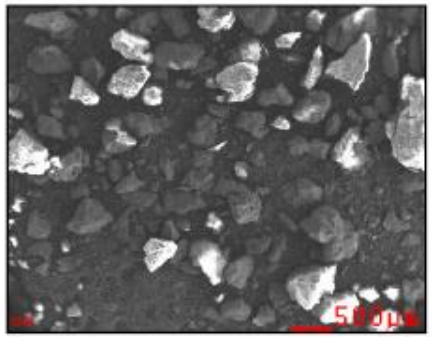
Prepared for: *Lies Kurniawati Wulandari -UB*

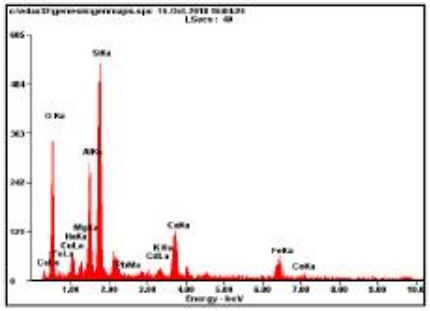
Prepared by: *Laboratorium Sentral FMIPA UM*

B655 (Kerikil 6)

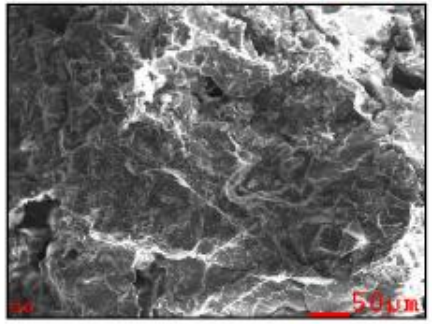


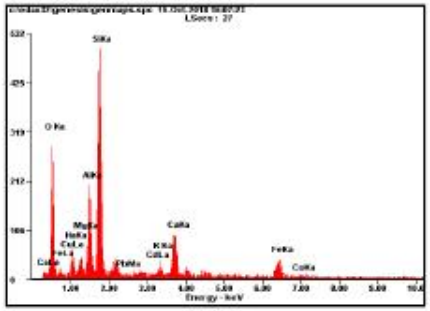
Element	Wt%	At%
OK	44.27	60.31
CuL	01.07	00.37
NaK	03.58	03.39
AlK	12.93	10.44
SiK	25.02	19.41
PbM	00.00	00.00
CdL	00.00	00.00
CaK	06.27	03.41
FeK	06.31	02.46
CoK	00.54	00.20
Matrix	Correction	ZAF



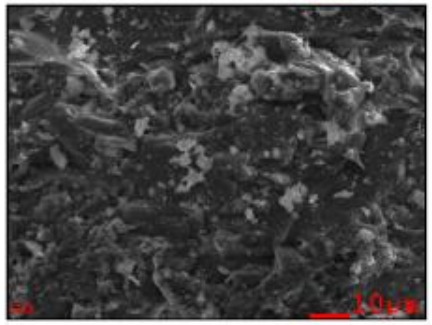


Element	Wt%	At%
OK	38.39	55.12
CuL	00.93	00.34
NaK	03.76	03.76
MgK	01.59	01.50
AlK	12.68	10.80
SiK	24.19	19.79
PbM	00.80	00.09
CdL	00.26	00.05
KK	01.29	00.76
CaK	07.29	04.18
FeK	08.00	03.29
CoK	00.83	00.32
Matrix	Correction	ZAF





Element	Wt%	At%
OK	36.47	53.75
CuL	01.34	00.50
NaK	04.33	04.44
MgK	02.26	02.19
AlK	11.36	09.93
SiK	23.54	19.77
PbM	01.61	00.18
CdL	01.50	00.31
KK	01.63	00.98
CaK	07.42	04.37
FeK	07.39	03.12
CoK	01.15	00.46
Matrix	Correction	ZAF



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID

Repository Universitas Brawijaya

LAMPIRAN 4

OUTPUT ANALISIS DATA

Repository Universitas Brawijaya

Lampiran Persamaan Linier

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.178[a]	.032	-.007	.41874

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.143	1	.143	.816	.375[b]
	Residual	4.384	25	.175		
	Total	4.527	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - pH

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9.170	.759		12.084	.000
	Debit Air	-.003	.003	-.178	-.903	.375

a. Dependent Variable: Akar Wangi - pH

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.155[a]	.024	-.015	.42037

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.109	1	.109	.616	.440[b]
	Residual	4.418	25	.177		
	Total	4.527	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - pH

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8.800	.405		21.755	.000
	Ketebalan Pasir	-.016	.020	-.155	-.785	.440

a. Dependent Variable: Akar Wangi - pH

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.609[a]	.371	.346	.33741

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.681	1	1.681	14.762	.001[b]
	Residual	2.846	25	.114		
	Total	4.527	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - pH

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9.100	.172		52.969	.000
	Waktu Tinggal	-.153	.040	-.609	-3.842	.001

a. Dependent Variable: Akar Wangi - pH

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.639[a]	.408	.331	.34120

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.849	3	.616	5.295	.006[b]
	Residual	2.678	23	.116		
	Total	4.527	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - pH

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9.786	.639		15.315	.000
	Debit Air	-.002	.003	-.133	-.716	.481
	Ketebalan Pasir	-.009	.019	-.087	-.469	.644
	Waktu Tinggal	-.153	.040	-.609	-3.799	.001

a. Dependent Variable: Akar Wangi - pH

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.086[a]	.007	-.032	.34453

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.022	1	.022	.188	.669[b]
	Residual	2.967	25	.119		
	Total	2.990	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Suhu

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	25.877	.624		41.445	.000
	Debit Air	-.001	.003	-.086	-.433	.669

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Suhu

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.144[a]	.021	-.018	.34219

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.062	1	.062	.533	.472[b]
	Residual	2.927	25	.117		
	Total	2.990	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Suhu

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	25.844	.329		78.489	.000
	Ketebalan Pasir	-.012	.016	-.144	-.730	.472

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Suhu

Repository Universitas Brawijaya

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.549[a]	.302	.274	.28896

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.902	1	.902	10.806	.003[b]
	Residual	2.087	25	.083		
	Total	2.990	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Suhu

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	26.056	.147		177.095	.000
	Waktu Tinggal	-.112	.034	-.549	-3.287	.003

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Suhu

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.568[a]	.323	.235	.29668

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.965	3	.322	3.656	.027[b]
	Residual	2.024	23	.088		
	Total	2.990	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Suhu

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Repository Universitas Brawijaya

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	26.331	.556		47.390	.000
	Debit Air	-.000	.003	-.017	-.087	.932
	Ketebalan Pasir	-.011	.016	-.136	-.681	.503
	Waktu Tinggal	-.112	.035	-.549	-3.202	.004

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Suhu

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.569[a]	.324	.297	14.65904

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2576.479	1	2576.479	11.990	.002[b]
	Residual	5372.187	25	214.887		
	Total	7948.667	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TSS

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	128.692	26.566		4.844	.000
	Debit Air	-.406	.117	-.569	-3.463	.002

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TSS

Repository Universitas Brawijaya

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.925[a]	.856	.850	6.76199

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6805.556	1	6805.556	148.838	.000[b]
	Residual	1143.111	25	45.724		
	Total	7948.667	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TSS

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	115.000	6.507		17.674	.000
	Ketebalan Pasir	-3.889	.319	-.925	-12.200	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TSS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.338[a]	.115	.079	16.77909

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	910.222	1	910.222	3.233	.084[b]
	Residual	7038.444	25	281.538		
	Total	7948.667	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TSS

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	51.444	8.543		6.021	.000
	Waktu Tinggal	-3.556	1.977	-.338	-1.798	.084

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TSS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.992[a]	.984	.982	2.35996

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7820.571	3	2606.857	468.069	.000[b]
	Residual	128.096	23	5.569		
	Total	7948.667	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TSS

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	144.946	4.420		32.794	.000
	Debit Air	-.095	.022	-.133	-4.338	.000
	Ketebalan Pasir	-3.604	.129	-.858	-27.895	.000
	Waktu Tinggal	-3.556	.278	-.338	-12.784	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TSS

Repository Universitas Brawijaya

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.636[a]	.405	.381	164.35594

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	458942.413	1	458942.413	16.990	.000[b]
	Residual	675321.883	25	27012.875		
	Total	1134264.296	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TDS

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2277.429	297.861		7.646	.000
	Debit Air	-5.412	1.313	-.636	-4.122	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TDS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.849[a]	.721	.710	112.48890

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	817920.500	1	817920.500	64.639	.000[b]
	Residual	316343.796	25	12653.752		
	Total	1134264.296	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TDS

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1909.296	108.242		17.639	.000
	Ketebalan Pasir	-42.633	5.303	-.849	-8.040	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TDS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.291[a]	.085	.048	203.75513

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	96360.500	1	96360.500	2.321	.140[b]
	Residual	1037903.796	25	41516.152		
	Total	1134264.296	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TDS

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1202.963	103.747		11.595	.000
	Waktu Tinggal	-36.583	24.013	-.291	-1.523	.140

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TDS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.929[a]	.862	.844	82.38580

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	978153.654	3	326051.218	48.038	.000[b]
	Residual	156110.642	23	6787.419		
	Total	1134264.296	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TDS

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2443.834	154.296		15.839	.000
	Debit Air	-2.345	.764	-.276	-3.068	.005
	Ketebalan Pasir	-35.599	4.510	-.709	-7.893	.000
	Waktu Tinggal	-36.583	9.709	-.291	-3.768	.001

a. Dependent Variable: Akar Wangi - TDS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.658[a]	.433	.410	14.81238

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4185.575	1	4185.575	19.077	.000[b]
	Residual	5485.166	25	219.407		
	Total	9670.741	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - BOD

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	239.104	26.844		8.907	.000
	Debit Air	-.517	.118	-.658	-4.368	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - BOD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.815[a]	.664	.651	11.39916

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6422.222	1	6422.222	49.424	.000[b]
	Residual	3248.519	25	129.941		
	Total	9670.741	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - BOD

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	198.074	10.969		18.058	.000
	Ketebalan Pasir	-3.778	.537	-.815	-7.030	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - BOD

Repository Universitas Brawijaya

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.372[a]	.138	.104	18.26036

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1334.722	1	1334.722	4.003	.056[b]
	Residual	8336.019	25	333.441		
	Total	9670.741	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - BOD

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	139.741	9.298		15.030	.000
	Waktu Tinggal	-4.306	2.152	-.372	-2.001	.056

a. Dependent Variable: Akar Wangi - BOD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.939[a]	.882	.867	7.04086

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	8530.546	3	2843.515	57.359	.000[b]
	Residual	1140.195	23	49.574		
	Total	9670.741	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - BOD

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Repository Universitas Brawijaya

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	258.019	13.186		19.567	.000
	Debit Air	-.258	.065	-.328	-3.950	.001
	Ketebalan Pasir	-3.004	.385	-.648	-7.792	.000
	Waktu Tinggal	-4.306	.830	-.372	-5.189	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - BOD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.591[a]	.349	.323	31.02118

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12894.820	1	12894.820	13.400	.001[b]
	Residual	24057.847	25	962.314		
	Total	36952.667	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - COD

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	372.854	56.219		6.632	.000
	Debit Air	-.907	.248	-.591	-3.661	.001

a. Dependent Variable: Akar Wangi - COD

Repository Universitas Brawijaya

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.825[a]	.681	.668	21.71630

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	25162.722	1	25162.722	53.356	.000[b]
	Residual	11789.944	25	471.598		
	Total	36952.667	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - COD

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	317.778	20.897		15.207	.000
	Ketebalan Pasir	-7.478	1.024	-.825	-7.305	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - COD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.403[a]	.163	.129	35.17913

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6013.389	1	6013.389	4.859	.037[b]
	Residual	30939.278	25	1237.571		
	Total	36952.667	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - COD

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Repository Universitas Brawijaya

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	204.778	17.912		11.432	.000
	Waktu Tinggal	-9.139	4.146	-.403	-2.204	.037

a. Dependent Variable: Akar Wangi - COD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.940[a]	.883	.868	13.69946

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	32636.140	3	10878.713	57.966	.000[b]
	Residual	4316.527	23	187.675		
	Total	36952.667	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - COD

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	413.026	25.657		16.098	.000
	Debit Air	-.355	.127	-.231	-2.789	.010
	Ketebalan Pasir	-6.414	.750	-.708	-8.553	.000
	Waktu Tinggal	-9.139	1.614	-.403	-5.661	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - COD

Repository Universitas Brawijaya

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.584[a]	.342	.315	.82751002

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	8.881	1	8.881	12.969	.001[b]
	Residual	17.119	25	.685		
	Total	26.000	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Kualitas Air

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5.370	1.500		3.581	.001
	Debit Air	-.024	.007	-.584	-3.601	.001

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Kualitas Air

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.802[a]	.643	.628	.60953479

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	16.712	1	16.712	44.980	.000[b]
	Residual	9.288	25	.372		
	Total	26.000	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Kualitas Air

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.854	.587		6.571	.000
	Ketebalan Pasir	-.193	.029	-.802	-6.707	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Kualitas Air

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.467[a]	.218	.187	.90170206

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5.673	1	5.673	6.978	.014[b]
	Residual	20.327	25	.813		
	Total	26.000	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Kualitas Air

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.123	.459		2.446	.022
	Waktu Tinggal	-.281	.106	-.467	-2.642	.014

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Kualitas Air

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.950[a]	.903	.890	.33092878

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	23.481	3	7.827	71.471	.000[b]
	Residual	2.519	23	.110		
	Total	26.000	26			

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Kualitas Air

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6.585	.620		10.625	.000
	Debit Air	-.010	.003	-.238	-3.164	.004
	Ketebalan Pasir	-.164	.018	-.680	-9.029	.000
	Waktu Tinggal	-.281	.039	-.467	-7.198	.000

a. Dependent Variable: Akar Wangi - Kualitas Air

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.159[a]	.025	-.014	.42414

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.117	1	.117	.649	.428[b]
	Residual	4.497	25	.180		
	Total	4.614	26			

a. Dependent Variable: Cattail - pH

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9.001	.769		11.710	.000
	Debit Air	-.003	.003	-.159	-.806	.428

a. Dependent Variable: Cattail - pH

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.154[a]	.024	-.015	.42451

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.109	1	.109	.604	.444[b]
	Residual	4.505	25	.180		
	Total	4.614	26			

a. Dependent Variable: Cattail - pH

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8.696	.408		21.289	.000
	Ketebalan Pasir	-.016	.020	-.154	-.777	.444

a. Dependent Variable: Cattail - pH

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.176[a]	.031	-.008	.42294

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.142	1	.142	.795	.381[b]
	Residual	4.472	25	.179		
	Total	4.614	26			

a. Dependent Variable: Cattail - pH

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8.563	.215		39.763	.000
	Waktu Tinggal	-.044	.050	-.176	-.892	.381

a. Dependent Variable: Cattail - pH

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.252[a]	.063	-.059	.43350

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.292	3	.097	.518	.674[b]
	Residual	4.322	23	.188		
	Total	4.614	26			

a. Dependent Variable: Cattail – pH,

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9.184	.812		11.313	.000
	Debit Air	-.002	.004	-.109	-.466	.646
	Ketebalan Pasir	-.010	.024	-.098	-.418	.679
	Waktu Tinggal	-.044	.051	-.176	-.870	.393

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

a. Dependent Variable: Cattail - pH

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.193[a]	.037	-.001	.50675

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.249	1	.249	.971	.334[b]
	Residual	6.420	25	.257		
	Total	6.669	26			

a. Dependent Variable: Cattail - Suhu

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	26.594	.918		28.958	.000
	Debit Air	-.004	.004	-.193	-.986	.334

a. Dependent Variable: Cattail - Suhu

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.210[a]	.044	.006	.50499

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.294	1	.294	1.152	.293[b]
	Residual	6.375	25	.255		
	Total	6.669	26			

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

a. Dependent Variable: Cattail - Suhu

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	26.205	.486		53.928	.000
	Ketebalan Pasir	-.026	.024	-.210	-1.074	.293

a. Dependent Variable: Cattail - Suhu

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.359[a]	.129	.094	.48213

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.858	1	.858	3.691	.066[b]
	Residual	5.811	25	.232		
	Total	6.669	26			

a. Dependent Variable: Cattail - Suhu

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	26.131	.245		106.444	.000
	Waktu Tinggal	-.109	.057	-.359	-1.921	.066

a. Dependent Variable: Cattail - Suhu

Repository Universitas Brawijaya

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.428[a]	.183	.076	.48677

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.219	3	.406	1.716	.192[b]
	Residual	5.450	23	.237		
	Total	6.669	26			

a. Dependent Variable: Cattail - Suhu

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	27.041	.912		29.662	.000
	Debit Air	-.002	.005	-.117	-.534	.599
	Ketebalan Pasir	-.018	.027	-.150	-.688	.499
	Waktu Tinggal	-.109	.057	-.359	-1.903	.070

a. Dependent Variable: Cattail - Suhu

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.466[a]	.217	.186	15.92404

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1755.587	1	1755.587	6.923	.014[b]
	Residual	6339.376	25	253.575		
	Total	8094.963	26			

a. Dependent Variable: Cattail - TSS

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	109.468	28.859		3.793	.001
	Debit Air	-.335	.127	-.466	-2.631	.014

a. Dependent Variable: Cattail - TSS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.899[a]	.807	.800	7.89660

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6536.056	1	6536.056	104.818	.000[b]
	Residual	1558.907	25	62.356		
	Total	8094.963	26			

a. Dependent Variable: Cattail - TSS

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	110.185	7.599		14.501	.000
	Ketebalan Pasir	-3.811	.372	-.899	-10.238	.000

a. Dependent Variable: Cattail - TSS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.343[a]	.118	.082	16.90157

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	953.389	1	953.389	3.337	.080[b]
	Residual	7141.574	25	285.663		
	Total	8094.963	26			

a. Dependent Variable: Cattail - TSS

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	48.519	8.606		5.638	.000
	Waktu Tinggal	-3.639	1.992	-.343	-1.827	.080

a. Dependent Variable: Cattail - TSS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.962[a]	.925	.916	5.12737

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7490.296	3	2496.765	94.971	.000[b]
	Residual	604.667	23	26.290		
	Total	8094.963	26			

a. Dependent Variable: Cattail - TSS

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	126.158	9.603		13.138	.000
	Debit Air	-.009	.048	-.012	-.180	.859

	Ketebalan Pasir	-3.785	.281	-.893	-13.486	.000
	Waktu Tinggal	-3.639	.604	-.343	-6.022	.000

a. Dependent Variable: Cattail - TSS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.428[a]	.183	.150	159.57387

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	142537.502	1	142537.502	5.598	.026[b]
	Residual	636595.461	25	25463.818		
	Total	779132.963	26			

a. Dependent Variable: Cattail - TDS

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1597.383	289.194		5.524	.000
	Debit Air	-3.016	1.275	-.428	-2.366	.026

a. Dependent Variable: Cattail - TDS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.863[a]	.744	.734	89.25659

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	579964.500	1	579964.500	72.798	.000[b]
	Residual	199168.463	25	7966.739		
	Total	779132.963	26			

a. Dependent Variable: Cattail - TDS

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1635.037	85.887		19.037	.000
	Ketebalan Pasir	-35.900	4.208	-.863	-8.532	.000

a. Dependent Variable: Cattail - TDS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.338[a]	.114	.078	166.17726

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	88760.889	1	88760.889	3.214	.085[b]
	Residual	690372.074	25	27614.883		
	Total	779132.963	26			

a. Dependent Variable: Cattail - TDS

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1057.481	84.613		12.498	.000
	Waktu Tinggal	-35.111	19.584	-.338	-1.793	.085

a. Dependent Variable: Cattail - TDS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.927[a]	.858	.840	69.24489

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	668851.308	3	222950.436	46.498	.000[b]
	Residual	110281.655	23	4794.855		
	Total	779132.963	26			

a. Dependent Variable: Cattail - TDS

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1758.245	129.685		13.558	.000
	Debit Air	.104	.642	.015	.162	.873
	Ketebalan Pasir	-36.212	3.791	-.870	-9.553	.000
	Waktu Tinggal	-35.111	8.161	-.338	-4.303	.000

a. Dependent Variable: Cattail - TDS

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.567[a]	.322	.295	31.13878

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11505.035	1	11505.035	11.865	.002[b]
	Residual	24240.595	25	969.624		
	Total	35745.630	26			

a. Dependent Variable: Cattail - BOD

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	328.994	56.433		5.830	.000
	Debit Air	-.857	.249	-.567	-3.445	.002

a. Dependent Variable: Cattail - BOD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.393[a]	.154	.120	34.77535

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5512.500	1	5512.500	4.558	.043[b]
	Residual	30233.130	25	1209.325		
	Total	35745.630	26			

a. Dependent Variable: Cattail - BOD

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	205.704	33.463		6.147	.000
	Ketebalan Pasir	-3.500	1.639	-.393	-2.135	.043

a. Dependent Variable: Cattail - BOD

Repository Universitas Brawijaya

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.448[a]	.200	.168	33.81454

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7160.056	1	7160.056	6.262	.019[b]
	Residual	28585.574	25	1143.423		
	Total	35745.630	26			

a. Dependent Variable: Cattail - BOD

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	175.593	17.218		10.198	.000
	Waktu Tinggal	-9.972	3.985	-.448	-2.502	.019

a. Dependent Variable: Cattail - BOD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.733[a]	.537	.476	26.83006

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19189.026	3	6396.342	8.886	.000[b]
	Residual	16556.603	23	719.852		
	Total	35745.630	26			

a. Dependent Variable: Cattail - BOD

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Repository Universitas Brawijaya

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	369.589	50.249		7.355	.000
	Debit Air	-.749	.249	-.496	-3.009	.006
	Ketebalan Pasir	-1.253	1.469	-.141	-.853	.402
	Waktu Tinggal	-9.972	3.162	-.448	-3.154	.004

a. Dependent Variable: Cattail - BOD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.601[a]	.361	.336	37.15183

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19525.538	1	19525.538	14.146	.001[b]
	Residual	34506.462	25	1380.258		
	Total	54032.000	26			

a. Dependent Variable: Cattail - COD

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	434.806	67.330		6.458	.000
	Debit Air	-1.116	.297	-.601	-3.761	.001

a. Dependent Variable: Cattail - COD

Repository Universitas Brawijaya

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.444[a]	.197	.165	41.65285

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	10658.000	1	10658.000	6.143	.020[b]
	Residual	43374.000	25	1734.960		
	Total	54032.000	26			

a. Dependent Variable: Cattail - COD

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	280.333	40.080		6.994	.000
	Ketebalan Pasir	-4.867	1.964	-.444	-2.479	.020

a. Dependent Variable: Cattail - COD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.528[a]	.279	.250	39.47249

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	15080.056	1	15080.056	9.679	.005[b]
	Residual	38951.944	25	1558.078		
	Total	54032.000	26			

a. Dependent Variable: Cattail - COD

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	240.889	20.098		11.985	.000
	Waktu Tinggal	-14.472	4.652	-.528	-3.111	.005

a. Dependent Variable: Cattail - COD

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.816[a]	.666	.623	27.99754

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	36003.169	3	12001.056	15.310	.000[b]
	Residual	18028.831	23	783.862		
	Total	54032.000	26			

a. Dependent Variable: Cattail - COD

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	493.849	52.435		9.418	.000
	Debit Air	-.940	.260	-.506	-3.619	.001
	Ketebalan Pasir	-2.047	1.533	-.187	-1.335	.195
	Waktu Tinggal	-14.472	3.300	-.528	-4.386	.000

a. Dependent Variable: Cattail - COD

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.610[a]	.372	.347	.80838788

a. Predictors: (Constant), Debit Air

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9.663	1	9.663	14.786	.001[b]
	Residual	16.337	25	.653		
	Total	26.000	26			

a. Dependent Variable: Cattail - Kualitas Air

b. Predictors: (Constant), Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5.602	1.465		3.824	.001
	Debit Air	-.025	.006	-.610	-3.845	.001

a. Dependent Variable: Cattail - Kualitas Air

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.768[a]	.590	.573	.65329350

a. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	15.330	1	15.330	35.920	.000[b]
	Residual	10.670	25	.427		
	Total	26.000	26			

a. Dependent Variable: Cattail - Kualitas Air

b. Predictors: (Constant), Ketebalan Pasir

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.691	.629		5.872	.000
	Ketebalan Pasir	-.185	.031	-.768	-5.993	.000

a. Dependent Variable: Cattail - Kualitas Air

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.517[a]	.267	.238	.87312765

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.941	1	6.941	9.105	.006[b]
	Residual	19.059	25	.762		
	Total	26.000	26			

a. Dependent Variable: Cattail - Kualitas Air

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.242	.445		2.794	.010
	Waktu Tinggal	-.310	.103	-.517	-3.017	.006

a. Dependent Variable: Cattail - Kualitas Air

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.960[a]	.921	.911	.29808360

a. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Repository Universitas Brawijaya

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	23.956	3	7.985	89.872	.000[b]
	Residual	2.044	23	.089		
	Total	26.000	26			

a. Dependent Variable: Cattail - Kualitas Air

b. Predictors: (Constant), Waktu Tinggal, Ketebalan Pasir, Debit Air

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6.927	.558		12.409	.000
	Debit Air	-.012	.003	-.296	-4.355	.000
	Ketebalan Pasir	-.148	.016	-.618	-9.097	.000
	Waktu Tinggal	-.310	.035	-.517	-8.839	.000

a. Dependent Variable: Cattail - Kualitas Air

LAMPIRAN 5

HASIL ANALISIS XRF

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00908.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Akar tifa 0 (E 886)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Al	5,1	XRF
Si	19,1	
P	2,7	
K	2,4	
Ca	21,0	
Ti	1,5	
V	0,09	
Cr	0,15	
Mn	1,6	
Fe	34,7	
Ni	0,08	
Cu	0,40	
Zn	0,49	
Mo	9,60	
Ba	0,2	
Eu	0,6	
Yb	0,10	
Re	0,3	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00909.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Batang tifa 0 (E 887)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Si	32,0	XRF
P	2,8	
S	4,0	
K	36,2	
Ca	17,6	
Ti	0,46	
Mn	0,60	
Fe	4,49	
Ni	0,2	
Cu	0,38	
Zn	0,2	
Ba	0,4	
Yb	0,3	
Re	0,5	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00910.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Daun tifa 0 (E 888)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Si	12,7	XRF
P	2,5	
K	48,8	
Ca	20,4	
Ti	0,36	
Mn	0,46	
Fe	4,08	
Ni	0,1	
Cu	0,46	
Mo	9,42	
Yb	0,6	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00911.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Akar AW 0 (E 889)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Al	2,3	XRF
Si	8,7	
P	3,1	
K	12,2	
Ca	34,0	
Ti	1,1	
V	0,10	
Mn	0,46	
Fe	27,4	
Cu	0,30	
Zn	0,42	
Mo	8,39	
Ba	0,4	
Eu	0,5	
Re	0,6	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00912.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Batang AW 0 (E 890)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Si	2,3	XRF
P	1,3	
S	1,7	
K	19,2	
Ca	58,3	
Ti	0,33	
Mn	0,59	
Fe	5,87	
Cu	0,20	
Zn	0,08	
Mo	9,6	
Ba	0,4	
Re	0,2	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00913.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Daun AW 0 (E 891)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
P	2,0	XRF
K	55,8	
Ca	28,2	
Mn	0,2	
Fe	1,4	
Cu	0,29	
Zn	0,07	
Mo	11,1	
Eu	0,5	
Re	0,4	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00914.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Akar tifa 2 (E 892)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Al	4,0	XRF
Si	15,4	
P	2,8	
S	2,9	
K	3,50	
Ca	33,1	
Ti	1,3	
V	0,15	
Cr	0,11	
Mn	0,38	
Fe	31,2	
Cu	0,27	
Zn	1,2	
Mo	2,6	
Ba	0,3	
Eu	0,5	
Re	0,4	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00915.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Batang tifa 2 (E 893)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Si	9,1	XRF
P	2,1	
K	31,9	
Ca	39,7	
Mn	0,58	
Fe	2,16	
Ni	0,1	
Cu	0,32	
Zn	0,1	
Mo	13,3	
Yb	0,3	
Re	0,3	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00916.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Daun tifa 2 (E 894)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Si	11	XRF
P	3,3	
S	1	
K	30,1	
Ca	45,3	
Mn	0,73	
Fe	1,7	
Ni	0,06	
Cu	0,31	
Zn	0,1	
Mo	5,0	
Eu	0,6	
Yb	0,6	
Re	0,3	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00917.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Akar AW 2 (E 895)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Al	3,6	XRF
Si	21,1	
P	3,6	
K	2,83	
Ca	16,5	
Ti	0,93	
V	0,07	
Cr	0,11	
Mn	0,73	
Fe	38,5	
Ni	0,09	
Cu	0,45	
Zn	0,43	
Mo	9,92	
Ba	0,3	
Eu	0,4	
Yb	0,07	
Re	0,3	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

Repository Universitas Brawijaya
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
REPOSITORY.UB.AC.ID

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00918.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Batang AW 2 (E 896)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Si	20,7	XRF
P	4,3	
S	6,04	
K	32,9	
Ca	28,1	
Mn	1,6	
Fe	3,3	
Ni	0,3	
Cu	0,59	
Zn	0,2	
Eu	1,0	
Yb	0,5	
Re	0,6	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00919.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Daun AW 2 (E 897)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Si	14,1	XRF
P	1,8	
K	39,4	
Ca	29,5	
Mn	1,1	
Fe	1,7	
Ni	0,1	
Cu	0,41	
Zn	0,09	
Mo	10,4	
Eu	0,4	
Yb	0,4	
Re	0,5	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00920.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Akar tifa 6 (E 898)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Al	3,2	XRF
Si	11	
P	2,2	
K	2,3	
Ca	32,4	
Ti	1,6	
V	0,1	
Cr	0,13	
Mn	0,36	
Fe	26,5	
Ni	0,093	
Cu	0,27	
Zn	1,79	
Mo	16,8	
Ba	0,5	
Eu	0,3	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00921.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Batang tifa 6 (E 899)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
P	2,8	XRF
S	0,7	
K	23,6	
Ca	64,1	
Ti	0,25	
Mn	0,17	
Fe	3,25	
Cu	0,26	
Zn	0,30	
Mo	4,3	
Re	0,4	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00922.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Daun tifa 6 (E 900)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
P	2,2	XRF
S	0,3	
K	38,6	
Ca	37,2	
Mn	0,28	
Fe	1,7	
Cu	0,31	
Zn	0,19	
Mo	18	
Eu	0,5	
Re	0,4	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00923.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Akar AW 6 (E 901)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Al	4,5	XRF
Si	22,7	
P	2,8	
K	2,5	
Ca	19,4	
Ti	1,3	
V	0,096	
Cr	0,11	
Mn	0,83	
Fe	31,1	
Ni	0,07	
Cu	0,41	
Zn	0,43	
Mo	12,9	
Eu	0,4	
Yb	0,2	
Re	0,3	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00924.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Batang AW 6 (E 902)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Si	12,8	XRF
P	1,8	
K	40,0	
Ca	28,2	
Mn	0,67	
Fe	3,19	
Ni	0,2	
Cu	0,49	
Zn	0,1	
Mo	11,6	
Yb	0,5	
Re	0,7	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telp. 0341-551312 (psw 200)/ 574895/ 085106001088
E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

No. LSUM.LHU.E.00925.2018

Nomor Pengujian	:	LSUM.P.00718.2018
Nomor Sampel	:	Daun AW 6 (E 903)
Nama Pelanggan	:	Lies Kurniawati Wulandari
Instansi Pelanggan	:	UB
Jenis Karakterisasi	:	XRF
Sampel Diterima Tanggal	:	13 Agustus 2018

Hasil

Compound	Conc (%)	Metode
Si	26,9	XRF
P	2,7	
K	37,9	
Ca	14,9	
Mn	0,77	
Fe	1,1	
Ni	0,1	
Cu	0,35	
Zn	0,06	
Mo	13,9	
Eu	0,4	
Yb	0,4	
Re	0,5	

Keterangan :
1. Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji
2. Dilarang menggandakan sebagian laporan hasil pengujian tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral dan Material Maju.

Malang, 20 Agustus 2018
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197808152005011001

REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DATA HASIL ANALISIS XRF

1. *Cattail* (0 Hari)

a. Akar

20-aug-2018 10:08:40

Sample results

Page 1

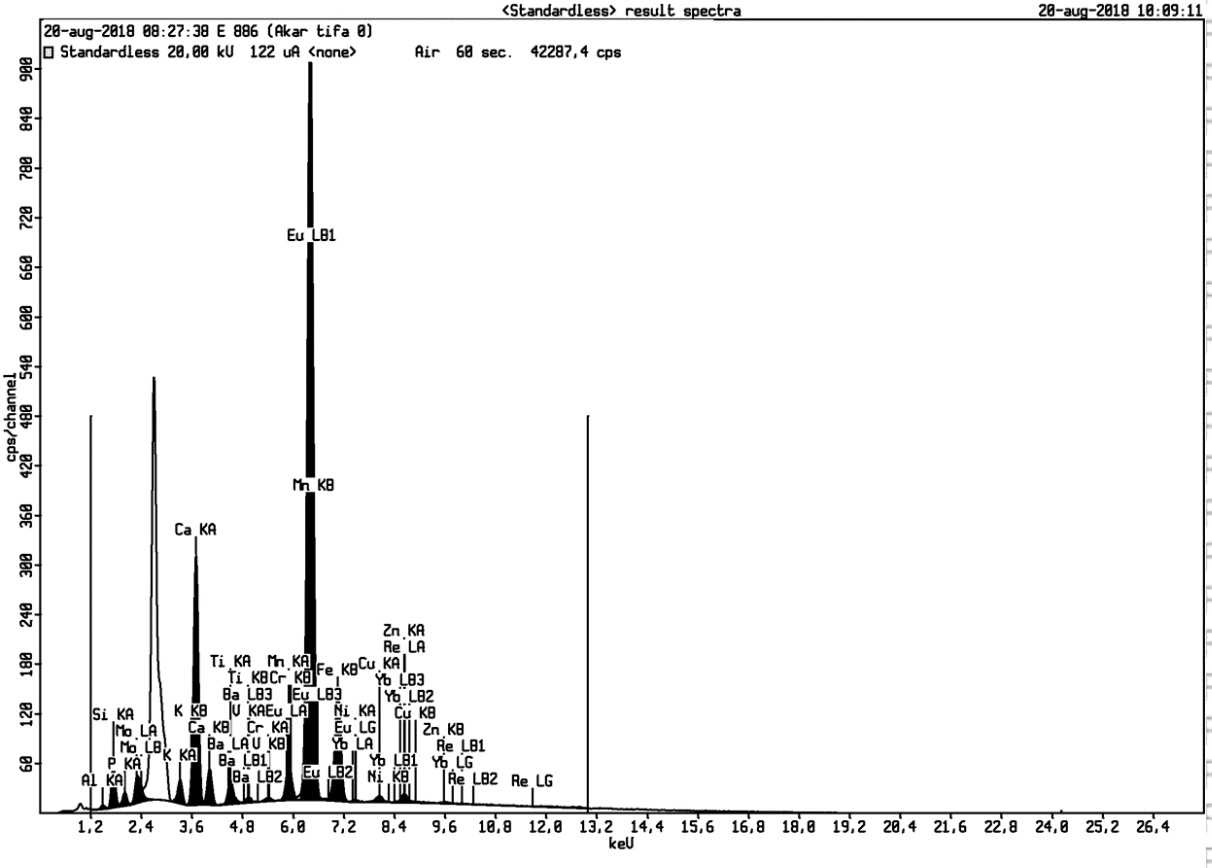
Sample ident
E 886 (Akar tifa 0)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 08:27:38
Position	9

Compound	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ba	Eu	Yb
Conc	5,1	19,1	2,7	2,4	21,0	1,5	0,09	0,15	1,6	34,7	0,08	0,40	0,49	9,60	0,2	0,6	0,10
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Re
Conc	0,3
Unit	%

<Standardless> result spectra 20-aug-2018 10:09:11



b. Batang

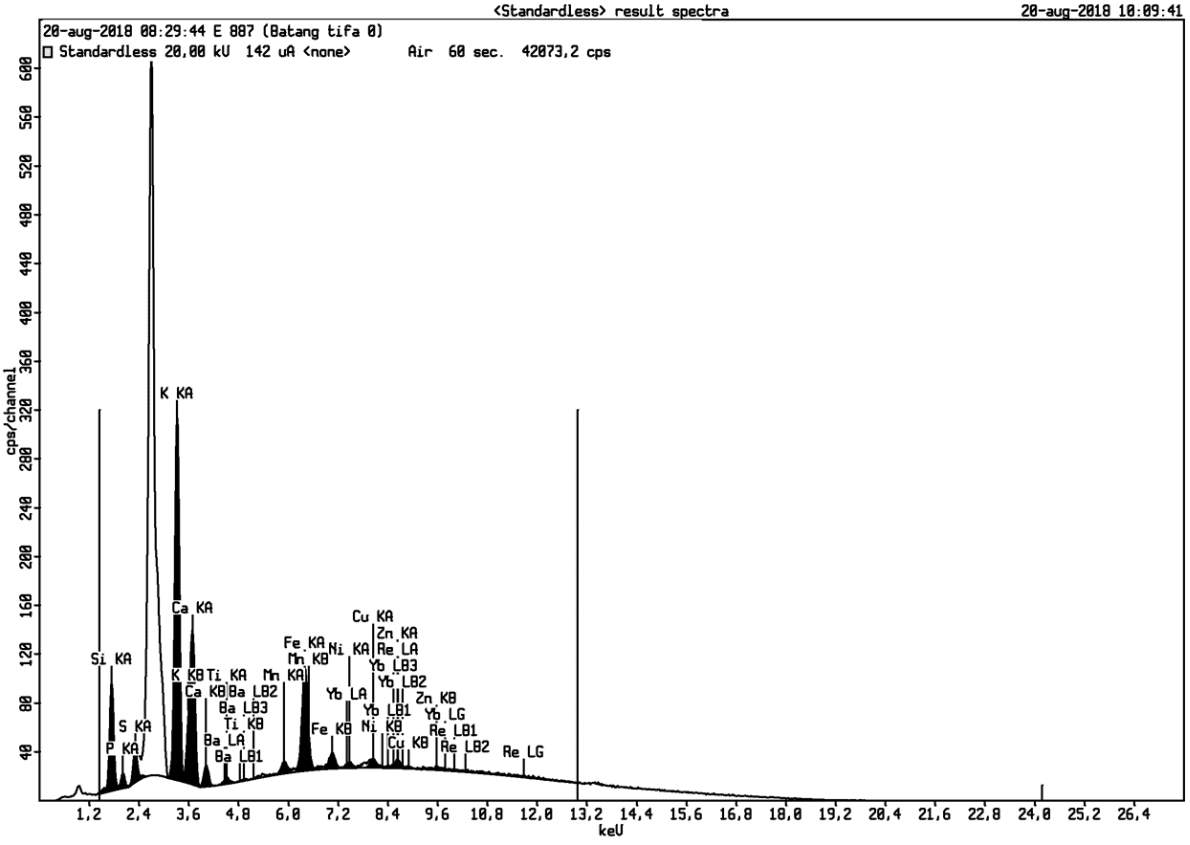
20-aug-2018 10:09:19

Sample results

Sample ident
E 887 (Batang tifa 0)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 08:29:44
Position	10

Compound	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Ba	Yb	Re
Conc	32,0	2,8	4,0	36,2	17,6	0,46	0,60	4,49	0,2	0,38	0,2	0,4	0,3	0,5
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



Repository Universitas Brawijaya

c. Daun

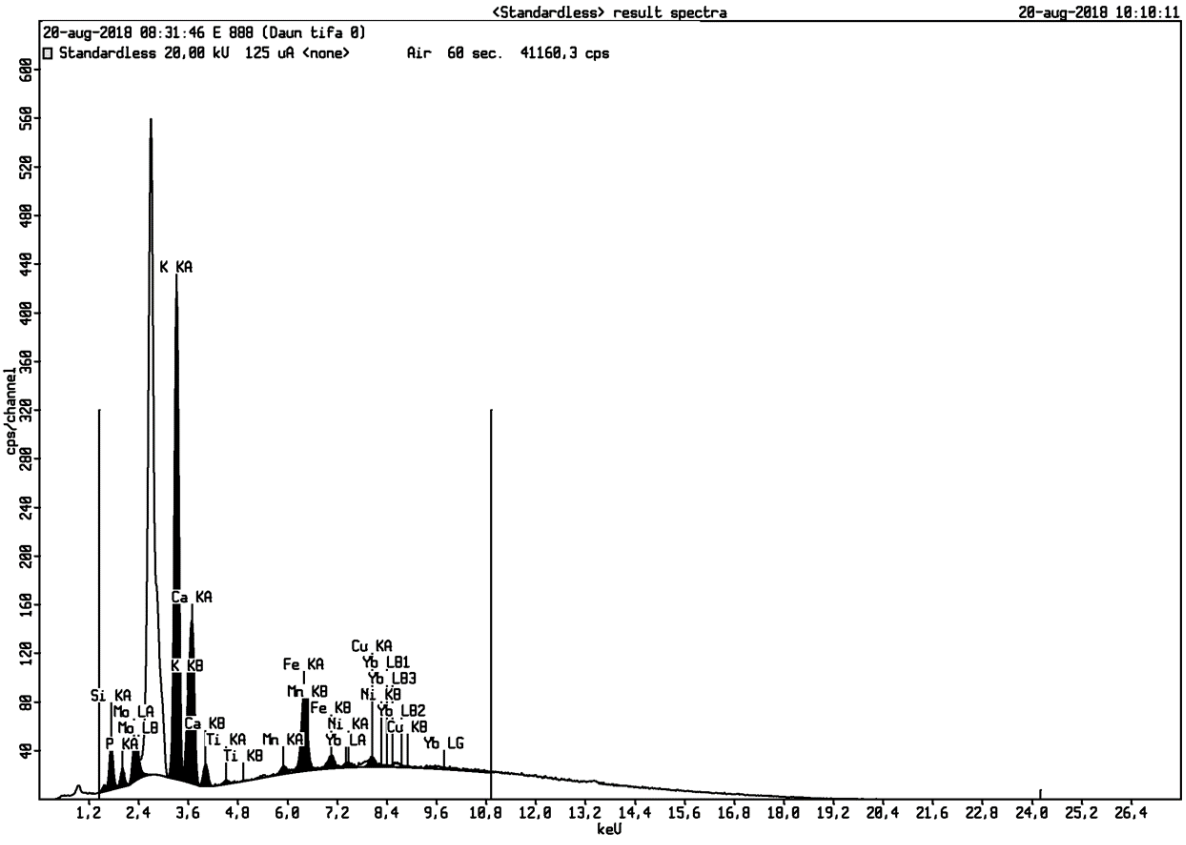
20-aug-2018 10:09:49

Sample results

Sample ident
E 888 (Daun tifa 0)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 08:31:46
Position	11

Compound	Si	P	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Mo	Yb
Conc	12,7	2,5	48,8	20,4	0,36	0,46	4,08	0,1	0,46	9,42	0,6
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



2. Akar Wangi (0 Hari)

a. Akar

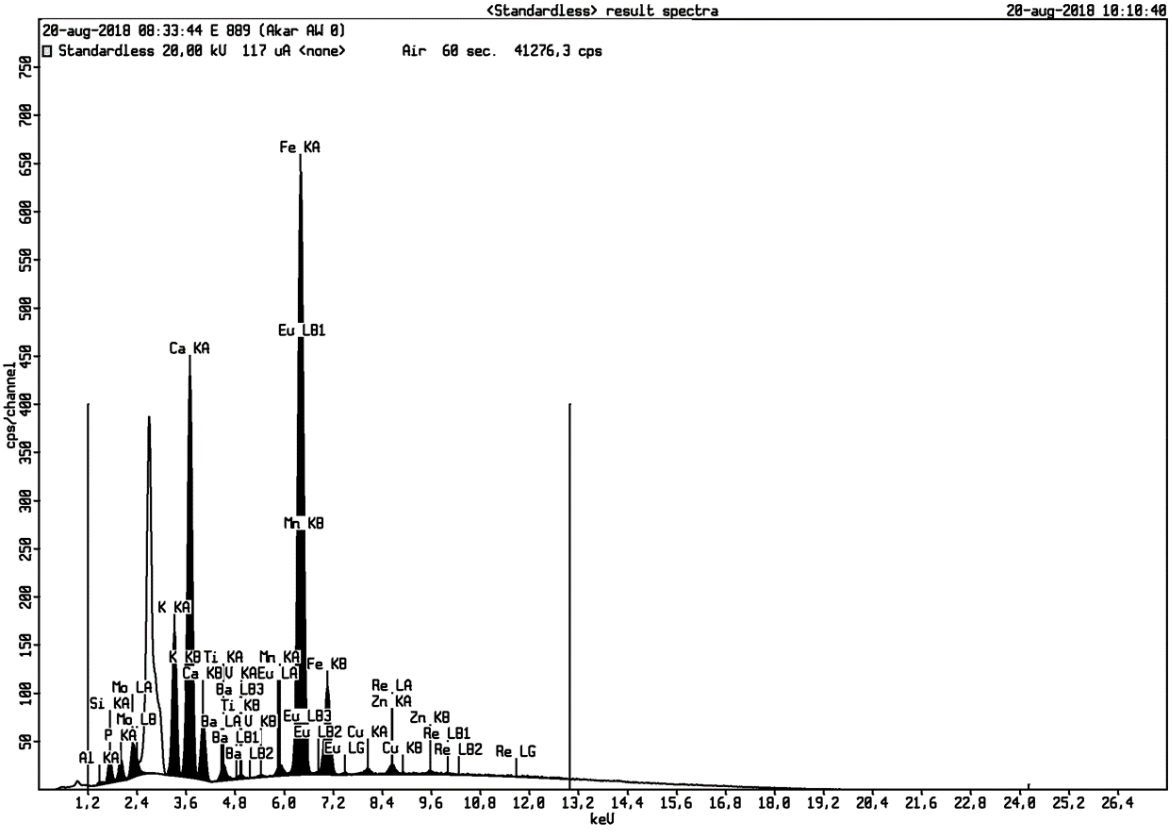
20-aug-2018 10:10:19

Sample results

Sample ident
E 889 (Akar AW 0)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 08:33:44
Position	12

Compound	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Cu	Zn	Mo	Ba	Eu	Re
Conc	2,3	8,7	3,1	12,2	34,0	1,1	0,10	0,46	27,4	0,30	0,42	8,39	0,4	0,5	0,6
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



b. Batang

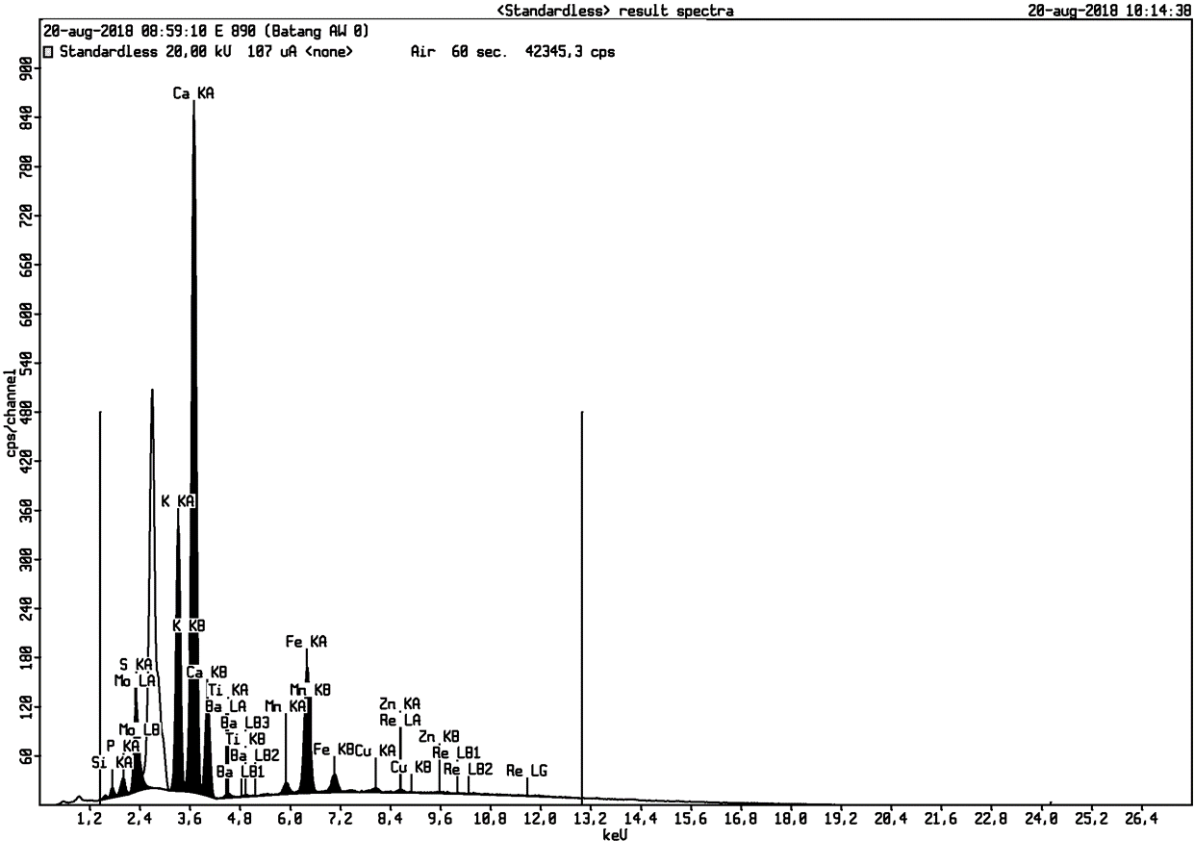
20-aug-2018 10:14:18

Sample results

Sample ident
E 890 (Batang AW 0)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 08:59:10
Position	1

Compound	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Mo	Ba	Re
Conc	2,3	1,3	1,7	19,2	58,3	0,33	0,59	5,87	0,20	0,08	9,6	0,4	0,2
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



c. Daun

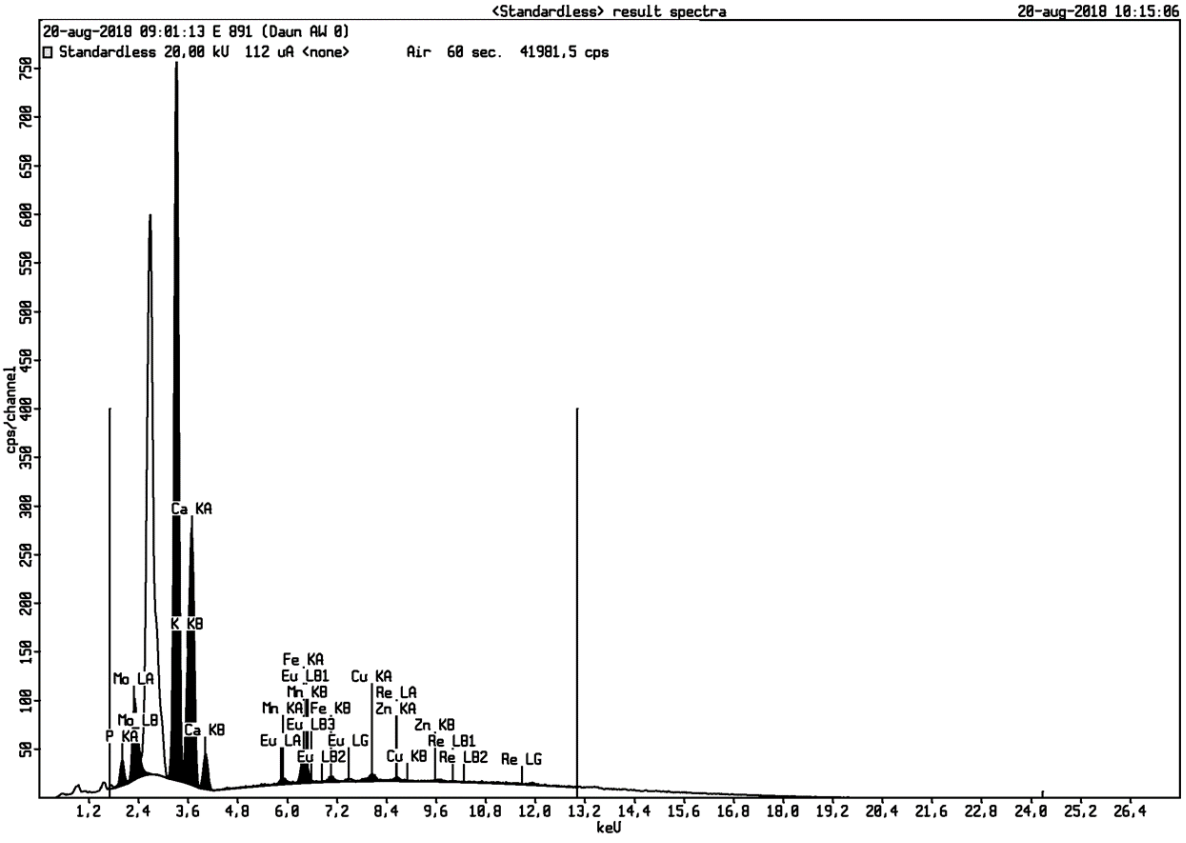
20-aug-2018 10:14:47

Sample results

Sample ident
E 891 (Daun AW 0)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:01:13
Position	2

Compound	P	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Mo	Eu	Re
Conc	2,0	55,8	28,2	0,2	1,4	0,29	0,07	11,1	0,5	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



3. *Cattail* (2 Hari)

a. Akar

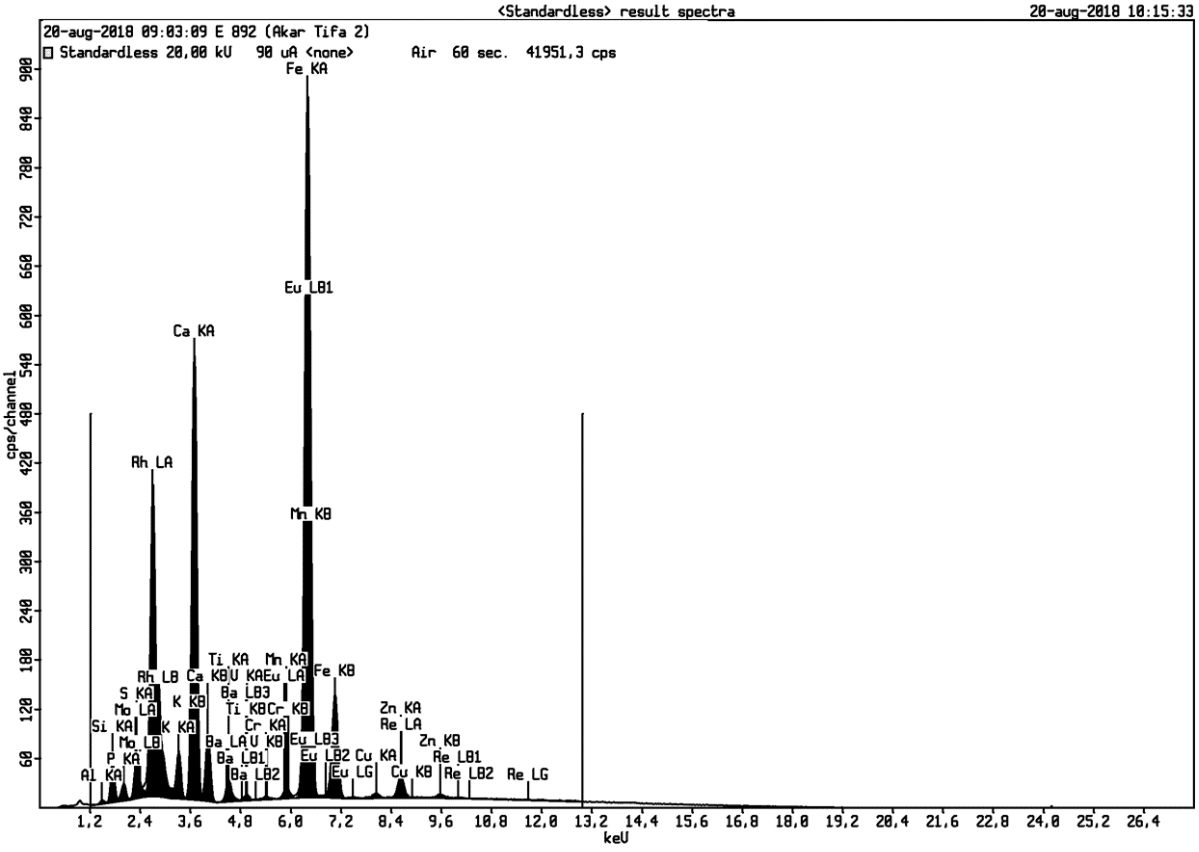
20-aug-2018 10:15:13

Sample results

Sample ident
E 892 (Akar Tifa 2)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:03:09
Position	3

Compound	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Mo	Ba	Eu	Re
Conc	4,0	15,4	2,8	2,9	3,50	33,1	1,3	0,15	0,11	0,38	31,2	0,27	1,2	2,6	0,3	0,5	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



b. Batang

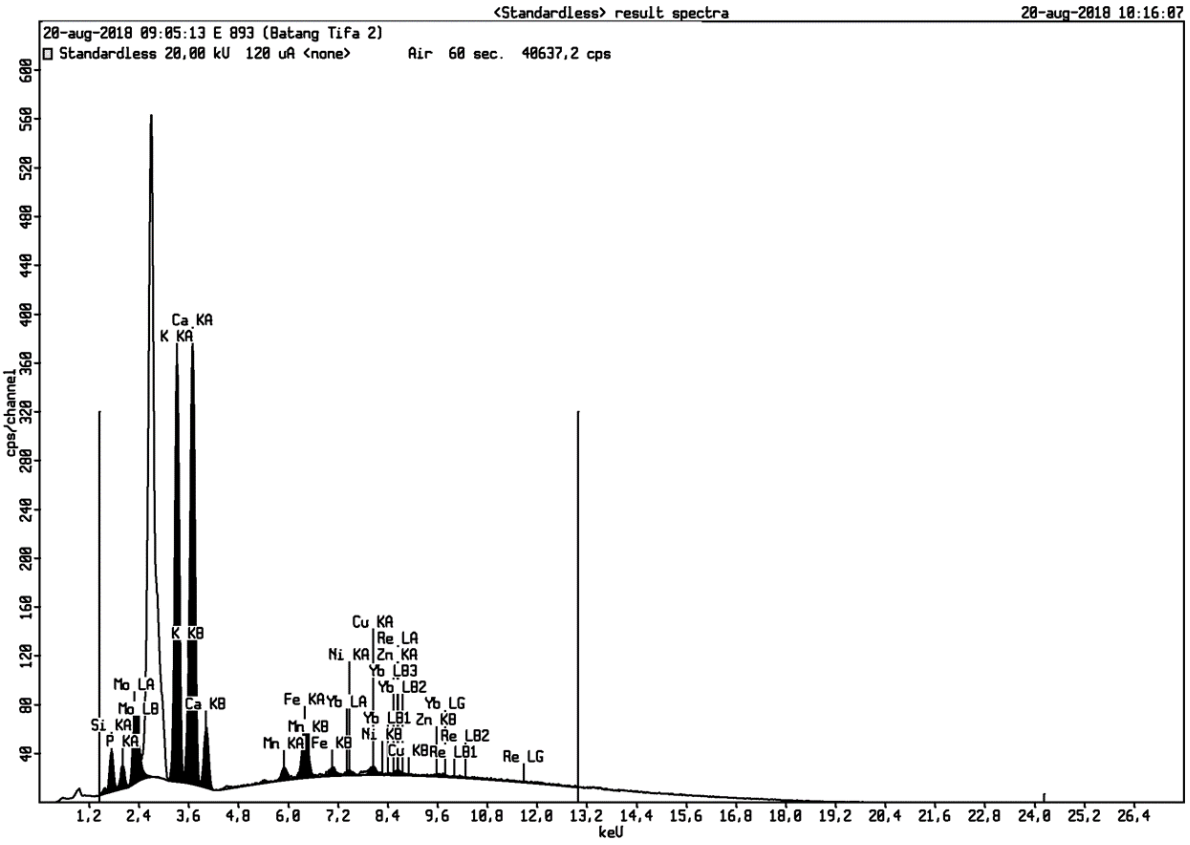
20-aug-2018 10:15:45

Sample results

Sample ident
E 893 (Batang Tifa 2)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:05:13
Position	4

Compound	Si	P	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Yb	Re
Conc	9,1	2,1	31,9	39,7	0,58	2,16	0,1	0,32	0,1	13,3	0,3	0,3
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



Repository Universitas Brawijaya

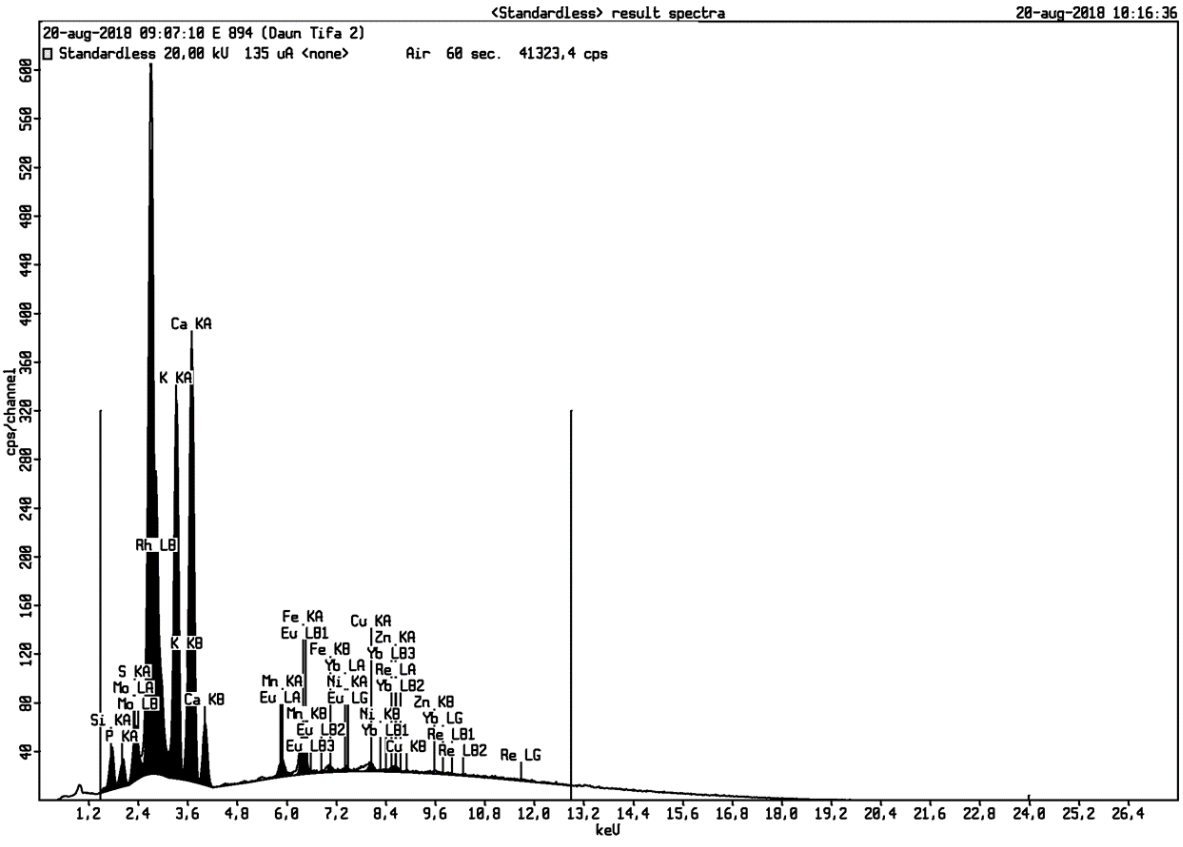
c. Daun

Sample results

Sample ident
E 894 (Daun Tifa 2)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:07:10
Position	5

Compound	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Eu	Yb	Re
Conc	11	3,3	1	30,1	45,3	0,73	1,7	0,06	0,31	0,1	5,0	0,6	0,6	0,3
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



4. Akar Wangi (2 Hari)

a. Akar

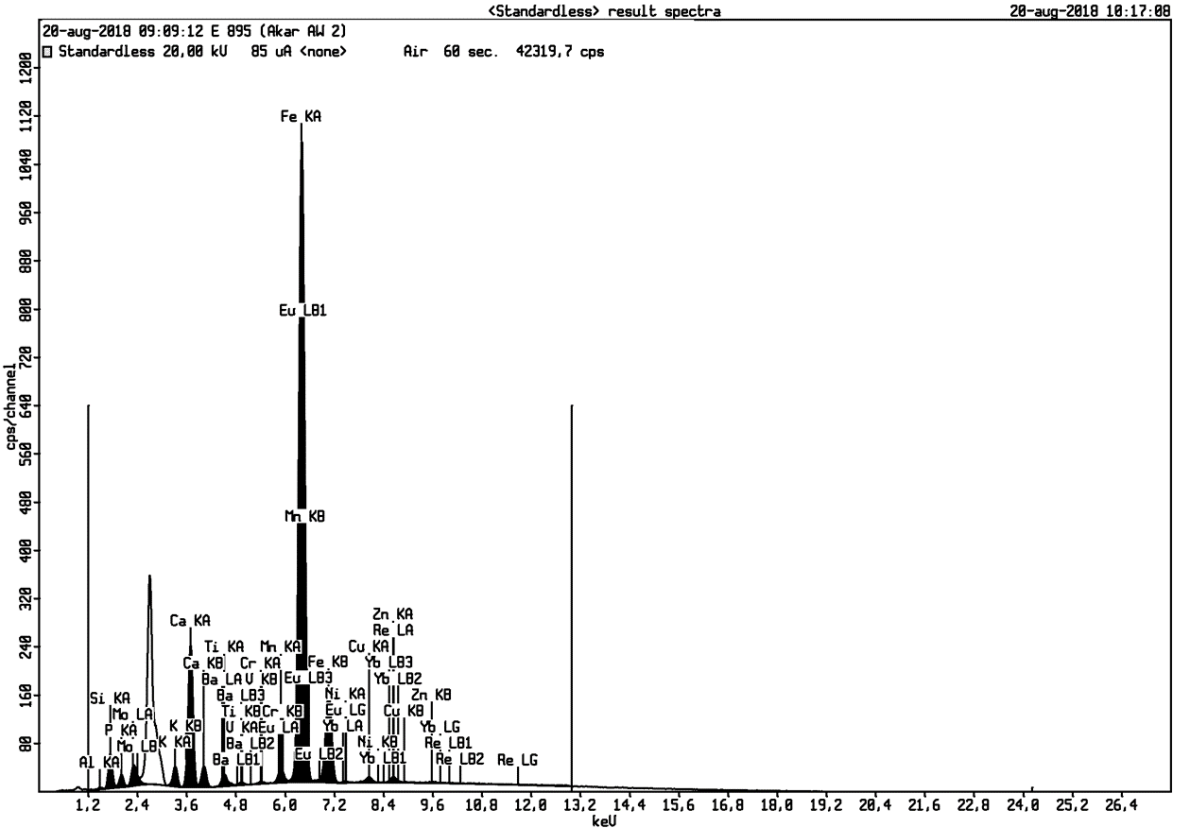
20-aug-2018 10:16:47 **Sample results** Page 1

Sample ident
E 895 (Akar AW 2)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:09:12
Position	6

Compound	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ba	Eu	Yb
Conc	3,6	21,1	3,6	2,83	16,5	0,93	0,07	0,11	0,73	38,5	0,09	0,45	0,43	9,92	0,3	0,4	0,07
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Re
Conc	0,3
Unit	%



Repository Universitas Brawijaya

b. Batang

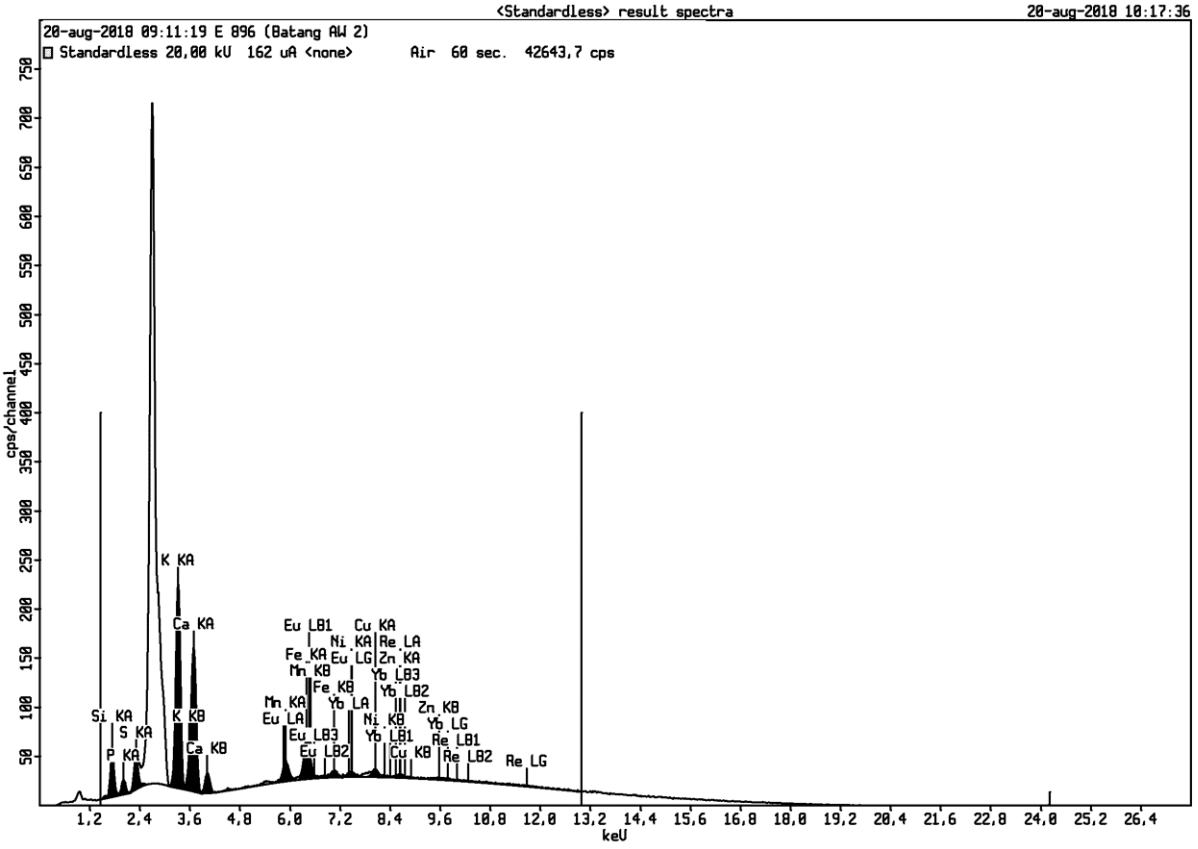
20-aug-2018 10:17:16

Sample results

Sample ident
E 896 (Batang AW 2)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:11:19
Position	7

Compound	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Eu	Yb	Re
Conc	20,7	4,3	6,04	32,9	28,1	1,6	3,3	0,3	0,59	0,2	1,0	0,5	0,6
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



c. Daun

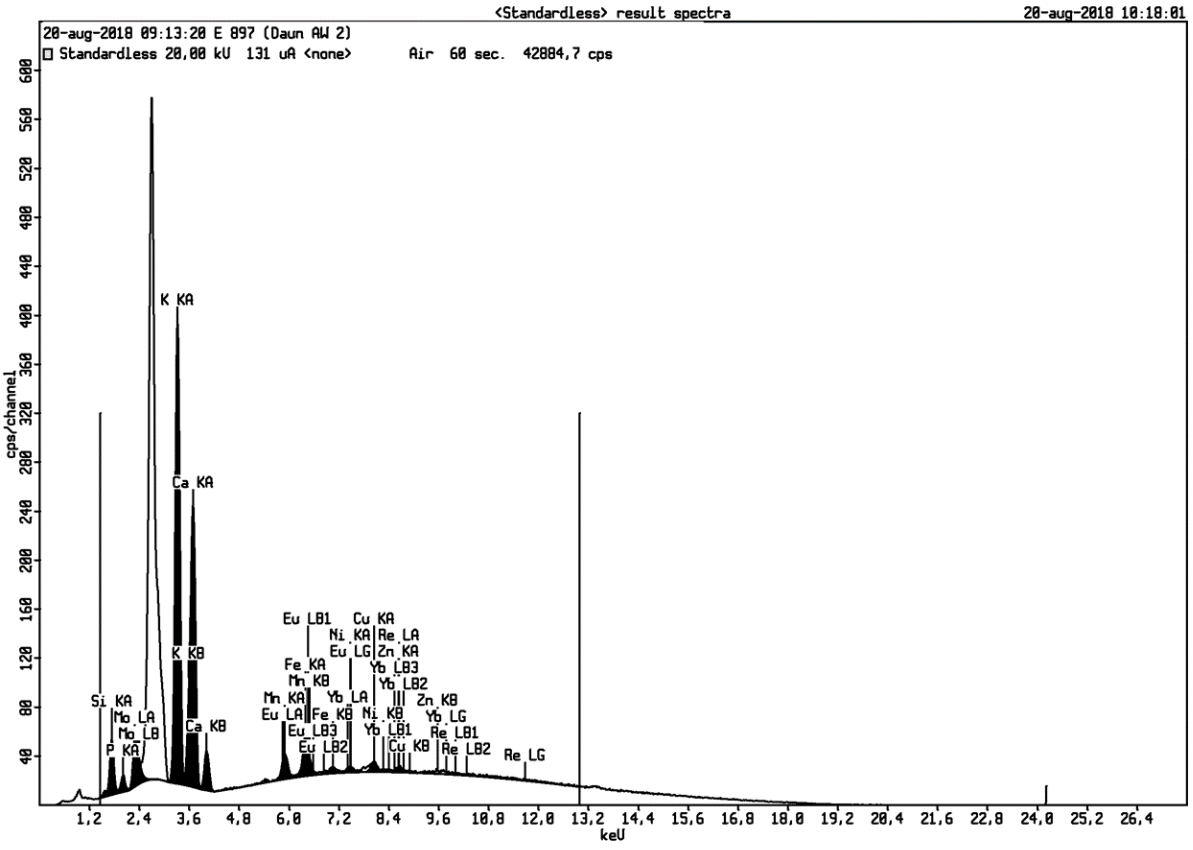
20-aug-2018 10:17:44

Sample results

Sample ident
E 897 (Daun AW 2)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:13:20
Position	8

Compound	Si	P	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Eu	Yb	Re
Conc	14,1	1,8	39,4	29,5	1,1	1,7	0,1	0,41	0,09	10,4	0,4	0,4	0,5
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



Repository Universitas Brawijaya

5. *Cattail* (6 Hari)

a. Akar

20-aug-2018 10:18:13

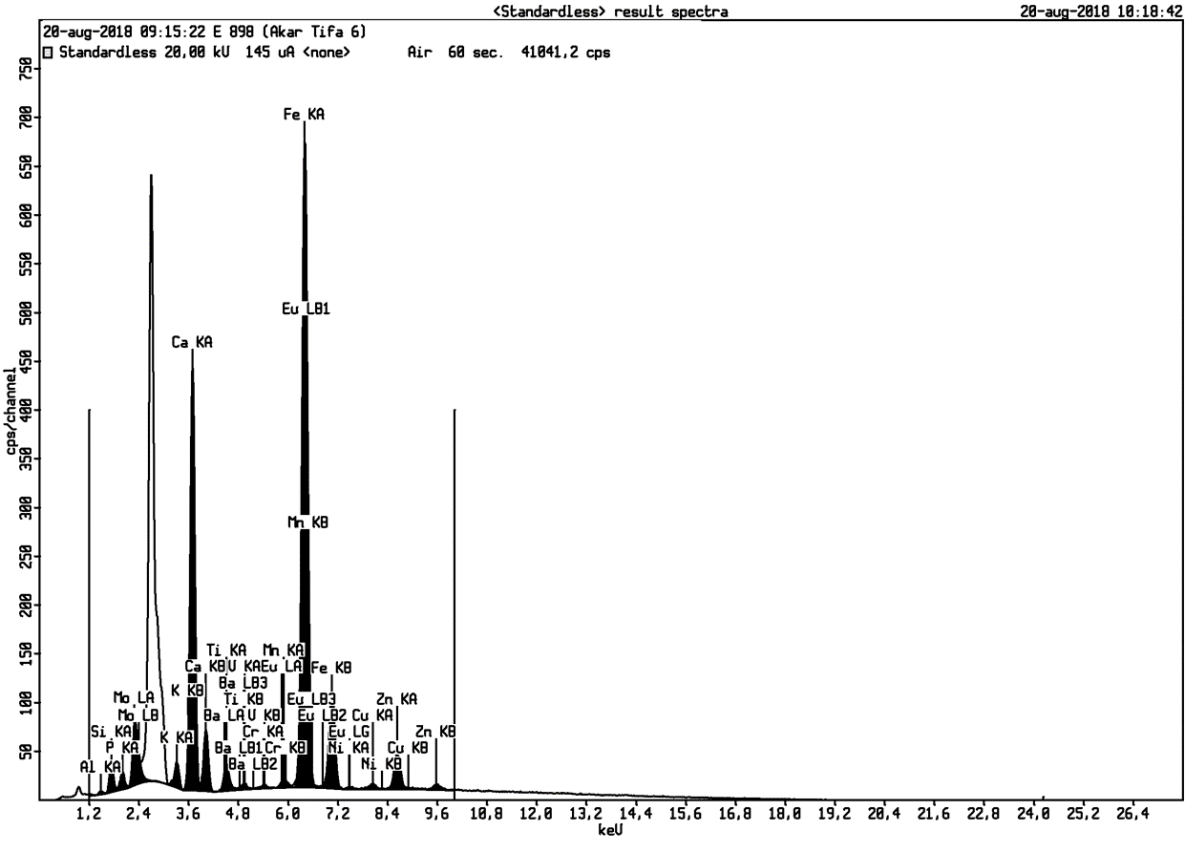
Sample results

Sample ident
E 898 (Akar Tifa 6)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:15:22
Position	9

Compound	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
Conc	3,2	11	2,2	2,3	32,4	1,6	0,1	0,13	0,36	26,5	0,093	0,27	1,79	16,8
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Ba	Eu
Conc	0,5	0,3
Unit	%	%



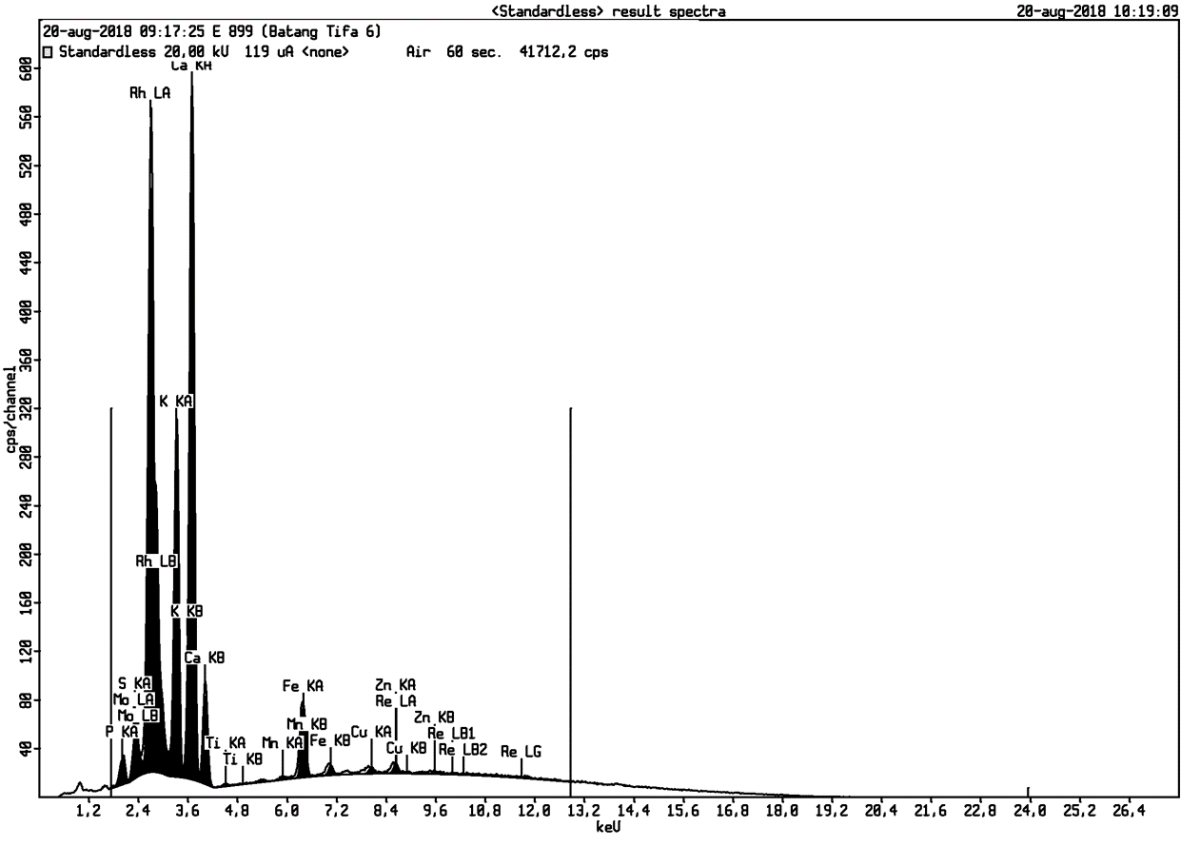
b. Batang

20-aug-2018 10:18:50 **Sample results** Page 1

Sample ident
E 899 (Batang Tifa 6)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:17:25
Position	10

Compound	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Mo	Re
Conc	2,8	0,7	23,6	64,1	0,25	0,17	3,25	0,26	0,30	4,3	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



Repository Universitas Brawijaya

c. Daun

20-aug-2018 10:19:16

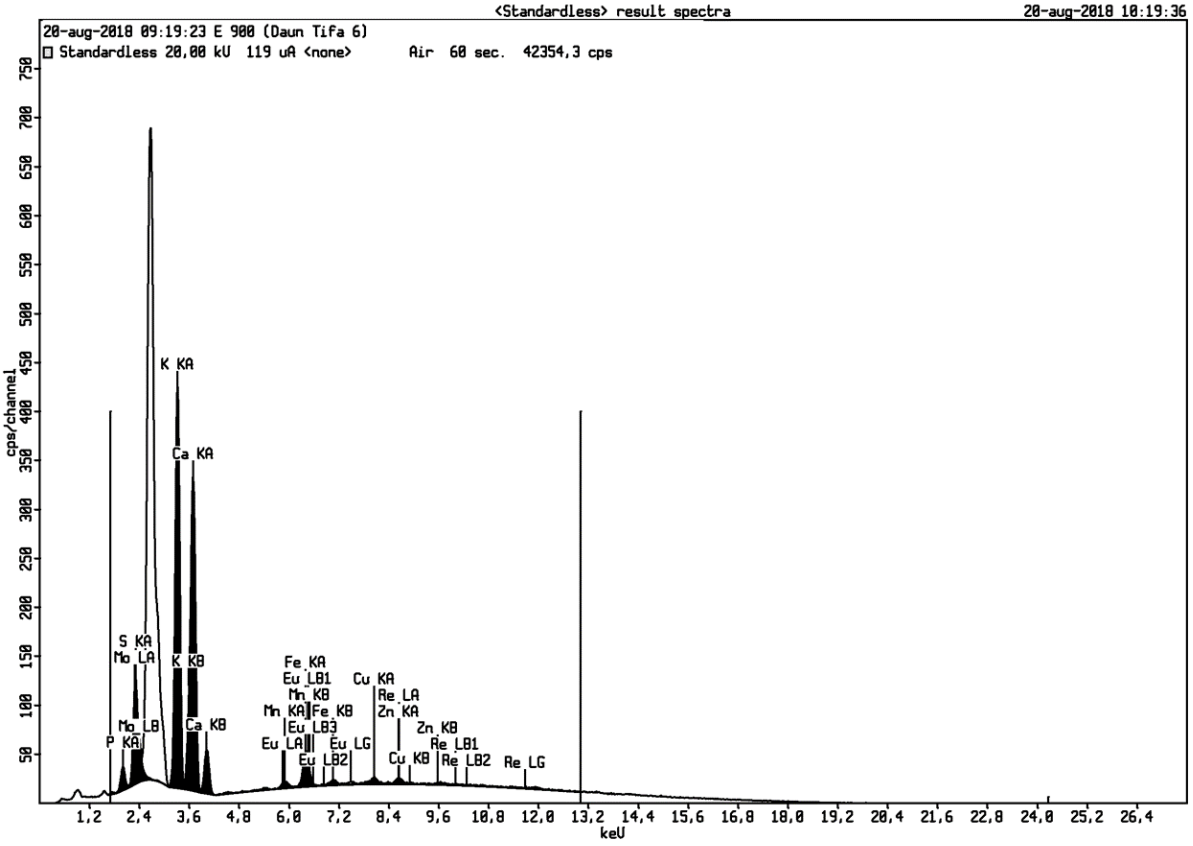
Sample results

Sample ident
E 900 (Daun Tifa 6)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:19:23
Position	11

Compound	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Mo	Eu	Re
Conc	2,2	0,3	38,6	37,2	0,28	1,7	0,31	0,19	18	0,5	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

<Standardless> result spectra 20-aug-2018 10:19:36



6. Akar Wangi (6 Hari)

a. Akar

20-aug-2018 10:19:46

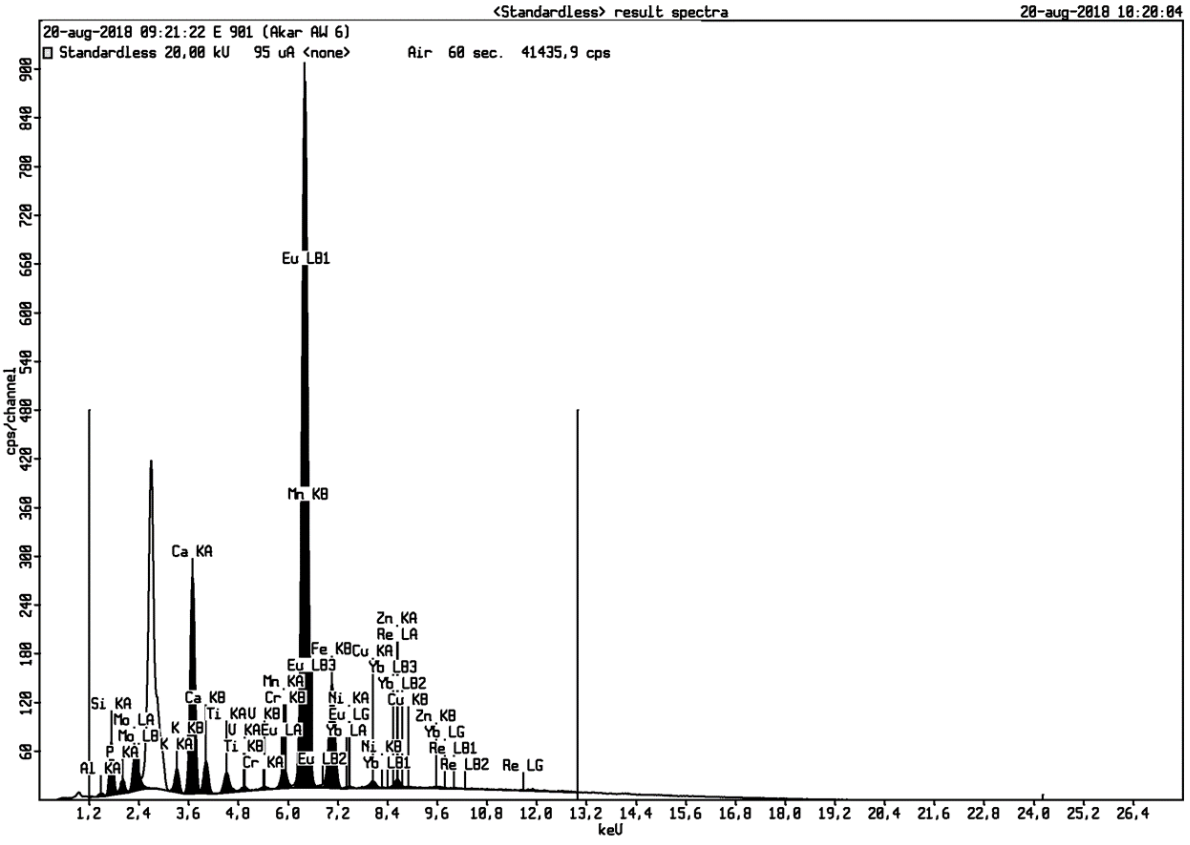
Sample results

Sample ident
E 901 (Akar AW 6)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:21:22
Position	12

Compound	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
Conc	4,5	22,7	2,8	2,5	19,4	1,3	0,096	0,11	0,83	31,1	0,07	0,41	0,43	12,9
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Eu	Yb	Re
Conc	0,4	0,2	0,3
Unit	%	%	%



b. Batang

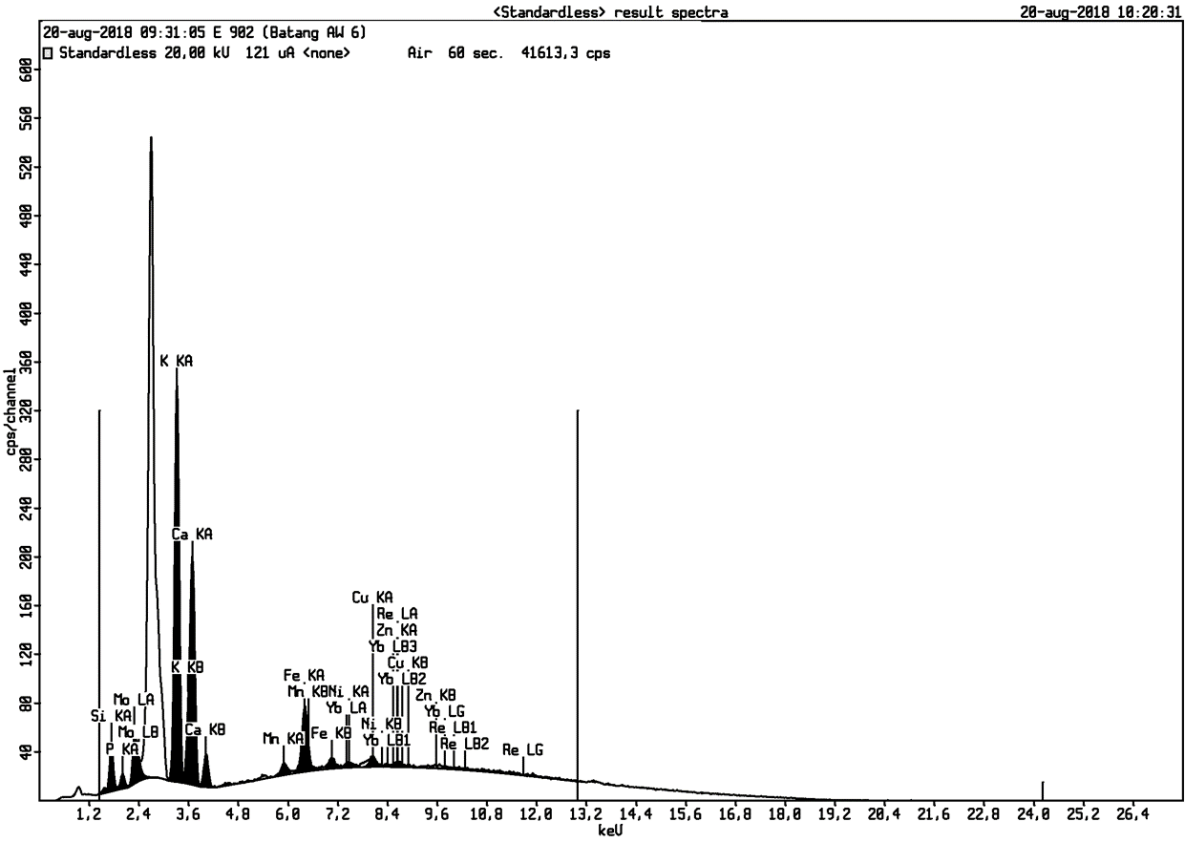
20-aug-2018 10:20:12

Sample results

Sample ident
E 902 (Batang AW 6)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:31:05
Position	1

Compound	Si	P	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Yb	Re
Conc	12,8	1,8	40,0	28,2	0,67	3,19	0,2	0,49	0,1	11,6	0,5	0,7
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

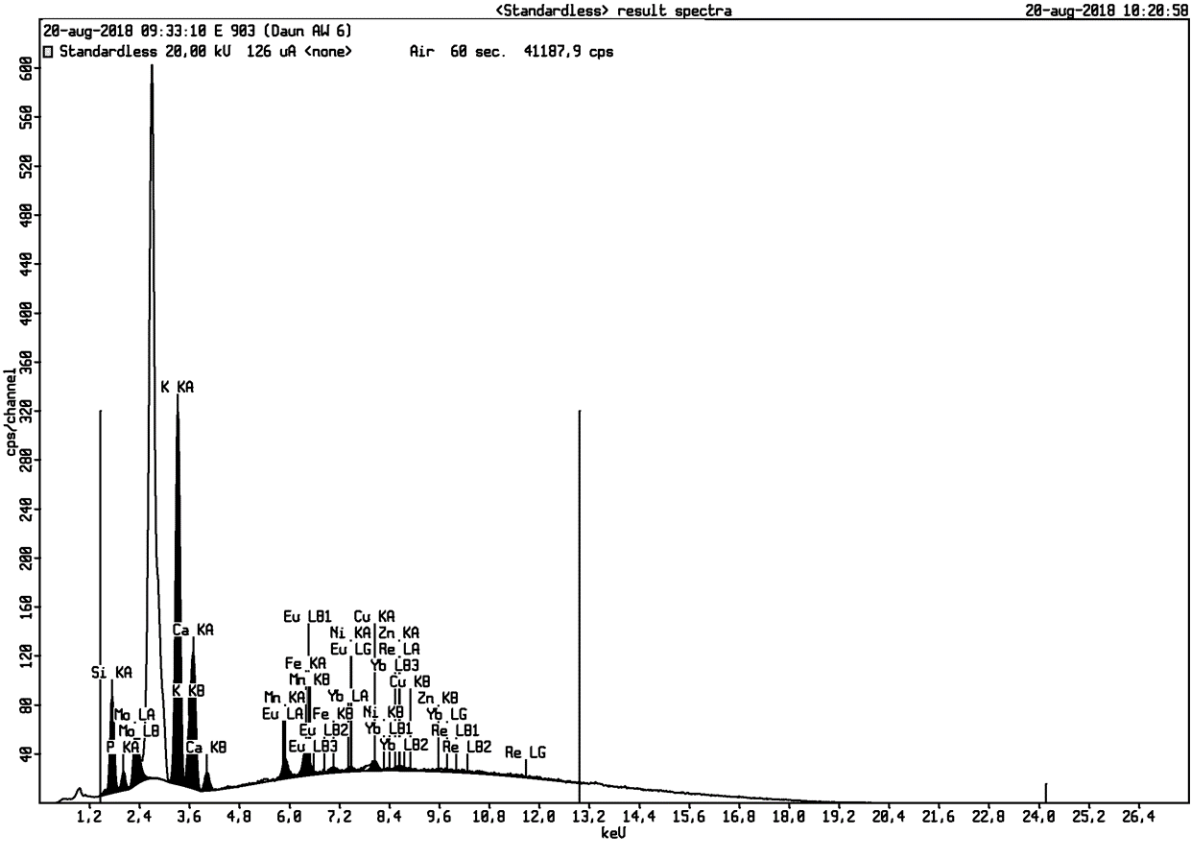


c. Daun

20-aug-2018 10:20:40

Sample results

Sample ident
E 903 (Daun AW 6)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	20-aug-2018 09:33:10
Position	2

Compound	Si	P	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Eu	Yb	Re
Conc	26,9	2,7	37,9	14,9	0,77	1,1	0,1	0,35	0,06	13,9	0,4	0,4	0,5
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%