

**STUDI EFISIENSI FILTER PENJERNIH AIR MENGGUNAKAN
KOMBINASI BAHAN BATU SCORIA DAN BATU APUNG DENGAN
ZEOLIT DAN KERIKIL UNTUK MENGURANGI POLUTAN
PADA LIMBAH DOMESTIK**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI
SUMBER DAYA AIR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FARIS ABDURRAHMAN
NIM. 155060400111015**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

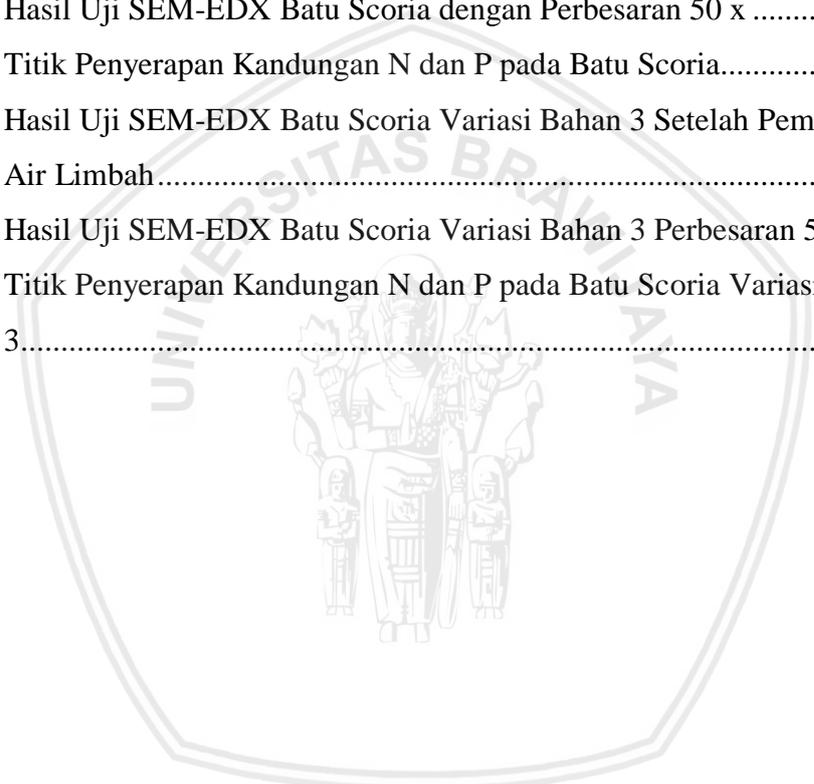
2019

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Batu Scoria	21
Gambar 2.2	Batu Apung	22
Gambar 2.3	Zeolit.....	23
Gambar 2.4	Contoh Hasil Pengujian SEM-EDX.....	25
Gambar 2.5	Alat <i>Crushing</i> Batu	29
Gambar 3.1	Media Filter.....	33
Gambar 3.2	Panadia Laboratory	34
Gambar 3.3	Sampel Limbah Domestik yang digunakan Dalam Penelitian.....	34
Gambar 3.4	Alat ukur pH dan Suhu	37
Gambar 3.5	Insite IG Series 3150	38
Gambar 3.6	Diagram Alir Rencana Studi.....	41
Gambar 4.1	Sampel Awal Air Limbah	43
Gambar 4.2	Alat pH meter Schott ProLab 2000	45
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Nilai pH	50
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Nilai Suhu.....	55
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Nilai BOD.....	60
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Nilai COD.....	66
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Nilai TSS	71
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Nilai DO	75
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Nilai Nitrit.....	81
Gambar 4.10	Grafik Perbandingan Nilai Nitrat.....	87
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan Nilai Fosfat	93
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan Nilai Amonia	100
Gambar 4.13	Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai BOD pada Limbah Domestik	104
Gambar 4.14	Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai COD pada Limbah Domestik	109
Gambar 4.15	Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai TSS pada Limbah Domestik.....	113
Gambar 4.16	Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai DO pada Limbah Domestik.....	117
Gambar 4.17	Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai Nitrit pada Limbah Domestik	121
Gambar 4.18	Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai Nitrat pada Limbah Domestik	125



Gambar 4.19	Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai Fosfat pada Limbah Domestik.....	130
Gambar 4.20	Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai Amonia pada Limbah Domestik...	134
Gambar 4.21	Hasil Uji SEM-EDX Batu Apung dengan Perbesaran 1000x.....	136
Gambar 4.22	Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria dengan Perbesaran 1000x	137
Gambar 4.23	Hasil Uji SEM-EDX Batu Apung Setelah Pemberian Air Limbah	139
Gambar 4.24	Hasil Uji SEM-EDX Batu Apung dengan Perbesaran 50 x.....	139
Gambar 4.25	Titik Penyerapan Kandungan N dan P pada Batu Apung	139
Gambar 4.26	Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria Setelah Pemberian Air Limbah	140
Gambar 4.27	Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria dengan Perbesaran 50 x	141
Gambar 4.28	Titik Penyerapan Kandungan N dan P pada Batu Scoria.....	141
Gambar 4.29	Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria Variasi Bahan 3 Setelah Pemberian Air Limbah.....	142
Gambar 4.30	Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria Variasi Bahan 3 Perbesaran 50 x	142
Gambar 4.31	Titik Penyerapan Kandungan N dan P pada Batu Scoria Variasi Bahan 3.....	143



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Hasil Uji Kualitas Air Dari Setiap Parameter	161
Lampiran 2	Hasil Uji SEM-EDX Sebelum Perendaman.....	165
Lampiran 3	Hasil Uji SEM-EDX Setelah Perendaman.....	179
Lampiran 4	Dokumentasi	229



Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Faris Abdurrahman, lahir pada tanggal 8 maret 1997 di Jakarta dari pasangan Untoro dan Tutut Srihartati. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Alamat rumah penulis di Harapan indah, Bekasi, Jawa Barat.

Pendidikan Formal yang dilalui penulis, sebagai berikut:

1. TKIT Khairunnisa Bekasi tahun 2001-2003
2. SD Negeri Pejuang VII Bekasi tahun 2003-2009
3. SMP Negeri 5 Bekasi tahun 2009-2012
4. SMA Negeri 89 Jakarta tahun 2012-2015

Penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa di Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2015 dan diterima di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.

Selama menjalani masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan dan organisasi. Berikut merupakan kegiatan kepanitiaan dan organisasi yang pernah diikuti penulis:

1. Ketua Pelaksana WRE GAMES 2016.
2. *Steering Committe* Program Pembinaan Mahasiswa Baru Jurusan Teknik Pengairan 2017.
3. Himpunan Mahasiswa Pengairan periode 2016-2017 sebagai staff bidang minat dan bakat.
4. Himpunan Mahasiswa Pengairan periode 2017-2018 sebagai staff bidang akademik.
5. Himpunan Mahasiswa Pengairan periode 2018-2019 sebagai staff bidang pengabdian masyarakat.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata – Praktik (KKN-P) pada tahun 2018 di PT. PP Properti Tbk. Dengan judul “Metode Pelaksanaan Konstruksi *Basement* Dengan Sistem *Top Down* Pada Tower Olive Proyek Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya”.

Penulis telah menyelesaikan pendidikan dengan menyusun skripsi dengan judul “Studi Efisiensi Filter Penjernih Air Menggunakan Kombinasi Bahan Batu Scoria dan Batu Apung dengan Zeolit dan Kerikil untuk Mengurangi Polutan pada Limbah Domestik”. Dengan pembimbing Ibu Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D. dan Bapak Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT. Dengan dosen penguji Bapak Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT. Dan Ibu Dian Candrasasi, ST., MT. yang telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 8 Juli 2019.

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Metode Pengolahan Limbah Secara Fisik	16
Tabel 2.2	Metode Pengolahan Limbah Secara Kimia	16
Tabel 2.3	Metode Pengolahan Limbah Secara Biologi.....	17
Tabel 2.4	Nilai Kritis t_c Distribusi-t	27
Tabel 2.5	Nilai Z_{tabel} untuk Pengujian Distribusi Normal	29
Tabel 3.1	Penelitian Terkait	39
Tabel 4.1	Hasil Uji Laboratorium Sampel Awal Air Limbah.....	44
Tabel 4.2	Hasil Uji Kadar pH pada Limbah Domestik	45
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Suhu pada Limbah Domestik.....	51
Tabel 4.4	Hasil Uji Kandungan BOD pada Limbah Domestik.....	56
Tabel 4.5	Hasil Uji Kandungan COD pada Limbah Domestik.....	61
Tabel 4.6	Hasil Uji Kandungan TSS pada Limbah Domestik	67
Tabel 4.7	Hasil Uji Kandungan DO pada Limbah Domestik.....	72
Tabel 4.8	Hasil Uji Kandungan Nitrit pada Limbah Domestik.....	77
Tabel 4.9	Hasil Uji Kandungan Nitrat pada Limbah Domestik	82
Tabel 4.10	Hasil Uji Kandungan Fosfat pada Limbah Domestik	88
Tabel 4.11	Hasil Uji Kandungan Amonia pada Limbah Domestik.....	94
Tabel 4.12	Efisiensi Nilai BOD pada Limbah Domestik.....	101
Tabel 4.13	Efisiensi Nilai COD pada Limbah Domestik.....	106
Tabel 4.14	Efisiensi Nilai TSS pada Limbah Domestik	110
Tabel 4.15	Efisiensi Nilai DO pada Limbah Domestik.....	114
Tabel 4.16	Efisiensi Nilai Nitrit pada Limbah Domestik.....	118
Tabel 4.17	Efisiensi Nilai Nitrat pada Limbah Domestik	122
Tabel 4.18	Efisiensi Nilai Fosfat pada Limbah Domestik	127
Tabel 4.19	Efisiensi Nilai Amonia pada Limbah Domestik.....	131
Tabel 4.20	Hasil Analisis Batu Apung dengan SEM-EDX Sebelum Percobaan.....	135
Tabel 4.21	Hasil Analisis Batu Scoria dengan SEM-EDX Sebelum Percobaan.....	137
Tabel 4.22	Hasil Analisis Batu Apung dengan SEM-EDX Setelah Percobaan.....	138
Tabel 4.23	Hasil Analisis Batu Scoria dengan SEM-EDX Setelah Percobaan.....	140

Tabel 4.24	Hasil Analisis Batu Scoria Variasi 3 dengan SEM-EDX Setelah Percobaan	141
Tabel 4.25	Pembagian Kelompok Sampel Untuk Uji-t Nilai pH pada Limbah Domestik	144
Tabel 4.26	Rekapitulasi Hasil Uji-t.....	146
Tabel 4.27	Pembagian Kelompok Sampel untuk Uji-Z Nilai pH pada Limbah Domestik	147
Tabel 4.28	Rekapitulasi Hasil Uji Z.....	148
Tabel 4.29	Rekapitulasi Batu Apung dan Batu Scoria untuk Seriap Parameter	149
Tabel 4.30	Rekapitulasi Seluruh Variasi Bahan Filter untuk Setiap Parameter.....	150
Tabel 4.31	Rekapitulasi Seluruh Variasi Waktu untuk Setiap Parameter	150



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini. Shalawat serta salam selalu teriring kepada Nabi Besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan kita.

Laporan Skripsi yang berjudul **“Studi Efisiensi Filter Penjernih Air Menggunakan Kombinasi Bahan Batu Scoria dan Batu Apung dengan Zeolit dan Kerikil untuk Mengurangi Polutan pada Limbah Domestik”**. Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa dalam pengerjaan laporan ini masih banyak kekurangan sehingga skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dikarenakan keterbatasannya pengetahuan yang dimiliki penyusun.

Untuk itu dengan kesungguhan serta rasa rendah hati, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu, Ayah, serta Adik saya yang selalu memberikan doa serta dukungan penuh.
2. Keluarga Besar H. Muhammad Ikhsan Suhardi yang selalu menyemangati dan memberikan motivasi.
3. Ibu Emma Yuliani, ST, MT., Ph.D dan Bapak Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT. selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan banyak masukan, kritikan, saran serta pandangan mengenai pembahasan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT. Dan Ibu Dian Candrasasi, ST., MT. selaku dosen penguji yang telah berkenan menguji serta memberikan saran dan masukan dalam skripsi ini.
5. Ibu Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Bapak Dr. Very Dermawan, ST., MT., selaku Kepala Program Studi S1 Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Firdausa Arvyanti yang selalu menemani dan memberikan semangat dalam pengerjaan skripsi ini.
9. Staf administrasi Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
10. Teman-teman Teknik Pengairan Angkatan 2015 yang selalu memberikan semangat, doa, harapan, serta selalu menemani masa - masa perkuliahan di Teknik Pengairan.

11. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan ini yang mungkin penyusun luput sebutkan.

Laporan Skripsi ini mungkin masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun berharap pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang konstruktif untuk dijadikan bahan evaluasi. Selamat membaca.

Malang, April 2019

Penyusun



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
RINGKASAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan	4
1.6 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah	5
2.1.1 Definisi Limbah	5
2.1.2 Sifat-sifat Air Limbah	5
2.1.3 Macam-macam Limbah Cair	7
2.1.4 Limbah Cair Domestik.....	8
2.1.5 Karakteristik Limbah Cair Domestik.....	8
2.1.6 Dampak Limbah Cair Domestik	10
2.2 Golongan dan Kriteria Mutu Air	10
2.2.1 Golongan Mutu Air.....	10
2.2.2 Standar Mutu Air	11
2.3 Proses Penghilangan Polutan di dalam Air Limbah	14
2.4 Urutan Proses Pengolahan Air Limbah	14
2.4.1 Macam-Macam Metode Pengolahan Air Limbah	15
2.5 Adsorpsi	18
2.6 Filtrasi	19
2.7 Bahan Filter.....	20



2.7.1 Batu Scoria	20
2.7.2 Batu Apung	21
2.7.3 Zeolit	22
2.7.4 Batu Kerikil	24
2.8 Pengujian SEM-EDX (<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray</i>)	24
2.9 Efisiensi Pengurangan Limbah	25
2.10 Uji Statistik	26
2.10.1 Uji T	26
2.10.2 Uji Z	28
2.11 <i>Crushing</i> Batuan	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Umum	31
3.2 Variabel yang Diteliti	31
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.3.1 Alat	33
3.3.2 Bahan.....	33
3.4 Langkah Penelitian	35
3.5 Pengambilan Sampel.....	36
3.6 Rancangan Perlakuan.....	36
3.7 Pengamatan Parameter.....	36
3.7.1 Pengukuran pH dan Suhu	36
3.7.2 Pengukuran <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	37
3.7.3 Pengukuran Kandungan Parameter	38
3.8 Pengujian SEM-EDX.....	38
3.9 Penelitian Terkait.....	38
3.10 Diagram Alir Rencana Studi.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Kondisi Awal Sampel Air Limbah	43
4.2 Analisis Hasil Parameter Air Limbah.....	44
4.2.1 pH.....	44
4.2.1.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter pH	45
4.2.1.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2.....	46
4.2.1.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3.....	46

4.2.1.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4	47
4.2.1.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3	47
4.2.1.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4	48
4.2.1.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4	48
4.2.1.2 Analisis Parameter pH	49
4.2.1.3 Kesimpulan Hasil Kandungan pH pada Air Limbah	50
4.2.2 Suhu	51
4.2.2.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Suhu	51
4.2.2.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2	52
4.2.2.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3	52
4.2.2.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4	52
4.2.2.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3	53
4.2.2.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4	53
4.2.2.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4	54
4.2.2.2 Analisis Parameter Suhu	54
4.2.2.3 Kesimpulan Hasil Pengukuran Suhu pada Air Limbah	55
4.2.3 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	55
4.2.3.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter BOD	56
4.2.3.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2	57
4.2.3.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3	57
4.2.3.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4	58
4.2.3.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3	58
4.2.3.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4	58
4.2.3.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4	59
4.2.3.2 Analisis Parameter BOD	59
4.2.3.3 Kesimpulan Hasil Kandungan BOD pada Air Limbah	60
4.2.4 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	61
4.2.4.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter COD	62
4.2.4.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2	62
4.2.4.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3	63
4.2.4.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4	63
4.2.4.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3	64
4.2.4.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4	64
4.2.4.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4	64

4.2.4.2 Analisis Parameter COD	65
4.2.4.3 Kesimpulan Hasil Kandungan COD pada Air Limbah	66
4.2.5 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	67
4.2.5.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter TSS	67
4.2.5.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2	68
4.2.5.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3	68
4.2.5.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4	69
4.2.5.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3	69
4.2.5.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4	70
4.2.5.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4	70
4.2.5.2 Analisis Parameter TSS	71
4.2.5.3 Kesimpulan Hasil Kandungan TSS pada Air Limbah.....	71
4.2.6 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	72
4.2.6.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter DO	73
4.2.6.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2	73
4.2.6.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3	74
4.2.6.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4	74
4.2.6.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3	74
4.2.6.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4	74
4.2.6.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4	75
4.2.6.2 Analisis Parameter DO	75
4.2.6.3 Kesimpulan Hasil Kandungan DO pada Air Limbah.....	75
4.2.7 Nitrit (NO ₂)	76
4.2.7.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Nitrit	77
4.2.7.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2	78
4.2.7.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3	78
4.2.7.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4	78
4.2.7.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3	79
4.2.7.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4	79
4.2.7.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4	80
4.2.7.2 Analisis Parameter Nitrit	80
4.2.7.3 Kesimpulan Hasil Kandungan Nitrit pada Air Limbah	81
4.2.8 Nitrat (NO ₃)	82
4.2.8.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Nitrat.....	83

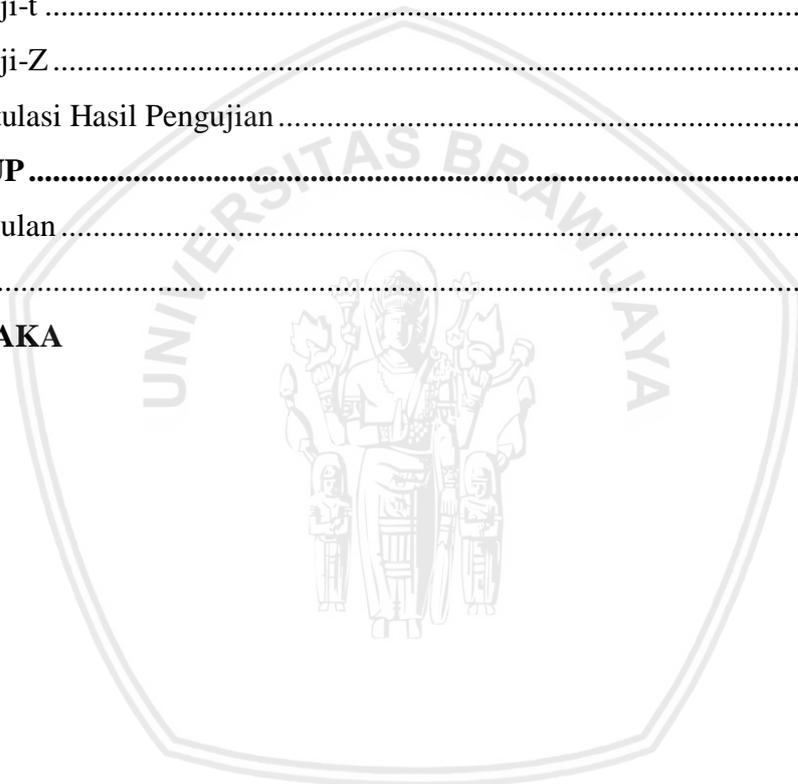
4.2.8.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	83
4.2.8.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	84
4.2.8.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	84
4.2.8.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	85
4.2.8.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	85
4.2.8.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	86
4.2.8.2	Analisis Parameter Nitrat	86
4.2.8.3	Kesimpulan Hasil Kandungan Nitrat pada Air Limbah.....	87
4.2.9	Fosfat (PO ₄)	88
4.2.9.1	Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Fosfat	89
4.2.9.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	89
4.2.9.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	90
4.2.9.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	90
4.2.9.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	91
4.2.9.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	91
4.2.9.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	92
4.2.9.2	Analisis Parameter Fosfat	92
4.2.9.3	Kesimpulan Hasil Kandungan Fosfat pada Air Limbah	93
4.2.10	Amonia (NH ₃).....	94
4.2.10.1	Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Amonia..	95
4.2.10.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	95
4.2.10.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	96
4.2.10.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	96
4.2.10.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	97
4.2.10.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	97
4.2.10.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	98
4.2.10.2	Analisis Parameter Amonia.....	98
4.2.10.3	Kesimpulan Hasil Kandungan Amonia pada Air Limbah.....	100
4.3	Efisiensi	101
4.3.1	Efisiensi Nilai <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	101
4.3.1.1	Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter BOD	102
4.3.1.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	102
4.3.1.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	103
4.3.1.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	103



4.3.1.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	103
4.3.1.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	104
4.3.1.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	104
4.3.1.2	Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai BOD pada Air Limbah	104
4.3.2	Efisiensi Nilai <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	105
4.3.2.1	Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter COD	106
4.3.2.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	106
4.3.2.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	107
4.3.2.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	107
4.3.2.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	107
4.3.2.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	108
4.3.2.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	108
4.3.2.2	Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai COD pada Air Limbah	109
4.3.3	Efisiensi Nilai <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	110
4.3.3.1	Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter TSS	110
4.3.3.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	111
4.3.3.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	111
4.3.3.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	111
4.3.3.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	112
4.3.3.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	112
4.3.3.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	112
4.3.3.2	Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai TSS pada Air Limbah	113
4.3.4	Efisiensi Nilai <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	114
4.3.4.1	Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter DO	114
4.3.4.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	115
4.3.4.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	115
4.3.4.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	116
4.3.4.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	116
4.3.4.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	116
4.3.4.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	117
4.3.4.2	Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai DO pada Air Limbah	117
4.3.5	Efisiensi Nilai Nitrit (NO ₂)	118
4.3.5.1	Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter Nitrit	118
4.3.5.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	119

4.3.5.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	119
4.3.5.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	120
4.3.5.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	120
4.3.5.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	120
4.3.5.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	121
4.3.5.2	Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai Nitrit pada Air Limbah.....	121
4.3.6	Efisiensi Nilai Nitrat (NO_3)	122
4.3.6.1	Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter Nitrat.....	123
4.3.6.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	123
4.3.6.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	124
4.3.6.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	124
4.3.6.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	124
4.3.6.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	125
4.3.6.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	125
4.3.6.2	Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai Nitrat pada Air Limbah	125
4.3.7	Efisiensi Nilai Fosfat (PO_4)	126
4.3.7.1	Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter Fosfat.....	127
4.3.7.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	128
4.3.7.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	128
4.3.7.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	128
4.3.7.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	129
4.3.7.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	129
4.3.7.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	129
4.3.7.2	Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai Fosfat pada Air Limbah	130
4.3.8	Efisiensi Nilai Amonia (NH_3).....	131
4.3.8.1	Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter Amonia..	131
4.3.8.1.1	Variasi 1 dengan Variasi 2	132
4.3.8.1.2	Variasi 1 dengan Variasi 3	132
4.3.8.1.3	Variasi 1 dengan Variasi 4	133
4.3.8.1.4	Variasi 2 dengan Variasi 3	133
4.3.8.1.5	Variasi 2 dengan Variasi 4	133
4.3.8.1.6	Variasi 3 dengan Variasi 4	134
4.3.8.2	Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai Amonia pada Air Limbah	134
4.4	Uji SEM-EDX	135

4.4.1 Uji SEM-EDX Sebelum Percobaan	135
4.4.1.1 Uji SEM-EDX Batu Apung	135
4.4.1.2 Uji SEM-EDX Batu Scoria	137
4.4.2 Uji SEM-EDX Setelah Percobaan.....	138
4.4.2.1 Uji SEM-EDX Batu Apung	138
4.4.2.2 Uji SEM-EDX Batu Scoria	140
4.4.2.3 Uji SEM-EDX Batu Scoria Variasi Bahan 3	141
4.4.3 Analisis Kimia Hasil Uji SEM-EDX	143
4.5 Uji Statistik	144
4.5.1 Uji-t	144
4.5.2 Uji-Z	147
4.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian	149
BAB V PENUTUP	153
5.1 Kesimpulan	153
5.2 Saran	156
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu unsur terpenting yang ada di bumi yang sangat dibutuhkan bagi kehidupan makhluk hidup. Air tidak dapat dipisahkan dari kehidupan makhluk hidup, tidak ada satupun makhluk hidup di bumi yang tidak membutuhkan air. Fungsi utama yang dimiliki oleh air adalah untuk menjaga keberlangsungan hidup manusia, hewan, dan tumbuhan. Untuk dapat digunakan secara optimal, maka air harus memenuhi standar kualitas agar layak untuk digunakan oleh masyarakat. Air yang bersih sangat dibutuhkan dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat untuk melakukan segala aktivitas kegiatan mereka. Sehingga perlu diketahui bagaimana air bisa dikatakan bersih dari segi kualitas dan dapat digunakan dalam jumlah yang memadai untuk kegiatan sehari-hari masyarakat.

Ditinjau dari segi kualitas, ada beberapa standar kualitas yang harus dipenuhi, diantaranya kualitas fisik yang terdiri dari warna, bau, dan temperatur. Kualitas kimia yang terdiri dari pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO), dan sebagainya. Serta kualitas biologi dimana parameter yang digunakan adalah air harus terbebas dari mikroorganisme penyebab penyakit. Selain ditinjau dari segi kualitas, air juga harus ditinjau dari segi kuantitas agar dapat menjaga keberlangsungan hidup manusia, maka air bersih juga harus tersedia dalam jumlah yang memadai sesuai dengan aktifitas manusia pada kurun waktu tertentu dan pada tempat tertentu.

Upaya pemenuhan Ketersediaan air oleh manusia dapat diperoleh dari air hujan, mata air, air laut, air tanah, air sungai, dan air limpasan. Dari beberapa sumber air tersebut, air sungai yang paling sering tercemar oleh bahan – bahan kimia yang disebabkan oleh limbah industri, pertanian, dan domestik. Limbah industri disebabkan karena banyak industri yang hanya mengumpulkan limbah industrinya saja tanpa adanya pengolahan air limbah sebelum dibuang ke sungai. Limbah pertanian juga menghasilkan limbah dalam bentuk cair, limbah cair yang dihasilkan dari pertanian banyak mengandung bahan – bahan organik seperti lemak, protein, dan karbohidrat, sehingga sangat mudah menimbulkan masalah jika dibuang ke sungai. Selain dari limbah industri dan limbah pertanian, air

sungai juga banyak yang tercemar dari limbah domestik. Limbah domestik dapat diartikan sebagai suatu limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga. Contoh limbah domestik ini adalah air bekas cucian yang mengandung deterjen, air sabun setelah mandi, dan kotoran manusia. Limbah ini memang tidak terlalu mengganggu lingkungan bila jumlahnya tidak terlalu banyak. Akan tetapi, bila terakumulasi dan menjadi satu, Limbah domestik tersebut dapat menjadi masalah yang paling serius karena umumnya masyarakat tidak mengelola limbah domestiknya dengan tepat. Disamping itu, masalah lain terkait limbah domestik adalah meningkatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia juga merupakan salah satu faktor banyaknya pencemaran limbah domestik ke sungai, karena banyaknya penduduk maka akan banyak pula rumah yang akan dibangun. Melihat dari semakin banyaknya penduduk di Indonesia, maka akan semakin banyak pula kebutuhan akan air bersih yang dapat digunakan oleh masyarakat.

Negara Indonesia menghadapi banyak tantangan terkait untuk melestarikan lingkungan dari permasalahan limbah domestik. Masalah ini belum mendapatkan perhatian yang cukup dari pemerintah. Oleh sebab itu, sangat dibutuhkan suatu penelitian terkait untuk mengembangkan teknologi pengolahan air limbah yang efisien dan rendah biaya untuk mengurangi kandungan zat berbahaya pada air limbah tersebut. Di antara teknologi ini, adsorpsi dan penyaringan adalah teknik yang mudah digunakan.

Dari permasalahan diatas, sangat dibutuhkan suatu penelitian untuk pengembangan teknologi pengolahan air limbah di masa depan dengan menggunakan bahan yang hemat biaya dan efisien. Salah satu caranya adalah dengan melakukan penelitian menggunakan kombinasi bahan batu scoria dan batu apung dengan zeolit dan kerikil sebagai bahan filter. Batu apung dan batu *Scoria* berasal dari letusan gunung berapi dan banyak ditemui di kali putih Blitar dan dapat langsung diambil dengan cuma-cuma. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi yang dapat dihasilkan oleh kombinasi bahan batu scoria dan batu apung dengan zeolit dan kerikil sebagai bahan filter untuk mengurangi kandungan zat berbahaya yang terlarut dalam limbah domestik.

1.2 Identifikasi Masalah

Sungai selain sebagai saluran alamiah air, sering pula digunakan sebagai tempat pembuangan air limbah. Banyaknya sungai di Indonesia yang tercemar oleh air limbah domestik menjadi suatu masalah tersendiri dalam hal pengolahan air limbah. Tanpa disadari atau tidak, limbah rumah tangga yang dibuang langsung ke sungai mengandung bahan kimia berbahaya yang berasal dari pemakaian detergen dan bahan – bahan lainnya.

Tanpa adanya pengolahan limbah cair rumah tangga, maka air sungai akan mengalami penurunan kualitas air yang bisa berdampak kepada kehidupan hewan di sungai tersebut dan masyarakat sekitar yang menggunakan air sungai untuk kebutuhan mereka sehari – hari.

Mahalnya instalasi pengolahan limbah cair domestik menjadi salah satu faktor mengapa pemerintah tidak membangun pengolahan air limbah tersebut secara merata. Salah satu solusi permasalahan ini adalah dengan melakukan penelitian batu apung (*Pumice*), zeolit dan batu Scoria sebagai bahan penyaring yang digunakan dalam pembuatan filter air. Batu scoria dan batu apung dapat ditemukan dengan mudah di Gunung Kelud. Gunung Kelud merupakan gunung berapi aktif yang berada di Kabupaten Blitar, Jawa Timur. Dengan adanya batu scoria dan batu apung yang berlimpah, hal ini diharapkan dapat menjadi alternatif bahan filter untuk pengolahan air limbah yang mampu mereduksi logam berat dan polutan berbahaya dari limbah domestik. Namun, perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai material yang akan dipadukan dengan batu scoria dan batu apung agar hasilnya lebih maksimal. Material lain yang akan digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah kerikil dan zeolit.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu penelitian lebih lanjut tentang batu apung (*Pumice*) dan batu Scoria yang diharapkan mampu menjadi bahan penyaring filter air yang dapat mengurangi kandungan zat berbahaya dari limbah domestik.

1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada identifikasi masalah yang telah dipaparkan, maka batasan masalah yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat penjernih air yang digunakan adalah alat penjernih sederhana.
2. Batu scoria dan batu apung yang diambil berasal dari aliran lahar Gunung Kelud di Kabupaten Blitar.
3. Air limbah yang akan diuji merupakan air limbah domestik yang diambil pada waktu dan jam yang sama yang diambil di saluran *Drainase* dibelakang Laboratorium Hidrolika Terapan Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.
4. Bahan penyaring yang digunakan adalah batu apung (*Pumice*), batu Scoria, kerikil, dan Zeolit.
5. Komposisi bahan untuk bahan filter mengikuti variasi yang telah direncanakan.
6. Variasi Waktu perendaman limbah domestik dalam filter masing – masing adalah 18 jam dan 36 jam.

7. Parameter yang diteliti adalah pH, Suhu, DO, BOD, COD, TSS, Amonia (NH_3), Nitrit (NO_2), Nitrat (NO_3), Fosfat (PO_4).

1.4 Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil dari variasi bahan filter tiap variasi waktu yang paling optimal untuk mereduksi setiap parameter yang telah ditentukan pada limbah domestik?
2. Berapa waktu paling optimal diantara 18 jam dan 36 jam bagi polutan limbah domestik untuk dapat tereduksi dengan baik?
3. Bagaimanan efisiensi variasi bahan filter untuk mereduksi setiap parameter yang telah ditentukan pada limbah domestik?
4. Bagaimana hasil analisis uji SEM-EDX pada batu scoria dan batu apung terhadap limbah domestik?

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil dari variasi bahan filter tiap variasi waktu yang paling optimal untuk mereduksi setiap parameter yang telah ditentukan pada limbah domestik.
2. Mengetahui waktu yang paling optimal diantara 18 jam dan 36 jam bagi polutan limbah domestik untuk dapat tereduksi dengan baik.
3. Mengetahui efisiensi variasi bahan filter untuk mereduksi setiap parameter yang telah ditentukan pada limbah domestik.
4. Mengetahui hasil analisis uji SEM-EDX pada batu scoria dan batu apung terhadap limbah domestik.

1.6 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Masyarakat dapat menerapkan teknologi sederhana filter penjernih air dari hasil penelitian ini.
2. Menambah wawasan untuk masyarakat dan mahasiswa tentang alat penjernih air rumah tangga yang sederhana dengan menggunakan bahan yang ekonomis dan banyak dijumpai di sekitar kita.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

2.1.1 Definisi Limbah

Limbah adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah dipergunakan dengan hampir-hampir 0,1% dari padanya berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan bukan organik (Soemarwoto, 1984, p.9).

Air limbah adalah air dari suatu daerah pemukiman yang telah dipergunakan untuk berbagai keperluan, harus dikumpulkan dan dibuang untuk menjaga lingkungan hidup yang sehat dan baik (Linsley, 1995, p.242).

Pencemaran air merupakan persoalan khas yang terjadi di sungai-sungai dan badan-badan air di Indonesia. Sumber pencemaran air terutama disebabkan aktivitas manusia dan dipicu secara kuadratika oleh pertumbuhan penduduk. Pencemaran air pada sungai dan badan air lain yang berada dikawasan perkotaan, terutama disebabkan oleh sektor domestik, berupa limbah cair dari rumah tangga. Demikian pula kelemahan dalam penyediaan infrastruktur pengolahan limbah untuk sektor domestik akan menyebabkan limbah rumah tangga (baik cair atau padat) memasuki perairan secara langsung. Dengan demikian, keadaan tersebut dapat merusak kualitas air permukaan. (Sunaryo, 2005, p.41-42).

2.1.2 Sifat – sifat Air Limbah

Air limbah mengandung tambahan kotoran akibat pemakaian untuk keperluan rumah tangga, komersial dan industri. Beberapa pengujian yang dipakai untuk menentukan ciri-ciri bahan organik dalam air limbah meliputi penggunaan organisme mikro dan sering diklasifikasikan sebagai pengujian biokimia. Ciri-ciri air limbah dapat digolongkan menjadi 3 diantaranya (Linsley, 1995, p.249):

1. Ciri-ciri Fisik

Ciri-ciri fisik utama air limbah adalah kandungan bahan padat, warna, bau dan suhunya.

- a. Bahan Padat Total

Bahan padat total terdiri dari bahan padat tak terlarut atau bahan padat terapung serta senyawa-senyawa yang larut dalam air. Kandungan bahan padat terlarut ditentukan

dengan mengeringkan serta menimbang residu yang didapat dari pengeringan contoh air. Sekitar 40 persen dari bahan padat yang ada dalam kebanyakan air limbah berada dalam keadaan terapung. Bahan padat ini dapat mengambang atau mengendap dan dapat membentuk tumpukan lumpur yang berbau bila dibuang ke sungai (Linsley, 1995, p.249).

b. Warna

Warna adalah ciri kualitatif yang dapat dipakai untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Jika warnanya coklat muda, maka umur air kurang dari 6 jam. Warna abu-abu muda sampai setengah tua merupakan tanda bahwa air limbah sedang mengalami pembusukan atau telah ada dalam sistem pengumpul untuk beberapa lama. Bila warnanya abu-abu tua atau hitam, air limbah sudah membusuk setelah mengalami pembusukan oleh bakteri dengan kondisi anaerobik (tanpa adanya oksigen). Penghitaman warna air limbah sering disebabkan oleh adanya pembentukan berbagai sulfida, khususnya ferrous sulfida. Ini dihasilkan pada saat hidrogen sulfida yang timbul pada kondisi anaerobik bersenyawa dengan logam-logam valensi dua, seperti besi yang mungkin tersedia (Linsley, 1995, p.249-250).

c. Bau

Penentuan bau menjadi sangat penting bila masyarakat mempunyai kepentingan langsung atas terjadinya operasi yang baik pada sarana pengolahan air limbah. Bau air limbah yang baru biasanya tidak begitu merangsang, tetapi berbagai senyawa yang berbau dilepaskan pada saat air limbah terurai secara biologis pada kondisi anaerobik. Senyawa utama yang berbau adalah Hidrogen Sulfida (tercium seperti bau busuk). Hal yang harus diperhatikan khusus dalam perencanaan sarana pengolahan adalah pencegahan kondisi-kondisi yang dapat menimbulkan bau-bauan. (Linsley, 1995, p.250).

d. Suhu

Suhu air limbah biasanya lebih tinggi dari suhu air bersih, karna adanya tambahan air hangat dari pemakaian perkotaan. Pengukuran suhu sangat penting karena kebanyakan instalasi pengolahan air limbah meliputi proses-proses biologis yang tergantung pada suhu. Suhu air limbah bervariasi dari musim ke musim dan juga tergantung pada letak geografisnya. Pada daerah yang dingin, suhu berkisar antara 45 sampai 65°F (7-18°C), sedangkan pada daerah panas berkisar antara 55 sampai 75°F (13-24°C) (Linsley, 1995, p.250).

2. Ciri-ciri Kimiawi

Selain pengukuran BOD₅, COD dan TOC, pengujian kimia yang utama adalah yang bersangkutan dengan amonia bebas, nitrogen organik, nitrit, nitrat, fosfor organik, dan

fosfor anorganik. Nitrogen dan fosfor sangat penting, karena kedua nutrisi ini telah sangat umum diidentifikasi sebagai bahan untuk pertumbuhan gulma air. Pengujian-pengujian lain seperti klorida, sulfat, pH serta alkalinitas diperlukan untuk mengkaji dapat tidaknya air limbah yang sudah diolah dipakai kembali, serta untuk mengendalikan berbagai proses pengolahan (Linsley, 1995, p.250).

3. Ciri-ciri Biologis

Ciri-ciri biologis limbah kadang-kadang merupakan hal yang penting. Karena ada beribu-ribu bakteri per milimeter dalam air limbah yang belum diolah, maka perhitungan keseluruhan jarang dilakukan. Berbagai jenis bakteri yang terdapat didalam air limbah sangat berbahaya karena menyebabkan penyakit. Kebanyakan bakteri yang terdapat dalam air limbah merupakan bantuan yang sangat penting bagi proses pembusukan bahan organik. Proses pengolahan biologis bertumpu pada percepatan siklus perusakan alamiah, sehingga tujuan dari perencanaan instalasi pengolahan pada umumnya adalah untuk mempersiapkan suatu lingkungan yang baik untuk kegiatan bakteri yang menstabilkan bahan organik air limbah. (Linsley, 1995, p.252).

2.1.3 Macam-macam Limbah Cair

Sumber pencemaran air secara umum berasal dari air limbah domestik, yakni air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga, perkantoran, rumah makan, hotel, asrama, sekolah dan lainnya, air limbah industri, air limbah pertanian (*agricultural waste water*), serta air hujan yang tercampur dengan air limbah (Said, 2016, p.2).

1. Air Limbah Rumah Tangga

Sumber utama air limbah rumah tangga dari masyarakat adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah fasilitas rekreasi. Untuk daerah tertentu banyaknya air limbah dapat diukur secara langsung (Sugiharto, 1987, p.10-11).

Jumlah air limbah rumah tangga dari suatu daerah biasanya sekitar 60-75% dari air yang disalurkan ke daerah itu. Sisanya dipakai pada proses industri, penyiraman kebun dan lain-lainnya. Jadi, bila air yang dipergunakan untuk suatu daerah pemukiman diketahui jumlahnya, maka kemungkinan output air limbah rumah tangga dari daerah itu dapat diperkirakan. Perkiraan kapasitas sarana air limbah haruslah mencadangkan kelonggaran untuk pertumbuhan daerah yang bersangkutan di masa depan (Linsley, 1996, p.244).

2. Air Limbah Industri

Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar-kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan

air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan tangki penahan dan bak pengaman. Untuk memperkirakan jumlah air limbah yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan sekitar $50 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{hari}$. Sebagai patokan dapat dipergunakan pertimbangan bahwa 85-95% dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Apabila industri tersebut memanfaatkan kembali air limbahnya, maka jumlahnya akan lebih kecil lagi (Sugiharto, 1987, p.13).

3. Air Limbah Pertanian

Air limbah pertanian banyak mengandung senyawa nutrient yang berasal dari sisa-sisa pupuk serta banyak mengandung senyawa pestisida. Senyawa nutrient yakni nitrogen dan fosfor dapat menyebabkan eutrofikasi (Said, 2016, p.8).

2.1.4 Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat memasak. Komposisi limbah cair rata-rata mengandung bahan organik dan senyawa mineral yang berasal dari sisa makanan, urin, dan sabun. Sebagian limbah rumah tangga berbentuk suspensi lainnya dalam bentuk bahan terlarut. Limbah cair ini dapat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu limbah cair kakus yang umum disebut black water dan limbah cair dari mandi-cuci yang disebut grey water. Black water oleh sebagian penduduk dibuang melalui septic tank, namun sebagian dibuang langsung ke sungai, sedangkan gray water hampir seluruhnya dibuang ke sungai-sungai melalui saluran.

2.1.5 Karakteristik Limbah Cair Domestik

Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, dimana karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi sebagai berikut (Eddy, 2008).

1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik air limbah yang perlu diketahui adalah total solid, bau, temperatur, warna, kekeruhan.

a. *Total Solid*

Total solid adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu $103-105^\circ\text{C}$. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan

infiltrasi ini dapat menyebabkan bangunan pengolahan penuh dengan sludge dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.

b. Bau

Karakteristik ini bersumber dari gas-gas yang dihasilkan selama dekomposisi bahan organik dari air limbah atau karena penambahan suatu substrat ke air limbah.

c. Temperatur

Temperatur ini mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Air yang baik mempunyai temperatur normal 8°C dari suhu kamar 27°C . Semakin tinggi temperatur air ($>27^{\circ}\text{C}$) maka kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

d. Warna

Air limbah yang berwarna banyak menyerap oksigen dalam air sehingga dalam waktu lama akan membuat air berwarna hitam dan berbau.

e. Kekeruhan

Kekeruhan diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipendarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipendarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama (Eddy, 2008).

2. Karakteristik Kimia

Pada air limbah ada tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik, anorganik, dan gas.

a. Bahan Organik

Pada air limbah bahan organik bersumber dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri terdiri dari C, H, O, N, yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, pestisida dan fenol, dimana sumbernya adalah limbah domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian.

b. Bahan Anorganik

Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh asal air limbah. Pada umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat senyawa-senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

c. Gas

Gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen (N_2), oksigen (O_2), metana (CH_4), hidrogen sulfida (H_2S), amoniak (NH_3), dan karbondioksida (Eddy, 2008).

3. Karakteristik Biologi

Pada air limbah, karakteristik biologi menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme patogen. Karakteristik biologi tersebut seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilisasi senyawa organik (Eddy, 2008).

2.1.6 Dampak Limbah Cair Domestik

Beberapa masalah yang dapat ditimbulkan oleh buangan limbah cair domestik antara lain:

1. Merusak keindahan atau estetika karena pemandangan menjadi tidak sedap dan berbau busuk.
2. Menimbulkan kerusakan lingkungan.
3. Merusak dan membunuh kehidupan di dalam air.
4. Membahayakan kesehatan.

Masuknya air limbah domestik ke dalam lingkungan perairan akan mengakibatkan perubahan-perubahan besar dalam sifat fisika, kimia, dan biologis perairan tersebut seperti suhu, kekeruhan, konsentrasi oksigen terlarut, zat hara, dan produksi dari bahan beracun. Tingkat dan luas pengaruh yang ditimbulkan terhadap organisme perairan tersebut sangat tergantung dari jenis dan jumlah bahan pencemar yang masuk ke perairan. Berubahnya keseimbangan antara faktor fisika-kimia dan biologis dalam suatu lingkungan akibat adanya senyawa pencemar dapat mempengaruhi organisme dalam lingkungan tersebut.

2.2 Golongan dan Kriteria Mutu Air

2.2.1 Golongan Mutu Air

Peraturan mengenai standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 492 tahun 2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum. Berdasarkan keputusan pemerintah tersebut air menurut peruntukannya digolongkan menjadi:

1. Golongan A, yaitu air pada sumber air yang digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.
2. Golongan B, yaitu air pada sumber air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah menjadi air minum dan keperluan rumah tangga lainnya.
3. Golongan C, yaitu air pada sumber air yang dapat dipergunakan untuk perikanan dan peternakan.
4. Golongan D, yaitu air yang digunakan untuk pertanian, industri, listrik tenaga air dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan.

5. Golongan E, yaitu air yang tidak bisa digunakan untuk keperluan tersebut pada peruntukan air golongan A, B, C, dan D.

2.2.2 Standar Mutu Air

Penentuan standar mutu air limbah domestik ditentukan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan dalam Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, kriteria mutu air didasarkan pada kelas-kelas menurut kandungan parameter yang terkandung didalamnya. Dalam peraturan tersebut terbagi dalam empat kelas dan parameter yang ditentukan dibedakan yaitu secara fisika, bahan kimia anorganik, mikrobiologi, radioaktifitas dan bahan kimia organik. Dalam penelitian ini, kriteria mutu air yang digunakan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan dalam Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 adalah kelas tiga.

1. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH merupakan parameter kimia yang menunjukkan konsentrasi ion hidrogen di pada perairan. Konsentrasi ion hidrogen tersebut dapat mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi di lingkungan perairan. Larutan dengan harga pH rendah dinamakan asam, sedangkan yang harga pH-nya tinggi dinamakan basa. Skala pH terentang dari 0 (asam kuat) sampai 14 (basa kuat) dengan 7 adalah harga tengah mewakili air murni (netral).

Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kriteria mutu air berdasarkan kelas tiga untuk parameter pH adalah berkisar antara 6 – 9.

2. Suhu

Suhu atau temperatur merupakan salah satu parameter fisik karena kegunaannya dalam mempelajari proses fisika, kimia dan biologi. Suhu secara langsung maupun tidak langsung sangat dipengaruhi oleh sinar matahari. Suhu air sangat berpengaruh terhadap jumlah oksigen terlarut di dalam air. Jika suhu rendah, oksigen terlarut akan semakin bertambah dan berkurang jika suhu semakin tinggi.

Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kriteria mutu air berdasarkan kelas tiga untuk parameter suhu adalah deviasi 3 dari suhu lingkungan sekitar.

3. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS yaitu bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang

diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air semakin keruh.

Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kriteria mutu air berdasarkan kelas tiga untuk parameter TSS adalah 400 mg/L.

4. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terdapat dalam air pada keadaan aerobik yang diinkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari, sehingga biasa disebut BOD5. Nilai BOD5 dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah bahan organik di dalam air limbah yang dapat dioksidasi dan akan diuraikan oleh mikroorganisme melalui proses biologi.

Nilai BOD yang tinggi menunjukkan bahwa terdapat banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik, sedangkan nilai BOD yang rendah menunjukkan terjadinya penguraian limbah organik oleh mikroorganisme. Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kriteria mutu air berdasarkan kelas tiga untuk parameter BOD adalah sebesar 6 mg/L.

5. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Penentuan COD ini dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.2-2004. *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan organik yang terdapat di perairan, menjadi CO₂ dan H₂O. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada nilai BOD dikarenakan hampir seluruh jenis bahan organik dapat teroksidasi secara kimia termasuk bahan organik yang teroksidasi secara biologis.

Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kriteria mutu air berdasarkan kelas tiga untuk parameter COD adalah sebesar 50 mg/L.

6. DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam analisis kualitas air permukaan maupun airtanah. Nilai DO menunjukkan jumlah kadar oksigen (O₂) yang tersedia di dalam air. Semakin besar nilai DO dalam suatu air, maka semakin baik kualitas airnya. Sedangkan, untuk nilai DO yang rendah, biasanya terdapat pada air yang terkontaminasi atau tercemar. Dalam Peraturan Pemerintah No. 82

Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kriteria mutu air berdasarkan kelas tiga untuk parameter DO adalah sebesar 3 mg/L.

7. Amonia (NH_3)

Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, baku mutu amonia untuk sungai kelas satu adalah sebesar 0,5 mg NH_3N /liter. Konsentrasi amonia yang tinggi dalam badan sungai mengindikasikan adanya pencemaran yang salah satunya disebabkan oleh buangan air limbah domestik baik segar (tidak terolah) maupun telah terolah.

8. Fosfat (PO_4)

Fosfat banyak berasal dari bahan pembersih yang mengandung senyawa fosfat. Pada deterjen salah satu bahan yang digunakan adalah builder. Senyawa kompleks yang sering digunakan dalam builder adalah fosfat, natrium sitrat, natrium karbonat dan natrium silikat atau zeolit. Senyawa fosfat dapat mencegah menempelnya kembali kotoran pada bahan yang sedang dicuci. Kandungan fosfat yang tinggi menyebabkan suburnya algae dan organisme lainnya apa yang dikenal dengan eutrophikasi. Eutrophikasi adalah masalah lingkungan hidup yang dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem perairan khususnya pada air tawar dimana tumbuhan tumbuh sangat cepat dibandingkan pertumbuhan yang normal (Wati, 2008).

Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kriteria mutu air berdasarkan kelas tiga untuk parameter Fosfat adalah sebesar 1 mg/L.

9. Nitrat (NO_3)

Nitrat merupakan bentuk Nitrogen yang berperan sebagai nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat Nitrogen sangat mudah larut dalam air dan memiliki sifat yang relatif stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi yang sempurna di perairan.

Pada dasarnya, Nitrat merupakan sumber utama Nitrogen di perairan, akan tetapi tumbuhan lebih menyukai Amonia untuk digunakan dalam proses pertumbuhan. Kadar Nitrat di perairan yang tidak tercemar biasanya lebih tinggi dari pada kadar amonium. Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kriteria mutu air berdasarkan kelas tiga untuk parameter Nitrat adalah sebesar 20 mg/L. Kadar Nitrat lebih dari 10 mg/L menggambarkan keadaan suatu perairan yang telah tercemar akibat aktivitas manusia dan tinja hewan.

10. Nitrit (NO₂)

Nitrit (NO₂) merupakan bentuk peralihan antara ammonia dan nitrat (nitrifikasi) dan antara nitrat dengan gas nitrogen (denitrifikasi) oleh karena itu, nitrit bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Kandungan nitrit pada perairan alami mengandung nitrit sekitar 0,001 mg/L. Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kriteria mutu air berdasarkan kelas tiga untuk parameter Nitrit adalah sebesar 0,06 mg/L. Kadar nitrit yang lebih dari 0,06 mg/L adalah bersifat toksik bagi organisme perairan.

2.3 Proses Penghilangan Polutan di dalam Air Limbah

Pengolahan air limbah bertujuan menghilangkan parameter pencemar yang ada di dalam air limbah sampai batas yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air sesuai dengan syarat baku mutu yang diizinkan. Pengolahan air limbah secara garis besar dapat dibagi menjadi pemisahan padatan tersuspensi (*solid-liquid separation*), pemisahan senyawa koloid, serta penghilangan senyawa polutan terlarut. Ditinjau dari jenis prosesnya pengolahan air limbah dapat dikelompokkan menjadi proses pengolahan secara fisika, proses secara kimia, proses secara fisika-kimia serta proses pengolahan secara biologis. Penerapan masing-masing metode tergantung pada kualitas fasilitas yang tersedia (Said, 2016, p.9).

2.4 Urutan Proses Pengolahan Air Limbah

Ditinjau dari urutannya proses pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi: pengolahan primer (*primary treatment*), pengolahan sekunder (*secondary treatment*), dan pengolahan tersier atau pengolahan lanjut (*advanced treatment*). Pengolahan primer merupakan proses pengolahan pendahuluan untuk menghilangkan padatan tersuspensi, koloid, serta penetralan yang umumnya menggunakan proses fisika atau proses kimia. Pengolahan sekunder merupakan proses untuk menghilangkan senyawa polutan organik terlarut yang umumnya dilakukan secara biologis (Said, 2016, p.9).

1. Pengolahan primer (*primary treatment*)

Pengolahan pertama bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan. Pengendapan adalah kegiatan utama pada tahap ini dan pengendapan yang dihasilkan terjadi karena adanya kondisi yang sangat tenang. Bahan kimia dapat juga ditambahkan untuk menetralkan keadaan atau meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur. Dengan adanya pengendapan ini, maka akan

mengurangi kebutuhan oksigen pada pengolahan biologis berikutnya dan pengendapan yang terjadi adalah pengendapan secara gravitasi (Sugiharto, 1987, p.103).

2. Pengolahan sekunder (*secondary treatment*)

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini sangat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran kotoran yang ada dan sebagainya. Reaktor pengolah lumpur aktif dan saringan penjernihan biasanya dipergunakan dalam tahap ini. Pada proses penggunaan lumpur aktif (*activated sludge*), maka air limbah yang telah lama ditambahkan pada tangki aerasi dengan tujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat. Lumpur aktif tersebut dikenal sebagai MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*). Terdapat dua hal yang penting dalam proses biologis ini antara lain proses penambahan oksigen dan proses pertumbuhan bakteri (Sugiharto, 1987, p.113).

3. Pengolahan tersier atau pengolahan lanjut (*advanced treatment*).

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh karena itu, pengolahan jenis ini baru dipergunakan apabila pada pengolahan masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah yang khusus pula. Terdapat beberapa jenis pengolahan yang sering dipergunakan antara lain: saringan pasir, saringan multi media, *precoal filter*, *mikrostaining*, *vacum filter*, penyerapan /*adsorbtion*, pengurangan besi dan mangan, perubahan CN-, dan osmosis bolak balik (Sugiharto, 1987, p.120-121).

2.4.1 Macam – Macam Metode Pengolahan Air Limbah

Tabel 2.1

Metode Pengolahan Limbah Secara Fisik

Metode	Penggunaan
Penyaringan	Pembuangan bahan padat kasar yang terendapkan dengan cara pencegatan (penapis permukaan).
Pengecilan ukuran	Penggilingan bahan padat kasar menjadi ukuran yang kira-kira seragam.
Penyamaan aliran	Penyamaan aliran dan beban massa BOD serta bahan padat terapung.
Pencampuran	Pencampuran bahan-bahan kimia serta gas-gas dengan air limbah

Lanjutan Tabel 2.1 Metode Pengolahan Limbah Secara Fisik

Metode	Penggunaan
	dan menjaga agar bahan padat tetap terapung.
Flokulasi	Mendorong pengumpulan partikel-partikel kecil menjadi partikel yang lebih besar untuk memudahkan pembuangannya dengan cara pengendapan gravitasi.
Pengendapan	Pembuangan bahan padat terendapkan dan pengentalan lumpur.
Pengambangan	Pembuangan pecahan halus terapung serta partikel-partikel yang berat jenisnya mendekati berat jenis air; juga pengentalan lumpur biologis.
Filtrasi	Pembuangan endapan halus bahan padat terapung yang ketinggalan setelah pengolahan secara kimiawi dan biologis.
Penyaringan mikro	Sama seperti filtrasi; juga untuk membuang ganggang dari buangan kolam stabilisasi.

Sumber : Linsley, 1996, p.282.

Tabel 2.2
Metode Pengolahan Limbah Secara Kimia

Metode	Penggunaan
Pengendapan kimiawi	Pembuangan fosfor serta pemudahan pembuangan bahan padat terapung pada sarana pengendapan primer yang dipergunakan untuk pengolahan fisika-kimiawi.
Perpindahan gas	Penambahan atau pembuangan gas.
Adsorpsi	Pembuanganmbahan organik yang tak terambil dengan cara pengolahan kimiawi atau biologis biasa; juga dipakai untuk mengambil klor dari limbah sebelum dilakukan pelepasan buangan hasil pengolahan.
Disinfeksi	Pemberantasan selektif terhadap organisme penyebab penyakit, biasanya dengan klorin atau ozon.
Deklorinasi	Pembuangan ampas klorin yang ada setelah klorinasi.
Lain-lain	Berbagai bahan kimia dapat dipergunakan untuk mencapai tujuan-tujuan khusus dalam pengolahan air limbah

Sumber: Linsley, 1996, p.282.

Tabel 2.3
Metode Pengolahan Limbah Secara Biologi

Metode	Nama Umum	Penggunaan
Proses aerobik		
Pertumbuhan terapung	Proses pengaktifan lumpur:	
	1. Konvensional (<i>plug flow</i>)	
	2. Tangki teraduk beraliran tetap	
	3. Aerasi bertahap	Pembuangan BOD
	4. Oksigen murni	karbon (nitrifikasi)
	5. Aerasi dimodifikasi	
	6. Stabilisasi dengan kontak	
	7. Aerasi diperluas	
	8. Selokan oksidasi	
	Nitrifikasi pertumbuhan terapung	Nitrifikasi
Pertumbuhan melekat	Kolam diaerasi	Pembuangan BOD karbon (nitrifikasi)
	Pencernaan aerobik:	Stabilisasi,
	1. Udara konvensional	pembuangan BOD karbon
	2. Oksigen murni	
	Kolam ganggang aerobik kecepatan tinggi	Pembuangan BOD karbon
	Filter tetesan:	Pembuangan BOD karbon (nitrifikasi)
1. Kecepatan rendah		
2. Kecepatan tinggi		
	Filter kasar	Pembuangan BOD karbon
	Alat kontak biologis putar	Pembuangan BOD karbon (nitrifikasi)
	Reaktor dasar terbungkus	Nitrifikasi
Proses anoxic		
Pertumbuhan terapung	Denitrifikasi pertumbuhan terapung	Denitrifikasi
Pertumbuhan melekat	Denitrifikasi lapisan tipis yang tetap	

Lanjutan Tabel 2.3 Metode Pengolahan Limbah Secara Biologi

Metode	Nama Umum	Penggunaan
Proses anaerobic		
Pertumbuhan terapung	Pencernaan anaerobik:	Stabilisasi, pembuangan BOD karbon
	1. Laju standar, satu tahap 2. Kecepatan tinggi, satu tahap 3. Dua Tahap	
	Proses kontak anaerobic	Pembuangan BOD karbon
Pertumbuhan melekat	Filter anaerobic	Pembuangan BOD karbon, stabilisasi (denitrifikasi)
	Kolam anaerobic	Pembuangan BOD karbon (stabilisasi)
Proses aerobik/anoxic atau anaerobik		
Pertumbuhan terapung	Nitrifikasi-denitrifikasi satu tahap	Pembuangan BOD karbon, nitrifikasi, denitrifikasi
Pertumbuhan melekat	Nitrifikasi-denitrifikasi	Nitrifikasi, denitrifikasi
Proses gabungan	Kolam fakultatif	Pembuangan BOD karbon
	Kolam pematangan atau tersier	Pembuangan BOD karbon
	Kolam anaerobik-fakultatif	Pembuangan BOD karbon
	Kolam anaerobik-fakultatif-aerobik	Pembuangan BOD karbon

Sumber: Linsley, 1996, p.283-284.

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan adalah proses pemisahan dimana komponen tertentu di dalam fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang mempunyai sifat dapat menyerap

(*adsorbent*). Sebagian besar zat pengadsorpsi atau adsorben merupakan bahan-bahan yang sangat porous dengan luas permukaan yang besar, sehingga proses adsorpsi dapat berlangsung pada permukaan atau dinding-dinding pori atau pada bagian tertentu di dalam partikel adsorben. Karena ukuran pori-pori tersebut sangat kecil, maka luas permukaan dalam menjadi sangat besar dibandingkan dengan luas permukaan luar (Said, 2016, p.54).

Proses adsorpsi dapat terjadi karena perbedaan berat molekul atau perbedaan polaritas yang dapat menyebabkan sebagian seluruh molekul polutan melekat di permukaan partikel adsorben. Di dalam proses pengolahan air, proses adsorpsi umumnya digunakan untuk menyerap atau menghilangkan senyawa polutan dengan konsentrasi yang sangat kecil (polutan mikro), penghilangan warna, penghilangan bau, dan lainnya. Bahan adsorben yang banyak digunakan antara lain adalah karbon aktif (*activated carbon*), silika aktif (*activated silica*), zeolit, dan lainnya (Said, 2016, p.55).

2.6 Filtrasi

Filtrasi atau penyaringan merupakan proses pengolahan air dengan cara mengalirkan air melalui filter dengan media dari bahan-bahan butiran dengan diameter butir dan ketebalan tertentu. Bahan yang umum digunakan dalam pengolahan air disebut sebagai saringan pasir (*Sand Filter*). Proses penyaringan bertujuan untuk memisahkan bahan-bahan terlarut dan tidak terlarut yang terdapat dalam air seperti partikel-partikel tersuspensi, bahan-bahan organik penyebab bau, warna dan rasa, serta mikroorganisme seperti ganggang dan jamur. Media penyaring yang banyak digunakan adalah pasir. Menurut kecepatan alirannya, saringan pasir dapat diklasifikasikan sebagai (Sugiharto, 1987, p.121):

1. Saringan Pasir Lambat

Terdiri dari lapisan kerikil dengan tebal 0,3 meter dan pasir setebal 0,6 – 1,2 meter dengan diameter pasir sekitar 0,2 – 0,35 milimeter. Dari penyaringan ini akan dihasilkan kecepatan pengaliran sebanyak 0,034 – 0,10 liter/m³/detik. Karakteristik dari saringan pasir lambat ini adalah (Sugiharto, 1987, p.121):

- a. Saringan pasir lambat sangat praktis untuk menyaring air yang mempunyai kekeruhan lebih dari 50 mg/L.
- b. Sangat efektif dalam menahan bakteri dan partikel-partikel suspensi dalam air, dapat mengurangi warna, bau, dan rasa namun kapasitas penyaringan kecil.
- c. Kapasitas kerikil berfungsi untuk mendukung lapisan pasir dan mengalirkan air sebanyak mungkin.

- d. Mempunyai bentuk yang sederhana.
- e. Efisiensi penghilangan bakteri tinggi dan operasinya sederhana.

2. Saringan Pasir Cepat

Saringan ini berisikan 0,4 – 0,7 meter pasir dengan diameter 0,4 – 0,8 milimeter dan kerikil setebal 0,3 – 0,6 meter. Adapun kecepatan aliran penyaringan yang dihasilkan adalah sebesar 1,3 – 2,7 liter/m³/detik. Karakteristik dari saringan pasir cepat ini adalah (Sugiharto, 1987, p.121):

- a. Digunakan untuk penyaringan air yang keruh dengan laju penyaringan yang lebih tinggi dibanding saringan pasir lambat.
- b. Apabila air sangat keruh, sebelum air disaring umumnya dilakukan proses pengendapan yang diawali dengan penambahan koagulan.
- c. Keuntungannya dapat menyediakan air bersih dalam waktu yang relatif cepat, namun tidak dapat menahan bakteri sehingga harus ditambah bahan pembunuh kuman.
- d. Pada sistem saringan pasir cepat lebih banyak menggunakan sistem mekanis.

2.7 Bahan Filter

2.7.1 Batu Scoria

Batu Scoria merupakan salah satu jenis batuan beku yang terbentuk karena dari pembekuan letusan gunung api yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik sama seperti Batu Apung.

Batu Scoria memiliki kenampakan warna hitam dan kemerahan. Batu Scoria memiliki titik rongga seperti pori – pori yang membentuk bulat yang tersebar secara tidak merata, pori – pori ini terbentuk dari adanya gelembung udara atau gas ketika pembentuknya. Batu Scoria memiliki tekstur vesikuler sama seperti Batu Apung dengan ukuran lubang atau pori yang bervariasi dan berhubungan satu sama lain. Batuan Scoria termasuk batuan beku luar (*ekstrusif*) karena magma yang keluar dari lubang kepundan gunung api sebagai erupsi, mendingin dengan cepat dan membeku di permukaan bumi. Proses pembentukan Batu Scoria lava yang kaya *volatiles* atau gas tetapi kurang kental dari lava membentuk Batu Apung. Ketika batuan cair meningkat dalam pipa vulkanik, gas mulai terbentuk dan mengumpulkan dan gas-gas yang membentuk gelembung besar dalam lava. Batu dipadatkan yang membeku dihasilkan Scoria. Meskipun ruang terbuka di dapat Batu Scoria pada umumnya lebih berat daripada air yang tidak seperti kebanyakan Batu Apung bisa mengapung di atas air. Scoria pada umumnya sama seperti Apung fragmen yang

terlemparkan pada saat gunung api dengan ukuran dari kerikil sampai bongkah. Batuan Scoria bertekstur piroklastik sehingga mempunyai tekstur cenderung halus dan kasar. Batu Scoria sangat melimpah di Indonesia memiliki ciri-ciri berwarna hitam dan kemerahan, memiliki bentuk seperti rumah lebah yang berongga dan Batu Scoria jika di letakkan dalam air akan tenggelam. Batu Scoria dari Gunung Kelud memiliki warna kehitaman, memiliki bentuk elip seperti rumah rubah yang tidak beraturan dan memiliki banyak rongga yang terhubung satu sama lain di permukaan batuan.

Unsur yang terdapat pada batu scoria yaitu: Si, Fe, Ca, Al, K, Ni, Ti, Sr, Mn, Ba, Cu, Re, Eu, Cr, V, dan Zn. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Scoria yaitu Si sebesar 35,9% dan Fe sebesar 27,4%. (Raya, 2017).



Gambar 2.1 Batu Scoria
Sumber: Dokumentasi, 2018

2.7.2 Batu Apung

Batu Apung (*Pumice*) adalah salah satu jenis batuan beku bersifat asam yang terbentuk dari pembekuan letusan gunung api yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik.

Batu Apung (*Pumice*) berwarna keabu-abuan atau coklat. Batu Apung memiliki titik rongga seperti pori – pori yang tersebar secara tidak merata, pori – pori ini terbentuk dari adanya gelembung udara atau gas ketika pembentukannya. Batu Apung memiliki tekstur vesikuler dengan ukuran lubang atau pori yang bervariasi dan berhubungan satu sama lain. Batuan Apung termasuk batuan beku luar (*ekstrusif*) karena magma yang keluar dari lubang kepundan gunung api sebagai erupsi, mendingin dengan cepat dan membeku di permukaan bumi. Proses pembentukan Batu Apung terjadi bila magma asam muncul ke permukaan dan bersentuhan dengan udara luas secara tiba-tiba. Buih gelas alam dengan gas yang terkandung didalamnya mempunyai kesempatan untuk keluar dan magma membeku dengan tiba-tiba.

Batu Apung umumnya terdapat sebagai fragmen yang terlemparkan pada saat gunung api dengan ukuran dari kerikil sampai bongkah. Batuan Apung bertekstur piroklastik terbentuk karena erupsi yang dihasilkan ke atmosfer dalam bentuk debu dan batuan apung teksturnya cenderung halus dan kadang pula kasar. Batu Apung yang terletak di Indonesia kebanyakan memiliki ciri-ciri berwarna abu-abu, memiliki pori yang berhubungan satu sama lain di seluruh permukaan batuan dan terapung dalam air. Sedangkan Batu Apung yang terdapat dari Gunung Kelud tidak jauh berbeda dengan Batu Apung lainnya yang berwarna abu-abu dan memiliki banyak rongga yang terhubung satu sama lain di permukaan batuan.

Dari hasil XRF unsur-unsur yang terdapat batu apung yaitu Si, Fe, Ca, Al, K, Ti, Ni, Sr, Mn, P, Ba, Cu, Eu, Re, Cr, Zn dan V. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Apung yaitu Si sebesar 37,6% dan Fe sebesar 25,9%. (Raya, 2017).



Gambar 2.2 Batu Apung
Sumber: Dokumentasi, 2018

2.7.3 Zeolit

Zeolit atau yang dikenal juga dengan batu api merupakan mineral dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Mineral alam zeolit biasanya tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gipsum, feldspar dan kuarsa dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (*hot spring*). Zeolit juga ditemukan sebagai endapan pada bugian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lingkungan lokasi kejadiannya. Hal ini yang menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama namun berbeda komposisi kimianya.

Zeolit merupakan kristal aluminosilikat mikropori, terdiri dari tetrahedra TO_4 ($T=Si, Al$) dengan atom O yang menghubungkan antara tetrahedra. Kombinasi unit TO_4 ($T=Si$)

menghasilkan SiO_2 yang merupakan padatan tidak bermuatan. Akibat penggabungan Al kedalam rangka silika, muatan +3 pada Al mengakibatkan rangka bermuatan negatif dan membutuhkan adanya kation tambahan (organik maupun anorganik) pada rangka untuk menjaga rangka zeolit netral. Kation tambahan ini merupakan ion yang dapat ditukar. (Aurbach et al., 2003 dalam miranda, 2016, p.6).



Gambar 2.3 Zeolit

Sumber: Dokumentasi, 2018.

Adapun sifat – sifat zeolit antara lain (Anggoro, 2018, p.12):

1. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit berpengaruh terhadap sifat adsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori kristal zeolit saat dipanaskan.

2. Adsorpsi

Dalam keadaan normal, ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air yang bila dipanaskan pada suhu $300-400^{\circ}\text{C}$ maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.

3. Penukar Ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga penetralan zeolit.

4. Pengemban Katalis

Zeolit merupakan pengemban katalis yang baik karena mempunyai pori-pori yang banyak dengan luas permukaan maksimum.

5. Penyaring atau pemisah

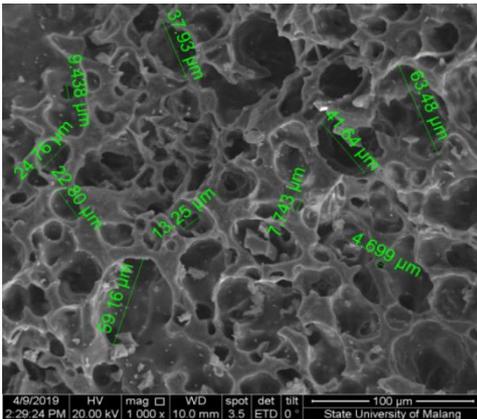
Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar. Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dan kisi-kisi kristal ini menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul.

2.7.4 Batu Kerikil

Menurut sistem klasifikasi AASHTO, kerikil adalah bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm dan yang tertahan pada ayakan No.10 (2 mm). Kerikil yang digunakan untuk filter penjernih air, biasanya memiliki ketebalan lapisan berkisar 40-60 cm, dengan diameter terbesar 60 mm dan terkecil 2 mm. Kerikil disusun teratur dari bawah ke atas dan ukuran butirnya dari besar ke kecil. Kerikil sebaiknya dipilih yang berbentuk bulat, keras, bersih dan bentuknya seragam serta tidak tercampur kotoran atau lumpur. Pemilihan material kerikil juga harus teliti sebab jika tidak akan menambah kekeruhan akibat kerikilnya hancur atau larut ke dalam air. Jika kerikil susah ditemukan dapat memakai batu split atau batu pecah. Pemakaian batu split sebetulnya kurang bagus karena bentuknya tidak bulat, tetapi batu split umumnya dipecah dari batu segar, sehingga kemungkinan untuk lapuknya kecil dan mengurangi risiko bertambahnya kekeruhan. Tujuan pemberian lapisan kerikil adalah untuk mendukung lapisan pasir serta mencegah masuknya pasir ke dalam air olahan (Said, 2016, p.42).

2.8 Pengujian SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope–Energy Dispersive X Ray*)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan sebuah mikroskop elektron yang di desain untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri (Prasetyo, 2011). Anonim (2012) menambahkan, SEM memfokuskan sinar elektron (*electron beam*) di permukaan obyek dan mengambil gambarnya dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan obyek. Alat ini mempunyai 2 tipe operasional, *Low Vacuum* (untuk sampel non-konduktif) dan *High Vacuum* (untuk sampel konduktif). Alat ini juga dilengkapi EDX yaitu alat untuk menguji kandungan unsur pada bahan yang dilihat struktur permukaannya.



Gambar 2.4 Contoh Hasil Pengujian SEM-EDX

Sumber: Lab. Sentral FMIPA UM

Adapun kelebihan teknik SEM yaitu terdapat sistem vakum pada *electron-optical column* dan *sample chamber* yang bertujuan antara lain:

- Menghilangkan efek pergerakan elektron yang tidak beraturan karena adanya molekul gas pada lingkungan tersebut, yang dapat mengakibatkan penurunan intensitas dan stabilitas.
- Meminimalisasi gas yang dapat bereaksi dengan sampel atau mengendap pada sampel, baik gas yang berasal dari sampel atau pun mikroskop. Karena apabila hal tersebut terjadi, maka akan menurunkan kontras dan membuat gelap detail pada gambar

Sedangkan kelemahan dari teknik SEM antara lain:

- Memerlukan kondisi vakum.
- Hanya menganalisa permukaan.

Sedangkan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X Ray*) adalah sebuah instrument untuk melihat morfologi dan topografi serta kandungan unsur dari sebuah bahan baik organik maupun anorganik. Kemampuan deteksi EDX mulai dari unsur Be sampai U dan juga untuk *elemental mapping* (sebaran unsur). Selain itu, alat ini dapat melihat sampel sampai ukuran nanometer (Laboratorium Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang).

2.9 Efisiensi Pengurangan Limbah

Penentuan efisiensi penyisihan pencemar dicari dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut (Rahmani, 2014, p. 82):

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\% \dots\dots\dots(2-1)$$

Keterangan:

η	= Efisiensi penyisihan
C_o	= Konsentrasi awal limbah (mg/L)
C_e	= Konsentrasi akhir limbah (mg/L)

Menurut Soeparmin Suparmin (2002) dalam (Haqq, 2009, p.70), tingkat efisiensi IPAL dikelompokkan sebagai berikut:

Sangat efisien	= $x > 80\%$
Efisien	= $60\% < x \leq 80\%$
Cukup efisien	= $40\% < x \leq 60\%$
Kurang efisien	= $20\% < x \leq 40\%$
Tidak efisien	= $x \leq 20\%$

2.10 Uji Statistik

Menurut Sudjana (1992, p.219) mengartikan hipotesis adalah asumsi atau dugaan tentang suatu hal yang dibuat dengan tujuan untuk menjelaskan hal yang sering dituntut untuk melakukan pengecekan. Dari pengertian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis merupakan suatu jawaban atau dugaan sementara yang harus diuji lagi kebenarannya.

Secara umum pengujian hipotesis data dapat dilaksanakan dengan prosedur sebagai berikut (Soewarno, 1995, p.7):

1. Kumpulkan data tersebut dan hitung parameter statistiknya.
2. Buat suatu dugaan atau pernyataan dan langkah selanjutnya tentukan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1).
3. Pilih uji statistik yang digunakan.
4. Tentukan derajat kepercayaan, misal $\alpha = 0,05$ atau $\alpha = 0.01$.
5. Hitung nilai uji statistiknya.
6. Tolak H_0 apabila nilai uji statistiknya berada di daerah kritis (di daerah penolakan) dan terima H_0 apabila nilai uji statistiknya berada di daerah penerimaan.

2.10.1 Uji T

Uji T termasuk uji untuk sampel kecil. Ukuran sampel kecil: $n < 30$. Untuk mengetahui apakah 2 sampel berasal dari populasi yang sama, maka dihitung t_{hitung} dengan rumus (Montarich, 1995, p.7):

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 Sd_1^2 + N_2 Sd_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \dots\dots\dots(2-2)$$

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \dots\dots\dots(2-3)$$

Keterangan:

t = variabel-t terhitung

\bar{X}_1 = rata-rata hitung kelompok sampel ke 1

\bar{X}_2 = rata-rata hitung kelompok sampel ke 2

N_1 = jumlah sampel kelompok sampel ke 1

N_2 = jumlah sampel kelompok sampel ke 2

Hipotesa : H_0 = sampel 1 dan sampel 2 berasal dari populasi yang sama

H_1 = sampel 1 dan sampel 2 tidak berasal dari populasi yang sama

Harga t tabel dicari pada tabel t *student*. T untuk derajat bebas $v = n_1 + n_2 - 2$ dan $\alpha =$ (Level of Significance) misal 5%.

Kriteria hasil kesimpulan adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai t tabel < t score, maka H_0 diterima
2. Jika nilai t tabel > t score, maka H_0 ditolak

Tabel 2.4

Nilai Kritis t_c Distribusi-t

v	Derajat Kepercayaan α				
	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
1	3,08	6,31	12,71	31,82	63,66
2	1,89	2,92	4,30	6,97	9,93
3	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84
4	1,53	2,13	2,78	3,75	4,60
5	1,48	2,02	2,57	3,37	4,03
6	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71
7	1,42	1,90	2,37	3,00	3,50
8	1,40	1,86	2,31	2,90	3,36
9	1,38	1,83	2,26	2,82	3,25
10	1,37	1,81	2,23	2,76	3,17
11	1,36	1,80	2,20	2,72	3,11
12	1,36	1,78	2,18	2,68	3,06
13	1,35	1,77	2,16	2,65	3,01
14	1,35	1,76	2,15	2,62	2,98

Lanjutan Tabel 2.4 Nilai Kritis t_c Distribusi-t

v	Derajat Kepercayaan α				
	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
15	1,34	1,75	2,13	2,60	2,95
16	1,34	1,75	2,12	2,58	2,92
17	1,33	1,74	2,11	2,57	2,90
18	1,33	1,73	2,10	2,55	2,88
19	1,33	1,73	2,09	2,54	2,86
20	1,33	1,73	2,09	2,53	2,85
21	1,32	1,72	2,08	2,52	2,83
22	1,32	1,72	2,07	2,51	2,82
23	1,32	1,71	2,07	2,50	2,81
24	1,32	1,71	2,06	2,49	2,80
25	1,32	1,71	2,06	2,49	2,79
26	1,32	1,71	2,06	2,48	2,78
27	1,31	1,70	2,05	2,47	2,77
28	1,31	1,70	2,05	2,47	2,76
29	1,31	1,70	2,05	2,46	2,76
inf,	1,28	1,65	1,96	2,33	2,58

Sumber: Montarcih (2013, p.28).

2.10.2 Uji-Z

Terdapat dua sampel yang masing-masing berukuran n_1 dan n_2 . Rerata masing-masing sampel dinotasikan μ_1 dan μ_2 . Untuk menguji apakah kedua rerata kelompok data tersebut tidak berbeda secara nyata (*significant*), digunakan Uji Z dengan menghitung Z_m berdasarkan rumus berikut (Montarcih, 2013, p.23):

$$Z_m = \left| \frac{\mu_1 - \mu_2}{Sd} \right| \dots\dots\dots(2-4)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}} \dots\dots\dots(2-5)$$

Keterangan:

μ_1 = rerata sampel 1

μ_2 = rerata sampel 2

s_1 = simpangan baku sampel 1

s_2 = simpangan baku sampel 2

N_1 = jumlah sampel kelompok sampel ke 1

N_2 = jumlah sampel kelompok sampel ke 2

Hipotesa : H_0 = perbedaan rerata tidak nyata (*not significant*)

H_1 = rerata berbeda secara nyata (*significant*)

Tabel 2.5
 Nilai Z_{tabel} untuk Pengujian Distribusi Normal

Derajat Kepercayaan	0,1	0,05	0,01	0,015	0,002
Uji Satu Sisi	-1,28	-1,645	-2,33	-2,58	-2,88
	atau +1,28	atau +1,645	atau +2,33	atau +2,58	atau +2,88
Uji Dua Sisi	-1,645	-1,96	-2,58	-2,81	-3,08
	atau +1,645	atau +1,96	atau +2,58	atau +2,81	atau +3,08

Sumber: Soewarno (1995, p.11).

2.11 *Crushing* Batuan

Crushing adalah suatu proses yang dilakukan untuk menghancurkan batuan yang memiliki ukuran besar menjadi batuan yang memiliki ukuran lebih kecil sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Sedangkan *Crusher* adalah alat atau mesin yang digunakan dalam proses *Crushing*, mesin ini berfungsi untuk memecahkan batuan alam menjadi batuan yang lebih kecil, batu kerikil, maupun dalam bentuk pasir halus.



Gambar 2.5 Alat *Crushing* Batu

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019.

Batu Apung dan Batu Scoria yang berasal dari aliran sungai kali putih di Blitar berbentuk bongkahan dengan ukuran yang cukup besar, sehingga harus dihancurkan menggunakan *Crusher* agar ukuran dari batu apung batu scoria yang digunakan sesuai dengan ukuran yang diinginkan dalam penelitian. Hasil dari alat *Crusher* nantinya harus dilakukan pengayakan lagi karena batu yang dihasilkan masih belum sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan dalam penelitian.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Pada penelitian ini bahan penyaring yang digunakan adalah batu apung (*Pumice*), batu Scoria, zeolit, dan kerikil. Batu apung (*Pumice*) dan batu Scoria merupakan batu vulkanik yang berasal dari Gunung Kelud dan diambil dari sungai di Blitar. Bahan penyaring ini sebelum digunakan harus dihancurkan dan disaring terlebih dahulu. Setelah disaring bahan filter tersebut dicuci dengan air aquades lalu dikeringkan.

Tabung filtrasi yang digunakan sebanyak 4 buah terbuat dari bahan kaca. Setiap tabung berdimensi tinggi 70 cm, panjang 20 cm, dan lebar 20 cm. Lalu diberi lubang yang berada 5 cm dari dasar tabung filtrasi dengan ukuran sebesar setengah inchi untuk saluran keluar yang akan dipasang keran untuk keluarnya air. Setelah tabung filtrasi sudah siap, setiap tabung tersebut masing – masing diisi dengan batu apung dan batu scoria yang kasar setinggi 20 cm, lalu diisi dengan batu apung dan batu scoria yang halus setinggi 10 cm. Setelah itu di atasnya diisi dengan zeolit setinggi 10 cm dan batu kerikil setinggi 5 cm, lalu yang terakhir diisi oleh air limbah domestik setinggi 15 cm, setelah itu tabung filtrasi tersebut siap untuk digunakan.

3.2 Variabel yang Diteliti

Variabel yang diteliti pada penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas

Variabel bebas sering juga disebut sebagai variabel penyebab. Pengertian variabel bebas yaitu variabel yang mempengaruhi atau menyebabkan terjadinya perubahan. Dengan kata lain, yaitu faktor-faktor yang nantinya akan diukur, dipilih dan dimanipulasi oleh peneliti untuk melihat hubungan diantara fenomena atau peristiwa yang diamati. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

- a. Variasi bahan filter penjernih air adalah sebagai berikut:
 - Batu scoria kasar + batu scoria halus + kerikil
 - Batu apung kasar + batu apung halus + kerikil
 - Batu scoria kasar + batu scoria halus + zeolit + kerikil
 - Batu apung kasar + batu apung halus + zeolit + kerikil

b. Variasi waktu perendaman air limbah domestik dalam filter batu scoria dan batu apung untuk masing-masing variasi bahan filter adalah 18 jam dan 36 jam.

2. Variabel terikat

Variabel terikat sering juga disebut sebagai variabel tergantung. Variabel terikat merupakan faktor-faktor yang diamati dan diukur oleh peneliti dalam sebuah penelitian untuk menentukan ada tidaknya pengaruh variabel bebas. Dalam sebuah desain penelitian, seorang peneliti harus mengetahui secara pasti, apakah ada faktor yang muncul atau tidak muncul, atau berubah seperti yang diperkirakan oleh peneliti. Dalam penelitian ini, variabel terikat merupakan kandungan yang diuji dalam air limbah domestik. Kandungan tersebut meliputi:

- pH
- DO (*Dissolved Oxygen*)
- COD (*Chemical Oxygen Demand*)
- BOD (*Biological Oxygen Demand*)
- TSS (*Total Suspended Solid*)
- Amonia (NH_3).
- Nitrit (NO_2).
- Nitrat (NO_3).
- Fosfat (PO_4).
- Suhu.

3. Variabel Tetap

Variabel tetap yaitu variabel yang tidak mempengaruhi atau menyebabkan terjadinya perubahan. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah:

- Air limbah domestik.
- Dimensi media filter.

4. Variabel Kontrol

Variabel ini merupakan variabel yang dibatasi dan dikendalikan pengaruhnya, sehingga tidak berpengaruh pada gejala yang sedang diteliti, dengan kata lain yaitu dampak dari variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol ini sering digunakan apabila tujuan dari penelitian tersebut bersifat membandingkan. Beberapa variabel kontrol yang terdapat pada penelitian ini adalah ketebalan masing – masing bahan, yakni sebagai berikut:

- Batu scoria dan batu apung kasar 20 cm

- Batu scoria dan batu apung halus 10 cm
- Zeolit 10 cm
- Batu kerikil 5cm
- Air limbah domestik 15 cm

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tempat filtrasi berukuran tinggi 70 cm, panjang 20 cm, dan lebar 20 cm.



Gambar 3.1 Media filter

Sumber: Hasil dokumentasi, 2019.

2. Botol sampel ukuran 1 L dan 5 L.
3. Gelas ukur ukuran 400 ml.
4. Bak penampung.
5. pH meter.
6. *Total Suspended Solid Meter*.
7. Karet gelang.
8. Saringan ASTM E 11 dengan ukuran lubang 25,4 mm dan 9,5 mm.
9. Saringan ASTM nomor 4 (\emptyset 4,75 mm) dan 20 (\emptyset 0,85 mm).

3.3.2 Bahan

1. Aquades

Air aquades digunakan untuk mencuci semua bahan filter sebelum digunakan. Air Aquades yang digunakan dibeli di Toko Panadia Laboratory Sawojajar, Malang.



Gambar 3.2 Panadia Laboratory
Sumber: Hasil dokumentasi, 2019.

2. Sampel Limbah Domestik

Sampe air limbah domestik yang digunakan berasal dari saluran drainase yang berada di bawah Laboratorium Hidrolika Model, Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.



Gambar 3.3 Sampel Limbah Domestik yang digunakan Dalam Penelitian
Sumber: Hasil dokumentasi, 2019.

3. Bahan Filter

a. Batu Apung

Dalam penelitian ini batu apung yang digunakan terdiri dari batu apung kasar dan halus. Untuk batu apung kasar memiliki ukuran butiran sebesar 10-25 mm atau lolos ayakan Saringan ASTM E 11 dengan ukuran lubang 25,4 mm. Sedangkan untuk batu apung halus memiliki ukuran butiran sebesar 1,5 – 4 mm atau lolos

ayakan Saringan ASTM nomor 4 (\emptyset 4,75 mm).

b. Batu Scoria

Dalam penelitian ini batu scoria yang digunakan terdiri dari batu scoria kasar dan halus. Untuk batu scoria kasar memiliki ukuran butiran sebesar 10-25 mm atau lolos ayakan Saringan ASTM E 11 dengan ukuran lubang 25,4 mm. Sedangkan untuk batu scoria halus memiliki ukuran butiran sebesar 1,5 – 4 mm atau lolos ayakan Saringan ASTM nomor 4 (\emptyset 4,75 mm).

c. Zeolit

Dalam penelitian ini zeolit yang digunakan dibeli di Toko Splendid. Zeolit tersebut memiliki ukuran butiran sebesar 1,5 – 4 mm atau lolos ayakan Saringan ASTM nomor 4 (\emptyset 4,75 mm).

d. Kerikil

Dalam penelitian ini kerikil yang digunakan dibeli di Toko Batu Haji Slamet. Kerikil tersebut memiliki ukuran butiran sebesar 1,5 – 4 mm atau lolos ayakan Saringan ASTM nomor 4 (\emptyset 4,75 mm).

3.4 Langkah Penelitian

Pada penelitian ini, air limbah domestik yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam media filtrasi berukuran tinggi 70 cm, panjang 20 cm, dan lebar 20 cm yang telah dimasukkan dengan bahan filter yaitu batu apung, batu scoria, batu zeolit dan batu kerikil. Lalu setiap percobaan dilakukan selama masing – masing selama 18 jam dan 36 jam. Proses ini diharapkan mampu menghasilkan data mengenai efektivitas penggunaan batu apung, batu kerikil, zeolit dan batu scoria untuk mengurangi zat berbahaya yang terkandung dalam limbah cair domestik, sehingga diperoleh air yang aman digunakan masyarakat. Maka langkah penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan survei lapangan untuk mendapatkan air limbah domestik.
2. Mengambil sampel air limbah domestik di daerah lokasi studi yang telah ditetapkan kemudian diujikan di laboratorium untuk mengetahui kandungan unsur di dalamnya.
3. Kemudian untuk batu apung dan batu scoria dilakukan pengujian SEM-EDX sebelum dilaksanakan proses filtrasi.
4. Masukkan limbah cair domestik ke dalam media filter dengan posisi kran *outflow* tertutup.
5. Kemudian masing – masing percobaan ditunggu hasilnya selama 18 jam dan 36 jam.
6. Setelah didapat hasil dari percobaan untuk setiap variasi waktu, maka untuk setiap

percobaan air limbah yang sudah disaring dilakukan pengujian laboratorium guna mengetahui kandungan parameter yang telah ditentukan pada setiap variasi bahan filter.

7. Kemudian dilakukan pengujian SEM-EDX pada bahan filter yang telah mengalami proses filtrasi. Bahan filter tersebut yaitu batu scoria kasar pada variasi bahan filter batu scoria kasar + batu scoria halus + kerikil dan batu scoria kasar + batu scoria halus + zeolit + kerikil serta batu apung kasar pada variasi bahan filter batu apung kasar + batu apung halus + kerikil untuk tiap variasi waktu 18 jam dan 36 jam.
8. Membuat hasil kesimpulan dari penelitian.

3.5 Pengambilan Sampel

Berikut adalah langkah-langkah pengambilan sampel dari alat rancangan percobaan:

- a. Pengambilan sampel dilakukan setelah perlakuan variasi waktu yaitu pada jam ke 18 dan 36 penelitian.
- b. Letakkan botol berukuran 1 L dan 400 ml di masing-masing bawah keran *outflow*.
- c. Tunggu hingga penuh.
- d. Lakukan analisa parameter yang telah ditentukan.

3.6 Rancangan Perlakuan

Air limbah domestik yang telah diambil dimasukkan ke dalam media filtrasi kaca yang sudah diisi dengan bahan filter. Posisi kran *outlet* tertutup, sehingga air limbah dibiarkan mengalir melewati media filter yang atas kemudian terendam pada media filter paling bawah. Setelah itu, dari masing-masing perlakuan bahan filter diambil sampel sebanyak 1 L dan 400 ml pada jam ke 18 dan 36 untuk diuji kualitas airnya di Laboratorium. Pengambilan sampel tersebut untuk mengetahui berapa penurunan parameter yang telah ditentukan setelah perlakuan tersebut. Dari perlakuan tersebut dipilih perlakuan yang memberikan hasil paling optimal.

3.7 Pengamatan Parameter

3.7.1 Pengukuran pH dan Suhu

Pengukuran pH dan suhu menggunakan alat pH meter Prolab 2000. Adapun prosedur pengukuran dengan alat pH meter adalah sebagai berikut:

- a. Tekan tombol *on* atau *off* untuk menyalakan.
- b. Tekan tombol mode untuk memilih mode pH dan suhu.
- c. Celupkan elektroda pada Buffer 4.

- d. Tekan tombol *cal* untuk kalibrasi.
- e. Bilas elektroda pada aquades dan keringkan.
- f. Celupkan elektroda pada Buffer 7.
- g. Tekan tombol *cal* untuk kalibrasi.
- h. Bilas elektroda pada aquades dan keringkan.
- i. Celupkan elektroda pada sampel.
- j. Tekan tombol *auto read* kemudian tekan tombol *enter*.
- k. Tekan tombol *on* atau *off* untuk mematikan.
- l. Celupkan elektroda pada aquades.



Gambar 3.4 Alat ukur pH dan Suhu
Sumber: Hasil dokumentasi, 2019.

3.7.2 Pengukuran *Total Suspended Solid (TSS)*

Pengukuran *Total Suspended Solid (TSS)* dilakukan dengan menggunakan alat Insite IG series 3150. Pengujian TSS dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menekan tombol “*on*” untuk menyalakan alat.
- b. Menekan tombol “*menu*”, pilih menu *set up*.
- c. Menekan tombol “*enter*”, pilih menu *sensor zero*.
- d. Mencilupkan sensor ke dalam air.
- e. Menekan tombol “*enter*” untuk standal nol.
- f. Memilih menu “*Snapshot*”, lalu tekan tombol “*enter*”.
- g. Memilih menu “*run*” untuk pengukuran sampel.
- h. Mencatat hasil yang ditampilkan pada layar.
- i. Lakukan cara diatas untuk setiap sampel yang akan diukur.
- j. Menekan tombol “*off*” untuk mematikan alat.



Gambar 3.5 Insite IG Series 3150
Sumber: Hasil dokumentasi, 2019.

3.7.3 Pengukuran Kandungan Parameter

Pengukuran kandungan untuk parameter BOD, COD, DO, Amonia, Nitrat, Nitrit, dan Fosfat diukur oleh laboran di Laboratorium Kimia Dasar Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

3.8 Pengujian SEM-EDX

Pengujian SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) pada bahan filter yang diuji dianalisis oleh laboran di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang untuk bahan filter yang belum diberi perlakuan serta di Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya Malang untuk bahan filter yang sudah diberi perlakuan.

3.9 Penelitian Terkait

Penelitian tentang batu apung, batu scoria dan zeolit sudah banyak dilaksanakan dalam tujuan untuk memperbaiki kualitas lingkungan yang tercemar dan meningkatkan kesehatan masyarakat yang banyak menggunakan air sungai untuk aktivitas sehari-hari. Salah satu penelitian yang terkait adalah penelitian dari Mekonnen Birhanie Aregu pada tahun 2018 yang telah melakukan penelitian dengan menggunakan batu apung dan batu scoria sebagai bahan filter air limbah. Air limbah yang digunakan adalah air limbah industri penyamakan

kulit dengan parameter yang diuji adalah BOD, COD, TSS, Ammonium (NH_4), Nitrit (NO_2), Nitrat (NO_3), Fosfat (PO_4), Sulfida, Sulfat, dan Cromium. Pada jurnal hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa batu apung dan batu scoria dapat mengurangi kadar parameter yang telah ditentukan selama variasi waktu 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Hasil yang diperoleh adalah semua parameter mengalami penurunan nilai kandungan hingga 99% pada variasi waktu 72 jam dengan parameter Nitrat yang memakai batu scoria. Penelitian lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1
Penelitian Terkait

No	Peneliti	Judul	Hasil
1	Mekonnen Birhanie Aregu Ababa University (2018)	<i>Identification of two-low cost and locally available filter media (Pumice and Scoria) for removal of hazardous pollutants from tannery wastewater</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi penurunan paling tinggi didapat saat perendaman selama 72 jam. • Menurunkan Nitrit hingga 98% • Menurunkan Nitrat hingga 99% • Menurunkan Fosfat hingga 66%
2	Hadinta Sisyanreswari Universitas Diponegoro (2014)	Penurunan TSS, COD dan Fosfat Pada Limbah Laundry Menggunakan Koagulan Tawas dan Media Zeolit	<ul style="list-style-type: none"> • Pengolahan limbah laundry dengan koagulan tawas diperoleh dosis optimum sebesar 140 mL dengan efisiensi penurunan TSS sebesar 90,29%; COD sebesar 75,36%; dan Fosfat sebesar 95,01% • Pengolahan limbah laundry dengan media zeolit diperoleh ketinggian efektif adalah ketinggian 40 cm pada menit ke 120 dengan efisiensi penurunan TSS sebesar 92,57%; COD sebesar 69,55%; dan Fosfat sebesar 90,79%. • Efisiensi penyisihan terbesar

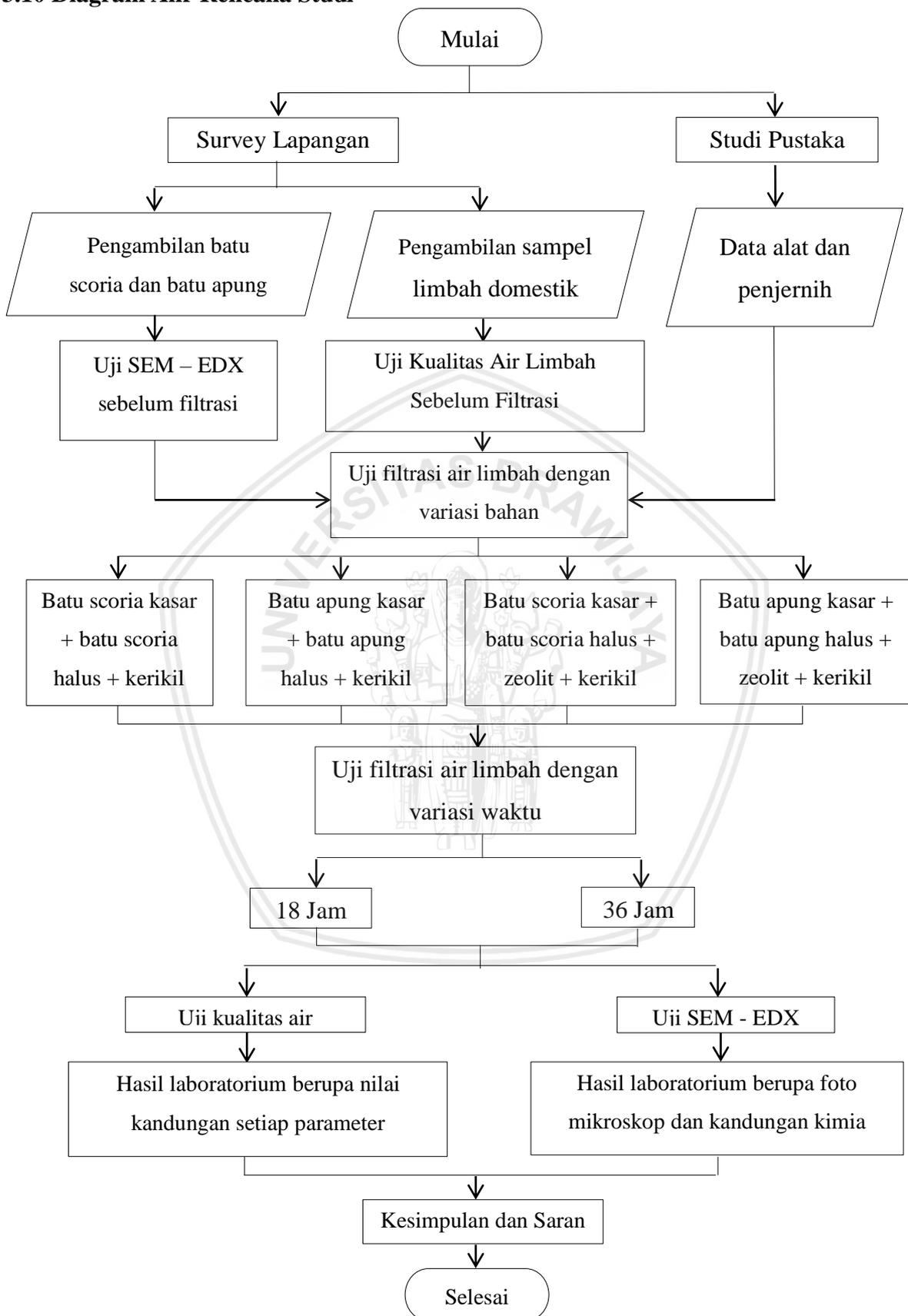
Lanjutan Tabel 3.1 Penelitian Terkait

No	Peneliti	Judul	Hasil
			setelah pengolahan gabungan yaitu dengan tawas 140 mL dan media zeolit ketinggian 40 cm adalah TSS sebesar 86,64% pada menit 90; COD 85,51% pada menit 120; dan Fosfat 91,44% pada menit telah memenuhi baku mutu Perda Provinsi Jawa Tengah No. 05 Tahun 2012
3	Triatmi Sri Widyaningsih Institut Teknologi Yogyakarta (2016)	Breksi batu apung sebagai alternatif teknologi tepat guna untuk menurunkan kadar tss dan bod dalam limbah cair domestik	<ul style="list-style-type: none"> • Breksi batu apung berdiameter 8 mesh dengan ketinggian berturut-turut 20, 30, 40, 50, 60, 70 cm dapat menurunkan kadar BOD dari kadar awal 325,30 mg/L turun hingga berturut-turut: 245,45; 210,30; 157,21; 117,13; 63,52; 35,48 mg/L. • Dalam perlakuan ini penurunan kadar TSS terbaik hingga memenuhi baku mutu (100 mg/L) adalah pada ketinggian media 70 cm dengan efisiensi penurunan mencapai 59,31% dan BOD penurunan terbaik terjadi pada ketinggian media 60 cm dengan efisiensi penurunan mencapai 80,47%.

Sumber: Internet, diakses pada 21 November 2018.

Pada Penelitian kali ini akan dilakukan penelitian dengan pengembangan yaitu penambahan bahan filter zeolit dan variasi waktu perendaman selama 18 jam dan 36 jam. Serta limbah yang akan digunakan adalah limbah domestik.

3.10 Diagram Alir Rencana Studi



Gambar 3.6 Diagram Alir Rencana Studi
Sumber: Hasil Metodologi, 2018.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Awal Sampel Air Limbah

Sampel awal air limbah diambil di saluran *Drainase* dibelakang Laboratorium Hidrolika Terapan Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya. Sampel diambil pada tanggal 27 Maret 2019 jam 15.00. Pengambilan sampel dilakukan saat cuaca cerah dan tidak terjadi hujan di hari tersebut karena jika terjadi hujan, air limbah akan tercampur dengan air hujan sehingga sampel awal tidak m/menuhi kriteria yang diinginkan. Volume sampel air limbah yang diambil sebanyak 30 Liter. Sampel air yang sudah diambil dimasukan kedalam box besar untuk diaduk secara merata agar sampel homogen.



Gambar 4.1 Sampel Awal Air Limbah
Sumber: Dokumentasi, 2019.

Sampel awal air limbah yang sudah diaduk didalam box selanjutnya dimasukan kedalam 4 botol jirigen sebesar 5 L dan 4 botol sebesar 1 L. Selanjutnya sampel awal air limbah lalu diuji untuk paramater fisik yaitu pH, Suhu, dan *Total Suspended Solids* (TSS) di Laboratorium Tanah dan Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya. Parameter Kimia yaitu *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemichal Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO), Amonia (NH₃), Nitrit (NO₂), Nitrat (NO₃), dan Fosfat

(PO₄) dianalisis di Laboratorium Kimia Dasar FMIPA Universitas Brawijaya. Dari hasil uji laboratorium dengan memakai sampel awal air limbah tersebut hasilnya akan disesuaikan dengan standar baku mutu air kelas III pada PP No.82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Hasil uji laboratorium diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1
Hasil Uji Laboratorium Sampel Awal Air Limbah

No	Parameter	Satuan	Nilai	Standar Baku Mutu Kelas 3 PP No. 82 Tahun 2001
1	pH	-	7,699	6-9
2	Suhu	°C	26,5	Deviasi 3
3	BOD	mg/L	31,93	6
4	COD	mg/L	38,4	50
5	DO	mg/L	7,94	3
6	TSS	mg/L	20	400
7	Amonia (NH ₃)	mg/L	2,79	0,5
8	Nitrit (NO ₂)	mg/L	0,049	0,06
9	Nitrat (NO ₃)	mg/L	0,676	20
10	Fosfat (PO ₄)	mg/L	0,279	1

Sumber: Data Penelitian, 2019.

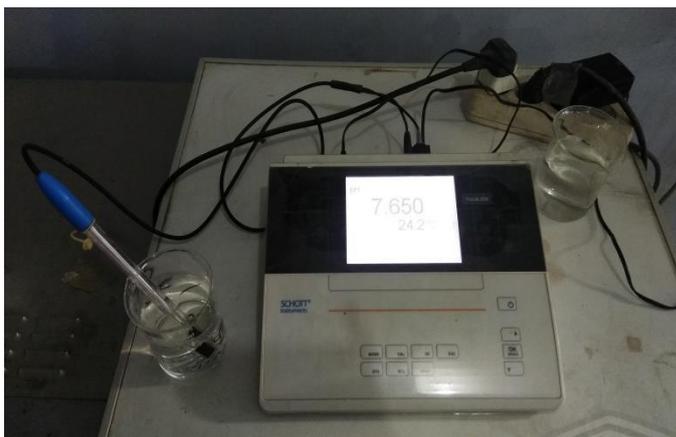
Dari tabel 4.1 menunjukkan hasil uji laboratorium untuk 10 parameter tersebut memiliki hasil yang sudah memenuhi dan ada hasil yang belum memenuhi standar baku mutu air kelas III pada PP No.82 Tahun 2001. Dengan hasil tersebut, maka diperlukan upaya agar parameter yang belum memenuhi standar baku mutu air kelas III PP No.82 Tahun 2001 dapat memenuhi standar tersebut. Sedangkan untuk parameter yang sudah memenuhi standar tersebut akan tetap dilakukan percobaan untuk mengurangi nilai dari setiap parameter.

4.2 Analisis Hasil Parameter Air Limbah

4.2.1 pH

pH merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keasaman atau alkalinitas dari suatu larutan. Limbah yang akan dimasukkan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran pH sebelum dan sesudah dimasukkan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai pH yang ada pada limbah domestik. Pengukuran konsentrasi pH juga bertujuan untuk mengetahui variasi bahan apa yang paling efisien dalam menetralkan nilai pH agar mendekati nilai 7 atau pH netral. Alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi pH adalah pH meter dengan merek Schott Prolab 2000. Selain untuk mengukur kandungan pH dalam air, alat ini juga dapat mengukur suhu pada larutan.

Berikut merupakan gambar pH meter Schott Prolab 2000 dan tabel hasil pengukuran pH pada limbah domestik.



Gambar 4.2 Alat pH meter Schott Prolab 2000

Sumber: Dokumentasi, 2019.

Tabel 4.2

Hasil Uji Kadar pH pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 jam	36 jam
1	pH	-	Sampel Awal	7,699	7,699
2			Variasi 1	7,243	7,034
3			Variasi 2	7,246	7,040
4			Variasi 3	7,077	7,014
5			Variasi 4	7,095	7,026

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Tanah dan Air Tanah Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

- Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil
- Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil
- Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
- Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.1.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter pH

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter pH. Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan

Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit +
Kerikil.

4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan
Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit +
Kerikil.

5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan
Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit +
Kerikil.

6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit +
Kerikil.

4.2.1.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan pH mengalami penurunan dari 7,699 menjadi 7,243. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai pH berkurang dari 7,699 menjadi 7,246. Sehingga variasi 1 memiliki penurunan pH yang lebih baik dari variasi 2. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai pH pada Variasi 1 menurun cukup besar dari 7,699 menjadi 7,034, dan untuk variasi 2 pun juga hampir sama dalam menurunkan nilai pH dari 7,699 menjadi 7,040. Sehingga variasi 1 memiliki penurunan pH yang lebih baik dari variasi 2. Kemudian untuk hasil nilai pH yang paling baik diantara variasi 1 dan variasi 2 diperoleh dari variasi 1 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 7,034. Kemudian untuk hasil nilai pH yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 2 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 7,246.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung yaitu variasi 1 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai pH yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria yaitu variasi 2.

4.2.1.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan pH mengalami penurunan dari 7,699 menjadi 7,243. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai pH berkurang cukup besar yaitu dari 7,699 menjadi 7,077. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai pH pada Variasi 1 menurun cukup besar dari 7,699 menjadi 7,034, dan untuk variasi 3 pun nilai pH turun dari 7,699 menjadi 7,014. Sehingga untuk hasil nilai pH yang paling besar penurunannya diantara

variasi 1 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 7,014. Kemudian untuk hasil nilai pH yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 7,243.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + Zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai pH yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1.

4.2.1.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan pH mengalami penurunan dari 7,699 menjadi 7,243. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai pH berkurang cukup besar yaitu dari 7,699 menjadi 7,095. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai pH pada Variasi 1 menurun cukup besar dari 7,699 menjadi 7,034, dan untuk variasi 4 pun nilai pH turun dari 7,699 menjadi 7,026. Sehingga untuk hasil nilai pH yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 7,026. Kemudian untuk hasil nilai pH yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 7,243.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + Zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai pH yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1.

4.2.1.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan pH mengalami penurunan dari 7,699 menjadi 7,246. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai pH berkurang cukup besar yaitu dari 7,699 menjadi 7,077. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai pH pada Variasi 2 menurun cukup besar dari 7,699 menjadi 7,040, dan untuk variasi 3 pun nilai pH turun dari 7,699 menjadi 7,014. Sehingga untuk hasil nilai pH yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 7,014. Kemudian untuk hasil nilai pH yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 7,246.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + Zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai pH yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2.

4.2.1.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan pH mengalami penurunan dari 7,699 menjadi 7,246. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai pH berkurang cukup besar yaitu dari 7,699 menjadi 7,095. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai pH pada Variasi 2 menurun cukup besar dari 7,699 menjadi 7,040, dan untuk variasi 4 pun nilai pH turun dari 7,699 menjadi 7,026. Sehingga untuk hasil nilai pH yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 7,026. Kemudian untuk hasil nilai pH yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 7,246.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + Zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai pH yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2.

4.2.1.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan pH mengalami penurunan yang cukup besar dari 7,699 menjadi 7,077. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai pH berkurang cukup besar yaitu dari 7,699 menjadi 7,095. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai pH pada Variasi 3 menurun cukup besar dari 7,699 menjadi 7,014, dan untuk variasi 4 pun nilai pH turun dari 7,699 menjadi 7,026. Sehingga untuk hasil nilai pH yang paling besar penurunannya diantara variasi 3 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 7,014. Kemudian untuk hasil nilai pH yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 3 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 4 yang direndam selama 18 jam yaitu 7,095.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + Zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai pH yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4.

4.2.1.2 Analisis Parameter pH

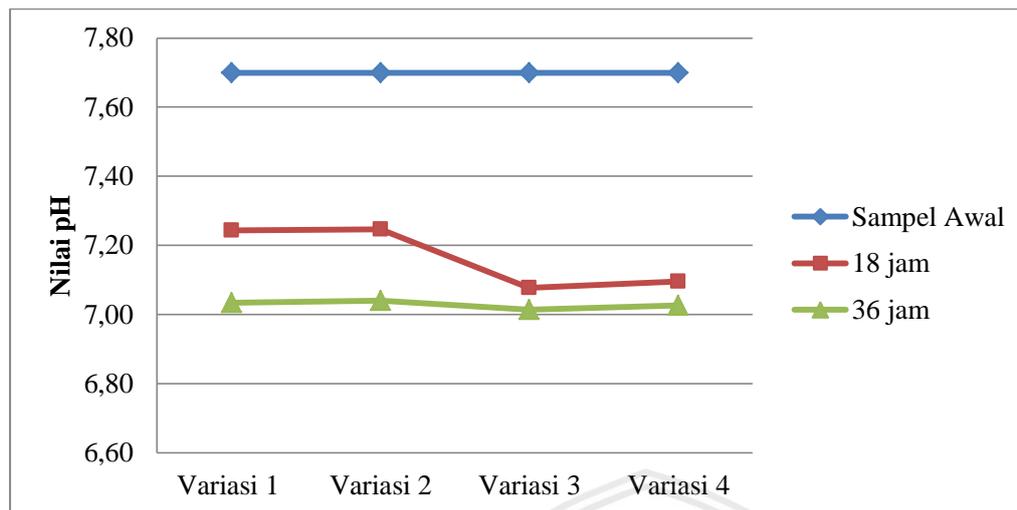
Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa penurunan kadar pH antara batu apung dan batu scoria tidak jauh berbeda, namun hasil batu scoria lebih bagus dibanding dengan batu scoria dikarenakan batu apung memiliki pori pori atau rongga yang lebih besar daripada scoria. Menurut penelitian dari (Raya, 2017) menunjukkan bahwa Dari hasil X-RF terdapat 17 unsur yang terdapat Batu Apung yaitu Si, Fe, Ca, Al, K, Ti, Ni, Sr, Mn, P, Ba, Cu, Eu, Re, Cr, Zn dan V. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Apung yaitu Si sebesar 37,6% dan Fe sebesar 25,9%. Sedangkan Batu Scoria menunjukkan 16 unsur yang terdapat yaitu: Si, Fe, Ca, Al, K, Ni, Ti, Sr, Mn, Ba, Cu, Re, Eu, Cr, V, dan Zn. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Scoria yaitu Si sebesar 35,9% dan Fe sebesar 27,4%. Sehingga penyebab pH turun karena kation pada batu apung dan batu scoria itu dapat mengikat anion OH⁻ yang ada pada limbah domestik. Sebagai contoh pengikatan kation dengan anion adalah sebagai berikut:



Reaksi diatas menunjukkan bahwa anion OH⁻ diikat oleh kation Fe²⁺ yang ada pada adsorben yaitu batu apung maupun batu scoria, sehingga berkurangnya anion OH⁻ menyebabkan kadar pH semakin turun.

Sedangkan, penambahan zeolit pada variasi bahan filter berpengaruh terhadap penurunan kadar pH hasil filtrasi limbah domestik tersebut. Menurut (Heriyani, 2016) zeolit mengandung kation-kation seperti Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺. Kation inilah yang mengikat dengan ion OH⁻ dari limbah domestik, sehingga pertemuan antara Na⁺ dengan OH⁻ akan menjadi senyawa NaOH. Hal ini lah yang menyebabkan nilai pH cenderung menurun karena limbah domestik melepas ion OH⁻ yang mengikat dengan kandungan kation kation pada zeolit.

4.2.1.3 Kesimpulan Hasil Kandungan pH pada Air Limbah



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai pH

Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai pH yang paling baik saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter dimiliki oleh variasi bahan filter 3 dengan nilai sebesar 7,077. Serta, untuk perendaman selama 36 jam hasil yang paling baik juga didapatkan oleh variasi 3 yaitu sebesar 7,014. Kemudian untuk hasil penurunan nilai pH yang paling sedikit dimiliki oleh variasi 2 sebesar 7,246 saat perendaman 18 jam, dan untuk perendaman selama 36 jam hasil penurunan pH yang paling sedikit juga dimiliki oleh variasi 2 sebesar 7,04.

Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi saat perendaman selama 36 jam memiliki hasil yang lebih baik, maka semakin lama limbah direndam akan menghasilkan penurunan nilai pH yang lebih bagus. Lalu dapat dilihat juga bahwa batu apung lebih bagus penurunannya dibanding dengan batu scoria, begitupun dengan penambahan zeolit batu apung lebih bagus dari batu scoria. Sedangkan jika dilihat penurunan nilai pH saat perendaman 18 jam menuju 36 jam, penurunan nilai pH dengan penambahan zeolit lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa zeolit, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan zeolit tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan pH pada penelitian ini.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter pH menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai antara 6 – 9, sehingga secara keseluruhan hasil nilai pH yang diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu sudah sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001.

4.2.2 Suhu

Limbah domestik yang akan dimasukkan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran suhu sebelum dan sesudah dimasukkan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai suhu yang ada pada limbah domestik. Pengukuran suhu juga bertujuan untuk mengetahui apakah setelah perendaman suhu mengalami kenaikan apa penurunan, sehingga dapat diketahui apakah suhu berada dalam kondisi yang optimum untuk penguraian bahan organik atau tidak. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran suhu pada limbah domestik.

Tabel 4.3
Hasil Pengukuran Suhu pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 jam	36 jam
1			Sampel Awal	26,5	26,5
2			Variasi 1	25,5	25,7
3	Suhu	°C	Variasi 2	25,6	26
4			Variasi 3	25,5	25,8
5			Variasi 4	25,5	25,8

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Tanah dan Air Tanah Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

- Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil
- Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil
- Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
- Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.2.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Suhu

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter suhu. Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.

5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.2.2.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai suhu mengalami penurunan dari 26,5 °C menjadi 25,5 °C. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai suhu menurun dari 26,5 °C menjadi 25,6 °C. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai suhu pada Variasi 1 turun dari 26,5 °C menjadi 25,7 °C, dan untuk variasi 2 pun nilai suhu turun dari 26,5 °C menjadi 26°C. Sehingga untuk hasil nilai temperatur suhu yang paling baik diantara variasi 1 dan variasi 2 diperoleh dari variasi 2 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 26 °C.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung yaitu variasi 2 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai suhu yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung yaitu variasi 1.

4.2.2.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai suhu mengalami penurunan dari 26,5 °C menjadi 25,5 °C. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai suhu menurun dari 26,5 °C menjadi 25,5 °C. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai suhu pada Variasi 1 turun dari 26,5 °C menjadi 25,7 °C, dan untuk variasi 3 pun nilai suhu turun dari 26,5 °C menjadi 25,8°C. Sehingga untuk hasil nilai temperatur suhu yang paling baik diantara variasi 1 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 25,8 °C.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai suhu yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi 1.

4.2.2.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai suhu mengalami penurunan dari 26,5 °C menjadi 25,5 °C. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai suhu menurun dari 26,5 °C menjadi 25,5 °C. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai suhu pada Variasi 1 turun dari 26,5 °C

menjadi 25,7 °C, dan untuk variasi 4 pun nilai suhu turun dari 26,5 °C menjadi 25,8°C. Sehingga untuk hasil nilai temperatur suhu yang paling baik diantara variasi 1 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 25,8 °C.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai suhu yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi 1.

4.2.2.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai suhu mengalami penurunan dari 26,5 °C menjadi 25,5 °C. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai suhu menurun dari 26,5 °C menjadi 25,6 °C. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai suhu pada Variasi 3 turun dari 26,5 °C menjadi 25,8 °C, dan untuk variasi 2 pun nilai suhu turun dari 26,5 °C menjadi 26°C. Sehingga untuk hasil nilai temperatur suhu yang paling baik diantara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 2 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 26 °C.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa batu zeolit yaitu variasi 2 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai suhu yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang menggunakan batu apung dengan zeolit yaitu variasi 3.

4.2.2.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 4 ketika direndam selama 18 jam nilai suhu mengalami penurunan dari 26,5 °C menjadi 25,5 °C. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai suhu menurun dari 26,5 °C menjadi 25,6 °C. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai suhu pada Variasi 4 turun dari 26,5 °C menjadi 25,8 °C, dan untuk variasi 2 pun nilai suhu turun dari 26,5 °C menjadi 26°C. Sehingga untuk hasil nilai temperatur suhu yang paling baik diantara variasi 2 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 2 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 26 °C.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi 2 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai suhu yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria dengan zeolit yaitu variasi 4.

4.2.2.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai suhu mengalami penurunan dari 26,5 °C menjadi 25,5 °C. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai suhu menurun dari 26,5 °C menjadi 25,5 °C. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai suhu pada Variasi 3 turun dari 26,5 °C menjadi 25,8 °C, dan untuk variasi 4 pun nilai suhu turun dari 26,5 °C menjadi 25,8°C. Sehingga antara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh hasil yang sama antara 18 jam dan 36 jam.

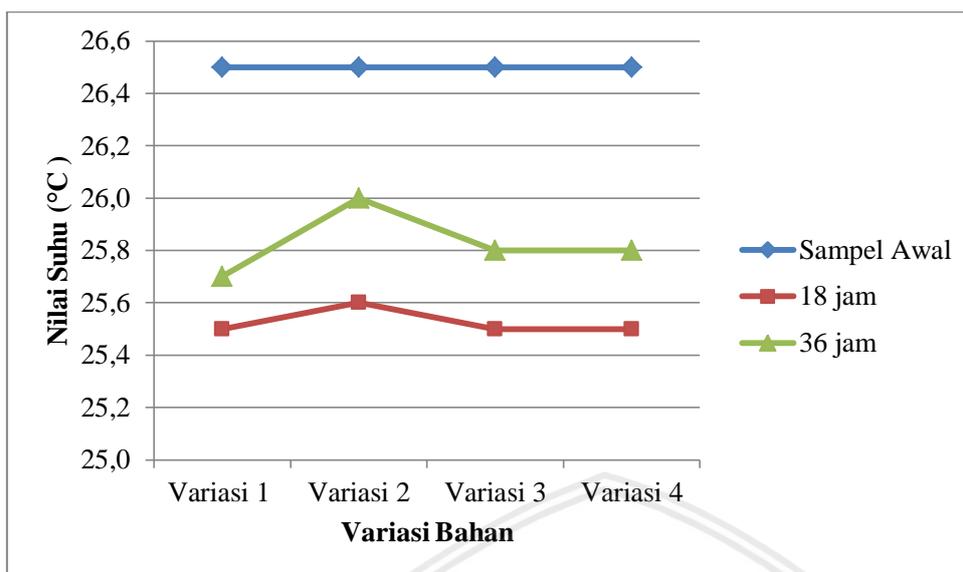
Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 dan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai suhu yang sama saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam.

4.2.2.2 Analisis Parameter Suhu

Secara keseluruhan, nilai suhu yang terjadi selama perendaman 18 jam dan 36 jam tersebut berada pada kisaran nilai 25°C sampai dengan 27°C. Kisaran suhu tersebut termasuk dalam kisaran suhu mesofilik (20-45°C). Rentang kisaran suhu mesofilik ini berada dalam kondisi optimum untuk penguraian bahan organik. Nilai ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Ratnawati dkk. 2011) yang menyatakan bahwa kondisi suhu mesofilik merupakan suhu yang sesuai untuk proses biodegradasi. Selama proses penguraian bahan organik, mikroorganisme akan menguraikan substrat dan menghasilkan panas (Bernal dkk., 2009). Ketersediaan bahan substrat akan menyebabkan mikroorganisme tumbuh subur. Hal ini mengakibatkan mikroorganisme mendegradasi substrat dengan cepat, sehingga terjadi peningkatan suhu. Peningkatan suhu berasal dari energi panas yang dihasilkan mikroorganisme selama proses metabolismenya (Nolan dkk., 2011).

Nilai suhu pada limbah domestik bersifat fluktuatif. Hal ini kemungkinan dikarenakan kondisi cuaca pada hari perendaman limbah dan intensitas penyinaran matahari yang tidak tetap. Namun fluktuasi suhu tidak mencapai selisih yang terlalu besar dan masih berada direntang suhu ruangan (26,5°C) deviasi 3.

4.2.2.3 Kesimpulan Hasil Pengukuran Suhu pada Air Limbah



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai Suhu
Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai Suhu yang paling besar peningkatannya saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter dimiliki oleh variasi bahan filter 2 dengan nilai sebesar 25,6 °C. Serta, untuk perendaman selama 36 jam hasil yang paling baik juga didapatkan oleh variasi 2 yaitu sebesar 26 °C.

Hasil percobaan di atas menunjukkan bahwa penggunaan batu scoria pada variasi bahan filter menghasilkan nilai suhu yang lebih baik daripada penggunaan batu apung. Serta, penambahan bahan filter zeolit pada limbah domestik akan memaksimalkan proses filtrasi, sehingga akan turut memaksimalkan proses penjernihan air dengan menetralkan nilai suhu. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa semakin lama limbah domestik direndam, maka akan semakin baik untuk menetralkan suhunya menjadi suhu ruangan.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter suhu menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai deviasi ± 3 , sehingga secara keseluruhan hasil nilai suhu yang diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu sudah sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001.

4.2.3 Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand atau biasa dikenal dengan BOD merupakan parameter pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air buangan, dinyatakan dengan BOD5 hari pada suhu 20 °C dalam mg/liter atau ppm. Limbah domestik yang akan dimasukan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran BOD sebelum dan sesudah dimasukan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai BOD yang ada

pada limbah domestik. Pengukuran konsentrasi BOD juga bertujuan untuk mengetahui variasi bahan apa yang paling efisien dalam mengolah limbah domestik. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran BOD pada limbah domestik.

Tabel 4.4
Hasil Uji Kandungan BOD pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 Jam	36 jam
1			Sampel Awal	31,93	31,93
2			Variasi 1	27,97	23,01
3	BOD	mg/L	Variasi 2	29,82	25,01
4			Variasi 3	20,15	12,99
5			Variasi 4	23,10	14,96

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kimia Dasar Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil

Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil

Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.3.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter BOD

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter BOD.

Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

- Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
- Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
- Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
- Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
- Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.2.3.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan BOD mengalami penurunan dari 31,93 mg/L menjadi 27,97 mg/L. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai BOD berkurang dari 31,93 mg/L menjadi 29,82 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai BOD pada Variasi 1 menurun cukup besar dari 31,93 mg/L menjadi 23,01 mg/L, dan untuk variasi 2 pun nilai BOD turun dari 31,93 mg/L menjadi 25,01 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai BOD yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 2 diperoleh dari variasi 1 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 23,01 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai BOD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 2 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 29,82 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung yaitu variasi 1 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai BOD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria yaitu variasi 2.

4.2.3.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan BOD mengalami penurunan dari 31,93 mg/L menjadi 27,97 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai BOD berkurang dari 31,93 mg/L menjadi 20,15 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai BOD pada Variasi 1 menurun cukup besar dari 31,93 mg/L menjadi 23,01 mg/L, dan untuk variasi 2 pun nilai BOD turun dari 31,93 mg/L menjadi 12,99 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai BOD yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 12,99 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai BOD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 27,97 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + Zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai BOD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu Apung tanpa zeolit yaitu variasi 1.

4.2.3.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan BOD mengalami penurunan dari 31,93 mg/L menjadi 27,97 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai BOD berkurang dari 31,93 mg/L menjadi 23,10 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai BOD pada Variasi 1 menurun cukup besar dari 31,93 mg/L menjadi 23,01 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai BOD turun dari 31,93 mg/L menjadi 14,96 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai BOD yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 14,96 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai BOD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 27,97 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + Zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai BOD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu Apung tanpa zeolit yaitu variasi 1.

4.2.3.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan BOD mengalami penurunan dari 31,93 mg/L menjadi 29,82 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai BOD berkurang dari 31,93 mg/L menjadi 20,15 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai BOD pada Variasi 2 menurun dari 31,93 mg/L menjadi 25,01 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai BOD turun cukup besar dari 31,93 mg/L menjadi 12,99 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai BOD yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 12,99 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai BOD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 29,82 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + Zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai BOD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi 2.

4.2.3.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan BOD mengalami penurunan dari 31,93 mg/L menjadi 29,82 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai BOD berkurang dari 31,93 mg/L menjadi 23,10 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai BOD pada Variasi

2 menurun dari 31,93 mg/L menjadi 25,01 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai BOD turun cukup besar dari 31,93 mg/L menjadi 14,96 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai BOD yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 14,96 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai BOD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 29,82 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + Zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai BOD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi 2.

4.2.3.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan BOD mengalami penurunan dari 31,93 mg/L menjadi 20,15 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai BOD berkurang dari 31,93 mg/L menjadi 23,10 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai BOD pada Variasi 3 menurun cukup besar dari 31,93 mg/L menjadi 12,99 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai BOD turun cukup besar dari 31,93 mg/L menjadi 14,96 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai BOD yang paling besar penurunannya diantara variasi 3 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 12,99 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai BOD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 3 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 4 yang direndam selama 18 jam yaitu 23,10 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + Zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai BOD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4.

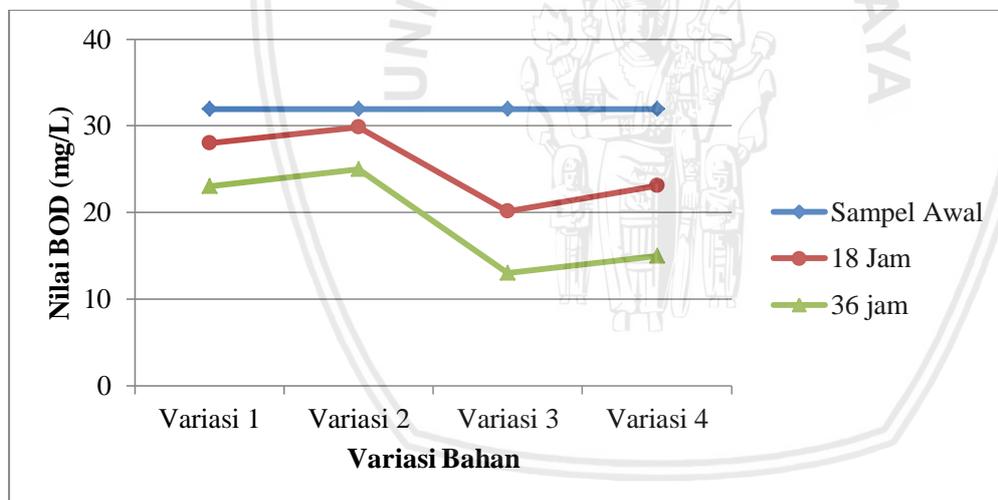
4.2.3.2 Analisis Parameter BOD

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Widyaningsih, 2016) dalam penelitiannya batu apung yang digunakan dapat menurunkan nilai BOD, Hal ini disebabkan karena batu apung memiliki lebih banyak pori-pori dibandingkan dengan batu scoria, sehingga batu apung memiliki sifat adsorpsi yang lebih besar dan mampu menyerap polutan baik itu zat organik maupun zat anorganik. Mekanisme batu apung dalam menurunkan zat organik dalam air yaitu batu apung sebagai adsorben akan terendam dengan air limbah, sehingga molekul-molekul yang terkandung dalam air limbah menempel pada permukaan adsorben akibat adanya proses kimia dan fisika sehingga

terjadi proses difusi adsorben melalui pori-pori adsorben. Molekul polutan terjerap pada bagian luar adsorben lalu bergerak menuju pori-pori selanjutnya ke dinding bagian dalam dan terjadilah penjerapan molekul-molekul polutan dalam pori-pori media penjerap sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kadar zat organik dalam air limbah. (Nurmaliakasih, 2017, p. 200). Disamping itu juga terjadi proses bakteri yang terdapat pada air limbah domestik menempel pada dinding-dinding permukaan adsorben dan mendegradasi bahan organik sehingga mengakibatkan penurunan kadar BOD.

Sedangkan, menurut penelitian yang dilakukan oleh (suyata, 2009) mengemukakan bahwa penambahan zeolit pada variasi bahan filter berpengaruh terhadap penurunan kadar BOD hasil filtrasi limbah domestik tersebut. Penurunan ini disebabkan karena zeolit mempunyai pori-pori permukaan yang lebih luas setelah diaktivasi dan dapat menyerap limbah organik secara optimal. Hasil pengujian ini juga menunjukkan bahwa semakin lama limbah domestik direndam, maka hasil nilai BOD yang terkandung dalam air limbah semakin menurun.

4.2.3.3 Kesimpulan Hasil Kandungan BOD pada Air Limbah



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai BOD
Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai BOD yang paling baik saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter dimiliki oleh variasi bahan filter 3 dengan nilai sebesar 20,15 mg/L. Serta, untuk perendaman selama 36 jam hasil yang paling baik juga didapatkan oleh variasi 3 yaitu sebesar 12,99 mg/L. Kemudian untuk hasil penurunan nilai BOD yang paling sedikit dimiliki oleh variasi 2 sebesar 29,82 mg/L saat perendaman 18 jam, dan untuk perendaman selama 36 jam hasil penurunan BOD yang paling sedikit juga dimiliki oleh variasi 2 sebesar 25,01 mg/L.

Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi saat perendaman selama 36 jam memiliki hasil yang lebih baik, maka semakin lama limbah direndam akan menghasilkan penurunan nilai BOD yang lebih bagus. Lalu dapat dilihat juga bahwa batu apung lebih bagus penurunannya dibanding dengan batu scoria, begitupun dengan penambahan zeolit batu apung lebih bagus dari batu scoria. Sedangkan jika dilihat penurunan nilai BOD saat perendaman 18 jam menuju 36 jam, penurunan nilai BOD dengan penambahan zeolit lebih banyak dibandingkan dengan tanpa zeolit, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan zeolit berpengaruh terhadap penurunan BOD pada penelitian ini.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter BOD menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai maksimal 6 mg/L, sehingga secara keseluruhan hasil nilai BOD yang diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu belum sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001. Akan tetapi, variasi bahan filter ini terbukti bisa untuk mengurangi kadar BOD yang ada pada limbah domestik.

4.2.4 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau biasa dikenal dengan COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Limbah domestik yang akan dimasukan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran COD sebelum dan sesudah dimasukan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai COD yang ada pada limbah domestik. Pengukuran konsentrasi COD juga bertujuan untuk mengetahui variasi bahan apa yang paling efisien dalam mengolah limbah domestik. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran COD pada limbah domestik.

Tabel 4.5
Hasil Uji Kandungan COD pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 jam	36 jam
1			Sampel Awal	38,40	38,40
2			Variasi 1	32,00	28,80
3	COD	mg/L	Variasi 2	35,20	31,20
4			Variasi 3	26,40	16,80
5			Variasi 4	28,00	20,00

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kimia Dasar Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

- Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil
 Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
 Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.4.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter COD

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter COD.

Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.2.4.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan COD mengalami penurunan dari 38,40 mg/L menjadi 32 mg/L. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai COD berkurang dari 38,40 mg/L menjadi 35,20 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai COD pada Variasi 1 menurun dari 38,40 mg/L menjadi 28,80 mg/L, dan untuk variasi 2 pun nilai COD turun dari 38,40 mg/L menjadi 31,20 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai COD yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 2 diperoleh dari variasi 1 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 28,80 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai COD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 2 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 35,20 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung yaitu variasi 1 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai COD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria yaitu variasi 2.

4.2.4.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan COD mengalami penurunan dari 38,40 mg/L menjadi 32 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai COD berkurang dari 38,40 mg/L menjadi 26,40 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai COD pada Variasi 1 menurun dari 38,40 mg/L menjadi 28,80 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai COD turun cukup besar dari 38,40 mg/L menjadi 16,80 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai COD yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 16,80 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai COD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 32 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai COD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi 1.

4.2.4.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan COD mengalami penurunan dari 38,40 mg/L menjadi 32 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai COD berkurang dari 38,40 mg/L menjadi 28 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai COD pada Variasi 1 menurun dari 38,40 mg/L menjadi 28,80 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai COD turun cukup besar dari 38,40 mg/L menjadi 20 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai COD yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 20 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai COD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 32 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai COD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi 1.

4.2.4.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan COD mengalami penurunan dari 38,40 mg/L menjadi 35,20 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai COD berkurang dari 38,40 mg/L menjadi 26,40 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai COD pada Variasi 2 menurun dari 38,40 mg/L menjadi 31,20 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai COD turun cukup besar dari 38,40 mg/L menjadi 16,80 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai COD yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 16,80 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai COD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 35,20 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai COD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi 2.

4.2.4.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan COD mengalami penurunan dari 38,40 mg/L menjadi 35,20 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai COD berkurang dari 38,40 mg/L menjadi 28 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai COD pada Variasi 2 menurun dari 38,40 mg/L menjadi 31,20 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai COD turun cukup besar dari 38,40 mg/L menjadi 20 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai COD yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 20 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai COD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 35,20 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai COD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi 2.

4.2.4.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan COD mengalami penurunan dari 38,40 mg/L menjadi 26,40 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai COD berkurang dari 38,40 mg/L menjadi 28 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai COD pada Variasi 3

menurun cukup besar dari 38,40 mg/L menjadi 16,80 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai COD juga turun cukup besar dari 38,40 mg/L menjadi 20 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai COD yang paling besar penurunannya diantara variasi 3 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 16,80 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai COD yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 3 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 4 yang direndam selama 18 jam yaitu 28 mg/L.

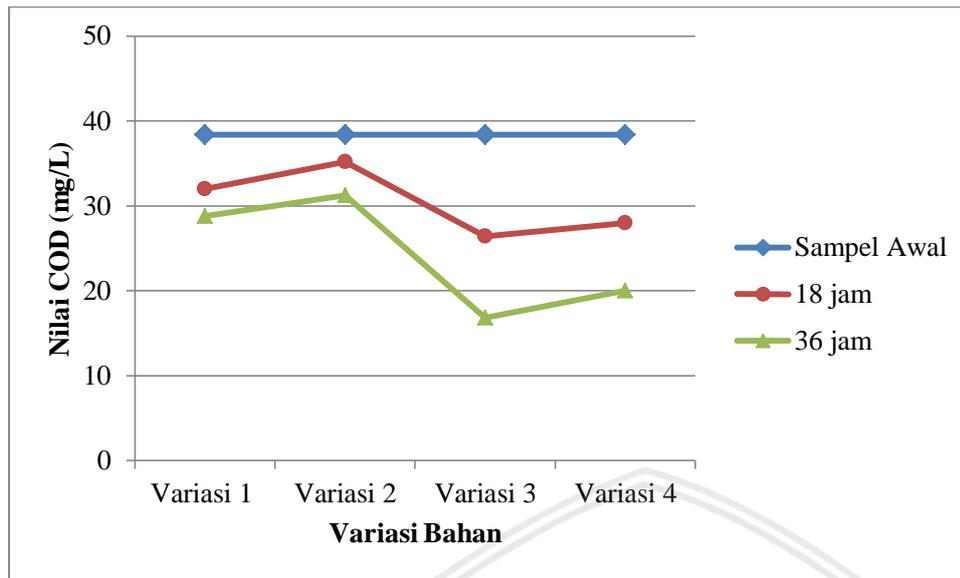
Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai COD yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4.

4.2.4.2 Analisis Parameter COD

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai batu apung menghasilkan nilai COD yang lebih baik dibandingkan variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ratnawati, 2018) dalam penelitiannya batu apung dapat mengurangi kadar COD. Hal ini disebabkan karena penggunaan batu apung berperan dalam penurunan beban organik dalam limbah domestik. (Widyaningsih, 2016) menyatakan bahwa batu apung merupakan salah satu adsorben yang mempunyai sifat mengikat molekul dalam cairan pada permukaannya, sehingga molekul yang ada pada limbah domestik menempel pada permukaan batu apung, sehingga menyebabkan nilai COD menurun.

Sedangkan, menurut penelitian yang dilakukan oleh (suyata, 2009) menyatakan bahwa penggunaan zeolit dapat menurunkan kadar COD pada air limbah. Hal ini tidak terlepas dari optimalnya penyerapan oleh zeolit yang ada pada filter dan optimalnya mikroorganisme yang mendegradasi limbah domestik tersebut.

4.2.4.3 Kesimpulan Hasil Kandungan COD pada Air Limbah



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai COD

Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai COD yang paling baik saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter dimiliki oleh variasi bahan filter 3 dengan nilai sebesar 26,40 mg/L. Serta, untuk perendaman selama 36 jam hasil yang paling baik juga didapatkan oleh variasi 3 yaitu sebesar 16,80 mg/L. Kemudian untuk hasil penurunan nilai COD yang paling sedikit dimiliki oleh variasi 2 sebesar 35,20 mg/L saat perendaman 18 jam, dan untuk perendaman selama 36 jam hasil penurunan COD yang paling sedikit juga dimiliki oleh variasi 2 sebesar 31,20 mg/L.

Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi saat perendaman selama 36 jam memiliki hasil yang lebih baik, maka semakin lama limbah direndam akan menghasilkan penurunan nilai COD yang lebih bagus. Lalu dapat dilihat juga bahwa batu apung lebih bagus penurunannya dibanding dengan batu scoria, begitupun dengan penambahan zeolit batu apung lebih bagus dari batu scoria. Sedangkan jika dilihat penurunan nilai COD saat perendaman 18 jam menuju 36 jam, penurunan nilai COD dengan penambahan zeolit lebih banyak dibandingkan dengan tanpa zeolit, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan zeolit berpengaruh terhadap penurunan COD pada penelitian ini.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter COD menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai maksimal 50 mg/L, sehingga secara keseluruhan hasil nilai COD yang diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu sudah sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001.

4.2.5 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μ m atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Limbah domestik yang akan dimasukkan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran TSS sebelum dan sesudah dimasukkan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai TSS yang ada pada limbah domestik. Pengukuran konsentrasi TSS juga bertujuan untuk mengetahui variasi bahan apa yang paling efisien dalam mengolah limbah domestik. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran TSS pada limbah domestik.

Tabel 4.6
Hasil Uji Kandungan TSS pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 jam	36 jam
1			Sampel Awal	20	20
2			Variasi 1	10	4
3	TSS	mg/L	Variasi 2	11	6
4			Variasi 3	7	1
5			Variasi 4	9	3

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Tanah dan Air Tanah Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

- Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil
- Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil
- Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
- Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.5.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter TSS

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter TSS. Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan

Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.

5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.2.5.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan TSS mengalami penurunan dari 20 mg/L menjadi 10 mg/L. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai TSS berkurang dari 20 mg/L menjadi 11 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai TSS pada Variasi 1 menurun dari 20 mg/L menjadi 4 mg/L, dan untuk variasi 2 pun nilai TSS turun dari 20 mg/L menjadi 6 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai TSS yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 2 diperoleh dari variasi 1 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 4 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai TSS yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 2 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 11 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung yaitu variasi 1 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai TSS yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria yaitu variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan TSS untuk variasi 1 dan variasi 2 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.5.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan TSS mengalami penurunan dari 20 mg/L menjadi 10 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai TSS berkurang dari 20 mg/L menjadi 7 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai TSS pada Variasi 1 menurun dari 20 mg/L menjadi 4 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai TSS turun dari 20 mg/L menjadi 1 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai TSS yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 1 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai TSS yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 10 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai TSS yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan TSS untuk variasi 1 dan variasi 3 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.5.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan TSS mengalami penurunan dari 20 mg/L menjadi 10 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai TSS berkurang dari 20 mg/L menjadi 9 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai TSS pada Variasi 1 menurun dari 20 mg/L menjadi 4 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai TSS turun dari 20 mg/L menjadi 3 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai TSS yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 3 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai TSS yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 10 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai TSS yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan TSS untuk variasi 1 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.5.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan TSS mengalami penurunan dari 20 mg/L menjadi 11 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai TSS berkurang dari 20 mg/L menjadi 7 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai TSS pada Variasi 2 menurun dari 20 mg/L menjadi 6 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai TSS turun dari 20 mg/L menjadi 1 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai TSS yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 1 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai TSS yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 11 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai TSS yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu

scoria saja yaitu variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan TSS untuk variasi 2 dan variasi 3 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.5.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan TSS mengalami penurunan dari 20 mg/L menjadi 11 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai TSS berkurang dari 20 mg/L menjadi 9 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai TSS pada Variasi 2 menurun dari 20 mg/L menjadi 6 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai TSS turun dari 20 mg/L menjadi 3 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai TSS yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 3 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai TSS yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 11 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai TSS yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan TSS untuk variasi 2 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.5.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan TSS mengalami penurunan dari 20 mg/L menjadi 7 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai TSS berkurang dari 20 mg/L menjadi 9 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai TSS pada Variasi 3 menurun dari 20 mg/L menjadi 1 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai TSS turun dari 20 mg/L menjadi 3 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai TSS yang paling besar penurunannya diantara variasi 3 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 1 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai TSS yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 3 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 4 yang direndam selama 18 jam yaitu 9 mg/L.

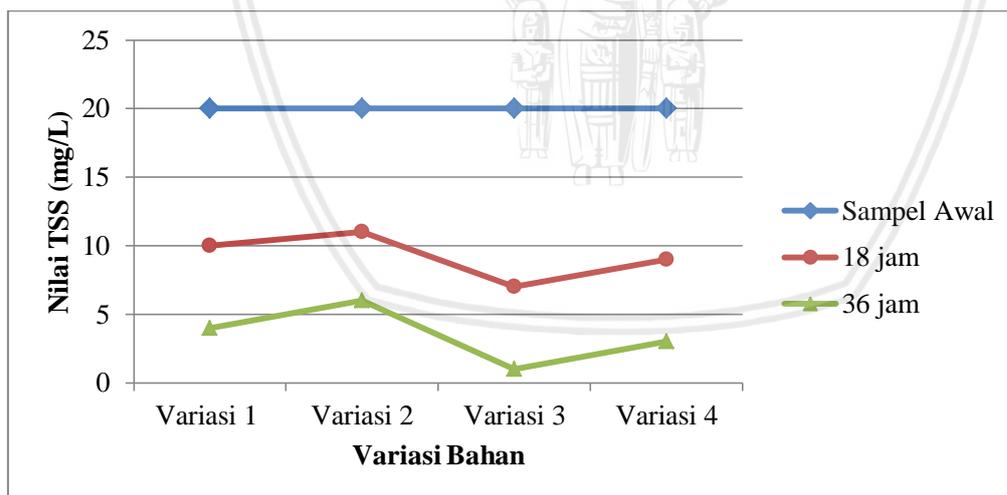
Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai TSS yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan TSS untuk variasi 3 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.5.2 Analisis Parameter TSS

Dari hasil penelitian oleh (Widyarningsih, 2016) mengungkapkan bahwa batu apung dapat menurunkan kadar TSS pada air limbah. Padatan tersuspensi adalah padatan yang mempengaruhi kekeruhan dalam air, tidak dapat larut dan tidak bisa mengendap secara cepat bahkan hanya akan melayang-melayang di dalam air. Padatan seperti ini biasanya terdapat partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen dan merupakan endapan koloid yang berasal dari zat organik maupun anorganik. Partikel partikel inilah yang akan diserap oleh batu apung dan batu scoria karena batu tersebut mampu menyerap bahan polutan baik itu zat organik maupun zat anorganik.

Sedangkan penambahan zeolit pada variasi bahan filter berpengaruh terhadap penurunan kadar TSS hasil filtrasi limbah domestik tersebut. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sisyanreswari, 2014). Zat yang tersuspensi biasanya terdiri dari zat organik dan anorganik yang melayang – layang di dalam air. Proses penurunan bahan organik terjadi melalui proses secara fisik dan biologis (Crites and Tchobanoglous, 1998). Proses fisik yang terjadi karena adanya perbedaan energi atau gaya tarik menarik, sehingga molekul – molekul pada limbah domestik yang merupakan adsorbat tertarik atau terikat pada molekul zeolit yang merupakan adsorben.

4.2.5.3 Kesimpulan Hasil Kandungan TSS pada Air Limbah



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai TSS

Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai TSS yang paling baik saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter dimiliki oleh variasi bahan filter 3 dengan nilai sebesar 7 mg/L. Serta, untuk perendaman selama 36 jam hasil yang paling baik juga didapatkan oleh variasi 3 yaitu sebesar 1 mg/L. Kemudian untuk hasil penurunan nilai TSS yang paling sedikit dimiliki oleh variasi 2 sebesar 11 mg/L saat perendaman 18 jam, dan untuk

perendaman selama 36 jam hasil penurunan COD yang paling sedikit juga dimiliki oleh variasi 2 sebesar 6 mg/L. Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai batu apung menghasilkan nilai TSS yang lebih baik dibandingkan variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria.

Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi saat perendaman selama 36 jam memiliki hasil yang lebih baik, maka semakin lama limbah direndam akan menghasilkan penurunan nilai TSS yang lebih bagus. Lalu dapat dilihat juga bahwa batu apung lebih bagus penurunannya dibanding dengan batu scoria, begitupun dengan penambahan zeolit batu apung lebih bagus dari batu scoria. Sedangkan jika dilihat penurunan nilai TSS saat perendaman 18 jam menuju 36 jam, penurunan nilai TSS dengan penambahan zeolit hampir sama dibandingkan dengan tanpa zeolit, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan zeolit tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan TSS pada penelitian ini.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter TSS menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai maksimal 400 mg/L, sehingga secara keseluruhan hasil nilai TSS yang diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu sudah sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001.

4.2.6 Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen atau oksigen terlarut adalah jumlah oksigen yang terlarut dalam suatu perairan, dinyatakan dalam miligram O₂ per liter. Limbah domestik yang akan dimasukan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran DO sebelum dan sesudah dimasukan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai DO yang ada pada limbah domestik. Pengukuran konsentrasi DO juga bertujuan untuk mengetahui variasi bahan apa yang paling efisien dalam mengolah limbah domestik. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran DO pada limbah domestik.

Tabel 4.7
Hasil Uji Kandungan DO pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 jam	36 jam
1			Sampel Awal	7,94	7,94
2			Variasi 1	7,94	7,92
3	DO	mg/L	Variasi 2	7,93	7,89
4			Variasi 3	7,94	7,91
5			Variasi 4	7,93	7,88

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kimia Dasar Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

- Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil
 Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil
 Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
 Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.6.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter DO

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter DO.

Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.2.6.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan DO tetap sama dari 7,94 mg/L menjadi 7,94 mg/L. Namun untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai DO mengalami penurunan dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,93 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai DO pada Variasi 1 turun dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,92 mg/L, dan untuk variasi 2 nilai DO turun dari 7,94 mg/L menjadi 7,89 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai DO yang paling baik diantara variasi 1 dan variasi 2 adalah variasi 1 yaitu batu apung tanpa zeolit karena nilai DO tetap sama atau tidak berkurang.

4.2.6.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan DO tetap sama dari 7,94 mg/L menjadi 7,94 mg/L. Namun untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai DO juga tetap dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,94 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai DO pada Variasi 1 turun dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,92 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai DO tetap dari 7,94 mg/L menjadi 7,91 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai DO yang paling baik diantara variasi 1 dan variasi 3 adalah variasi 1 yaitu batu apung tanpa zeolit karena nilai DO tetap sama atau tidak berkurang.

4.2.6.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan DO tetap sama dari 7,94 mg/L menjadi 7,94 mg/L. Namun untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai DO mengalami penurunan dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,93 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai DO pada Variasi 1 turun dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,92 mg/L, dan untuk variasi 4 nilai DO turun dari 7,94 mg/L menjadi 7,88 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai DO yang paling baik diantara variasi 1 dan variasi 4 adalah variasi 1 yaitu batu apung tanpa zeolit karena nilai DO tetap sama atau tidak berkurang.

4.2.6.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan DO mengalami penurunan dari 7,94 mg/L menjadi 7,93 mg/L. Namun untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai DO tetap dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,94 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai DO pada Variasi 2 juga mengalami penurunan dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,89 mg/L, dan untuk variasi 3 nilai DO turun dari 7,94 mg/L menjadi 7,91 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai DO yang paling baik diantara variasi 2 dan variasi 3 adalah variasi 3 yaitu batu apung dengan zeolit karena nilai DO tetap sama atau tidak berkurang.

4.2.6.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan DO mengalami penurunan dari 7,94 mg/L menjadi 7,93 mg/L. Namun untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai DO mengalami penurunan dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,93 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai DO pada Variasi 2 juga mengalami penurunan dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,89 mg/L, dan untuk variasi 4 nilai DO turun dari 7,94 mg/L menjadi 7,88 mg/L. Sehingga untuk

hasil nilai DO yang paling baik diantara variasi 2 dan variasi 4 adalah variasi 2 yaitu batu scoria tanpa zeolit karena memiliki nilai yang penurunannya paling sedikit.

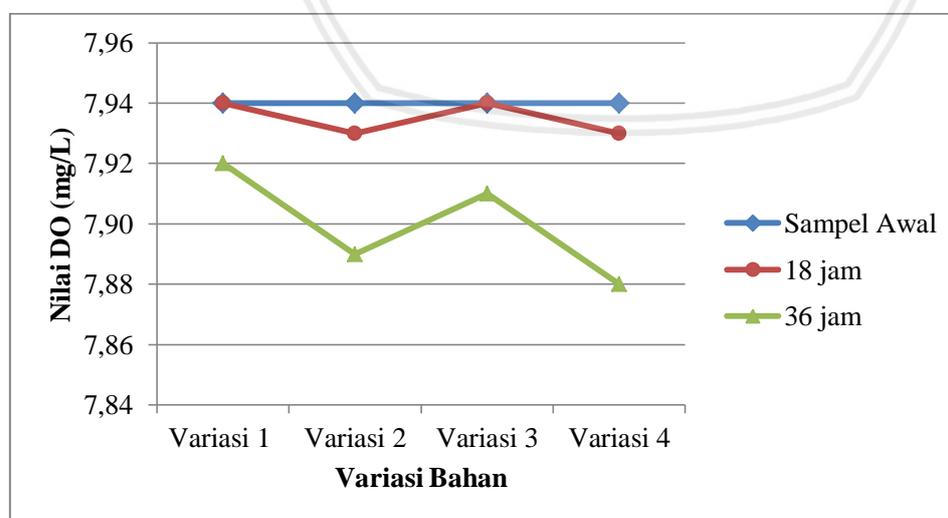
4.2.6.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan DO tetap dari 7,94 mg/L menjadi 7,94 mg/L. Namun untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai DO mengalami penurunan dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,93 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai DO pada Variasi 3 juga mengalami penurunan dari nilai awal yaitu 7,94 mg/L menjadi 7,94 mg/L, dan untuk variasi 4 nilai DO turun dari 7,94 mg/L menjadi 7,88 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai DO yang paling baik diantara variasi 3 dan variasi 4 adalah variasi 3 yaitu batu apung dengan zeolit karena memiliki nilai yang penurunannya paling sedikit.

4.2.6.2 Analisis Parameter DO

Penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Nathalia, 2019) yang mengungkapkan bahwa kadar DO pada air limbah dapat meningkat karna adanya proses aerasi. Hal ini bisa disebabkan karena limbah yang dimasukan kedalam filter tidak dialiri, melainkan hanya direndam sesuai dengan variasi waktu yaitu 18 jam dan 36 jam, sehingga tidak ada udara yang dapat masuk kedalam limbah tersebut. Namun sebaliknya, nilai DO ada yang mengalami penurunan, hal ini dikarenakan adanya mikroorganisme disetiap variasi bahan filter yang menguraikan limbah organik yang ada pada limbah tersebut dengan menggunakan oksigen terlarut yang ada pada setiap variasi bahan filter tersebut.

4.2.6.3 Kesimpulan Hasil Kandungan DO pada Air Limbah



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Nilai DO
Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai DO yang fluktuatif. Saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter tidak ada nilai DO yang mengalami peningkatan. Serta, untuk perendaman selama 36 jam pun juga tidak ada nilai DO yang mengalami peningkatan, melainkan ada nilai DO yang mengalami penurunan yang paling besar didapatkan oleh variasi 4 yaitu sebesar 7,88 mg/L. Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa secara keseluruhan variasi bahan filter tidak ada yang efektif dalam meningkatkan nilai DO pada limbah domestik.

Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi saat perendaman selama 18 dan 36 jam memiliki hasil yang sama yaitu tidak terjadi peningkatan nilai DO. Lalu dapat dilihat juga bahwa batu scoria lebih banyak penurunannya dibanding dengan batu apung, begitupun dengan penambahan zeolit batu scoria lebih rendah dibanding dengan batu apung. Sedangkan jika dilihat perendaman 18 jam dan 36 jam, tidak ada pengaruh dari zeolit untuk menaikkan nilai DO di semua variasi bahan filter. Ini menunjukkan bahwa perencanaan dalam penelitian ini tidak bisa untuk menaikkan nilai DO karena tidak adanya udara yang diserap atau tidak dialiri, tetapi hanya direndam saja.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter DO menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai minimal 3 mg/L, sehingga secara keseluruhan hasil nilai DO yang diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu sudah sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001. Akan tetapi, pada penelitian ini terbukti bahwa variasi bahan tersebut tidak dapat menaikkan nilai DO.

4.2.7 Nitrit (NO₂)

Nitrit (NO₂) merupakan bentuk peralihan antara ammonia dan nitrat (nitrifikasi) dan antara nitrat dengan gas nitrogen (*denitrifikasi*) oleh karena itu, nitrit bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Limbah domestik yang akan dimasukkan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran Nitrit sebelum dan sesudah dimasukkan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai Nitrit yang ada pada limbah domestik. Pengukuran konsentrasi Nitrit juga bertujuan untuk mengetahui variasi bahan apa yang paling efisien dalam mengolah limbah domestik. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran Nitrit pada limbah domestik.

Tabel 4.8
Hasil Uji Kandungan Nitrit pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 jam	36 jam
1			Sampel Awal	0,049	0,049
2	Nitrit (NO ₂)	mg/L	Variasi 1	0,045	0,031
3			Variasi 2	0,039	0,033
4			Variasi 3	0,033	0,014
5			Variasi 4	0,024	0,018

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kimia Dasar Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil

Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil

Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.7.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Nitrit

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter Nitrit.

Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

- Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
- Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
- Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
- Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
- Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
- Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.2.7.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrit mengalami penurunan dari 0,049 mg/L menjadi 0,045 mg/L. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrit berkurang dari 0,049 mg/L menjadi 0,039 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrit pada Variasi 1 menurun dari 0,049 mg/L menjadi 0,031 mg/L, dan untuk variasi 2 pun nilai nitrit turun dari 0,049 mg/L menjadi 0,033 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrit yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 2 diperoleh dari variasi 1 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,031 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrit yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 2 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,045 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung memiliki keunggulan ketika direndam selama 36 jam dan untuk variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria memiliki keunggulan ketika direndam selama 18 jam.

4.2.7.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrit mengalami penurunan dari 0,049 mg/L menjadi 0,045 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrit berkurang dari 0,049 mg/L menjadi 0,033 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrit pada Variasi 1 menurun dari 0,049 mg/L menjadi 0,031 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai nitrit turun dari 0,049 mg/L menjadi 0,014 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrit yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,014 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrit yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,045 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai nitrit yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nitrit untuk variasi 1 dan variasi 3 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.7.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrit mengalami penurunan dari 0,049 mg/L menjadi 0,045 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrit berkurang dari 0,049 mg/L menjadi 0,024 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrit pada Variasi

1 menurun dari 0,049 mg/L menjadi 0,031 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai nitrit turun dari 0,049 mg/L menjadi 0,018 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrit yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,018 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrit yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,045 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai nitrit yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nitrit untuk variasi 1 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.7.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrit mengalami penurunan dari 0,049 mg/L menjadi 0,039 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrit berkurang dari 0,049 mg/L menjadi 0,033 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrit pada Variasi 2 menurun dari 0,049 mg/L menjadi 0,033 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai nitrit turun dari 0,049 mg/L menjadi 0,014 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrit yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,014 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrit yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,039 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai nitrit yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nitrit untuk variasi 2 dan variasi 3 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.7.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrit mengalami penurunan dari 0,049 mg/L menjadi 0,039 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrit berkurang dari 0,049 mg/L menjadi 0,024 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrit pada Variasi 2 menurun dari 0,049 mg/L menjadi 0,033 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai nitrit turun dari 0,049 mg/L menjadi 0,018 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrit yang paling besar

penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,018 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrit yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,039 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai nitrit yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nitrit untuk variasi 2 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.7.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

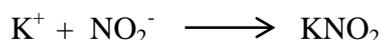
Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrit mengalami penurunan dari 0,049 mg/L menjadi 0,033 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrit berkurang dari 0,049 mg/L menjadi 0,024 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrit pada Variasi 3 menurun dari 0,049 mg/L menjadi 0,014 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai nitrit turun dari 0,049 mg/L menjadi 0,018 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrit yang paling besar penurunannya diantara variasi 3 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,014 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrit yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 3 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 3 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,033 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 memiliki keunggulan ketika direndam selama 36 jam dan untuk variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 memiliki keunggulan ketika direndam selama 18 jam.

4.2.7.2 Analisis Parameter Nitrit

Hal ini diperkuat dengan penelitian oleh (Aregu et al, 2018) dimana saat perendaman 24 jam dan 48 jam, batu scoria memiliki penurunan nilai nitrit yang lebih baik, namun untuk perendaman 72 jam, batu apung lah yang memiliki penurunan nitrit yang lebih baik. Sedangkan penambahan zeolit pada variasi bahan filter 3 dan 4 memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan variasi 1 dan variasi 2 yang tidak memakai tambahan zeolit. Menurut penelitian dari (Raya, 2017) menunjukkan bahwa Dari hasil X-RF terdapat 17 unsur yang terdapat Batu Apung yaitu Si, Fe, Ca, Al, K, Ti, Ni, Sr, Mn, P, Ba, Cu, Eu, Re, Cr, Zn dan V. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Apung yaitu Si sebesar 37,6% dan Fe sebesar 25,9%. Sedangkan Batu Scoria menunjukkan 16 unsur yang terdapat yaitu:

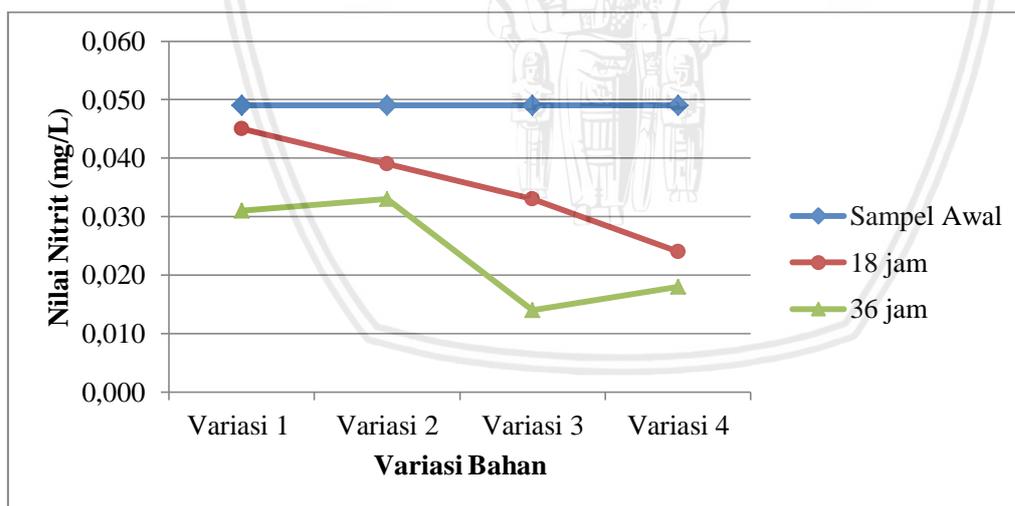
Si, Fe, Ca, Al, K, Ni, Ti, Sr, Mn, Ba, Cu, Re, Eu, Cr, V, dan Zn. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Scoria yaitu Si sebesar 35,9% dan Fe sebesar 27,4%. Sehingga penyebab Nitrit turun karena kation pada batu apung dan batu scoria itu dapat mengikat anion NO_2^- yang ada pada limbah domestik. Sebagai contoh pengikatan kation dengan anion adalah sebagai berikut:



Menurut (Budi, 2006) zeolit dapat menyerap ion amonium juga menyerap ion lain seperti Ag^+ , K^+ dan lain lain. Sehingga sebagai kation yang terserap seperti K^+ akan mengikat anion NO_2^- yang ada pada air limbah sehingga membentuk reaksi sebagai berikut:

Reaksi diatas menunjukkan bahwa zeolit dapat menyerap nitrit dengan cara mengikat kation dan anion yang ada pada limbah, sehingga nilai nitrit mengalami penurunan. Berkurangnya nitrit pada filter juga bisa diakibatkan karna sifat nitrit yang tidak stabil dan mudah teroksidasi, itulah sebabnya mengapa nilai nitrit pada limbah domestik lebih kecil dibanding nilai nitrat.

4.2.7.3 Kesimpulan Hasil Kandungan Nitrit pada Air Limbah



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Nilai Nitrit
Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai Nitrit yang paling baik saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter dimiliki oleh variasi bahan filter 4 dengan nilai sebesar 0,024 mg/L. Serta, untuk perendaman selama 36 jam hasil yang paling baik didapatkan oleh variasi 3 yaitu sebesar 0,014 mg/L. Kemudian untuk hasil penurunan nilai nitrit yang paling sedikit dimiliki oleh variasi 1 sebesar 0,045 mg/L saat perendaman 18 jam, dan

untuk perendaman selama 36 jam hasil penurunan nitrit yang paling sedikit dimiliki oleh variasi 2 sebesar 0,033 mg/L.

Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi saat perendaman selama 36 jam memiliki hasil yang lebih baik, maka semakin lama limbah direndam akan menghasilkan penurunan nilai nitrit yang lebih bagus. Lalu dapat dilihat juga bahwa batu apung lebih bagus penurunannya dibanding dengan batu scoria, begitupun dengan penambahan zeolit batu apung lebih bagus dari batu scoria. Namun saat perendaman 18 jam, batu scoria lebih bagus dibanding dengan batu apung dengan menggunakan zeolit maupun tidak menggunakan zeolit. Sedangkan jika dilihat penurunan nilai nitrit saat perendaman 18 jam menuju 36 jam, penurunan nilai nitrit dengan penambahan zeolit lebih besar dibandingkan dengan tanpa zeolit, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan zeolit berpengaruh terhadap penurunan nitrit pada penelitian ini.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter nitrit menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai maksimal 0,06 mg/L, sehingga secara keseluruhan hasil nilai nitrit yang diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu belum sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001. Akan tetapi, pada penelitian ini terbukti bahwa variasi bahan tersebut dapat mengurangi kadar nitrit pada limbah domestik.

4.2.8 Nitrat (NO_3)

Nitrat (NO_3) merupakan bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Limbah domestik yang akan dimasukkan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran Nitrat sebelum dan sesudah dimasukkan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai Nitrat yang ada pada limbah domestik. Pengukuran konsentrasi Nitrat juga bertujuan untuk mengetahui variasi bahan apa yang paling efisien dalam mengolah limbah domestik. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran Nitrat pada limbah domestik.

Tabel 4.9
Hasil Uji Kandungan Nitrat pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 jam	36 jam
1			Sampel Awal	0,676	0,676
2			Variasi 1	0,649	0,608
3	Nitrat	mg/L	Variasi 2	0,622	0,554
4	(NO_3)		Variasi 3	0,432	0,284
5			Variasi 4	0,500	0,203

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kimia Dasar Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

- Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil
 Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil
 Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
 Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.8.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Nitrat

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter Nitrat.

Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.2.8.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrat mengalami penurunan dari 0,676 mg/L menjadi 0,649 mg/L. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrat berkurang dari 0,646 mg/L menjadi 0,622 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrat pada Variasi 1 menurun dari 0,676 mg/L menjadi 0,608 mg/L, dan untuk variasi 2 pun nilai nitrat turun dari 0,676 mg/L menjadi 0,554 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrat yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 2 diperoleh dari variasi 2 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,554 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrat yang

paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 2 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,649 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai nitrat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nitrat untuk variasi 1 dan variasi 2 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.8.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrat mengalami penurunan dari 0,676 mg/L menjadi 0,649 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrat berkurang dari 0,646 mg/L menjadi 0,432 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrat pada Variasi 1 menurun dari 0,676 mg/L menjadi 0,608 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai nitrat turun dari 0,676 mg/L menjadi 0,284 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrat yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,284 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,649 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai nitrat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nitrat untuk variasi 1 dan variasi 3 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.8.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrat mengalami penurunan dari 0,676 mg/L menjadi 0,649 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrat berkurang dari 0,646 mg/L menjadi 0,500 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrat pada Variasi 1 menurun dari 0,676 mg/L menjadi 0,608 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai nitrat turun dari 0,676 mg/L menjadi 0,203 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrat yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,203 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,649 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai nitrat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nitrat untuk variasi 1 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.8.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrat mengalami penurunan dari 0,676 mg/L menjadi 0,622 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrat berkurang dari 0,646 mg/L menjadi 0,432 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrat pada Variasi 2 menurun dari 0,676 mg/L menjadi 0,554 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai nitrat turun dari 0,676 mg/L menjadi 0,284 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrat yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,284 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,622 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai nitrat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nitrat untuk variasi 2 dan variasi 3 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.8.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrat mengalami penurunan dari 0,676 mg/L menjadi 0,622 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrat berkurang dari 0,646 mg/L menjadi 0,500 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrat pada Variasi 2 menurun dari 0,676 mg/L menjadi 0,554 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai nitrat turun dari 0,676 mg/L menjadi 0,203 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrat yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,203 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,622 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai

nitrat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nitrat untuk variasi 2 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.8.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan Nitrat mengalami penurunan dari 0,676 mg/L menjadi 0,432 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai nitrat berkurang dari 0,646 mg/L menjadi 0,500 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai nitrat pada Variasi 3 menurun dari 0,676 mg/L menjadi 0,284 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai nitrat turun dari 0,676 mg/L menjadi 0,203 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai nitrat yang paling besar penurunannya diantara variasi 3 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,203 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai nitrat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 3 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 4 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,500 mg/L.

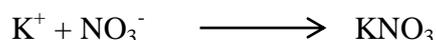
Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam memiliki nilai nitrat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4, karena hasil nilai nitrat saat perendaman selama 18 jam pada variasi 3 lebih besar penurunan kadar nitrat nya dibandingkan variasi 4. Serta untuk variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 36 jam memiliki nilai nitrat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3.

4.2.8.2 Analisis Parameter Nitrat

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai batu scoria tanpa memakai zeolit menghasilkan nilai nitrat yang lebih baik dibandingkan variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (aregu et al, 2018) dimana penurunan kadar nitrat memiliki nilai yang lebih tinggi untuk batu scoria dibandingkan dengan batu apung, hal ini dikarenakan adsorpsi dan pertukaran ion di batu scoria lebih maksimal dibandingkan dengan batu apung.

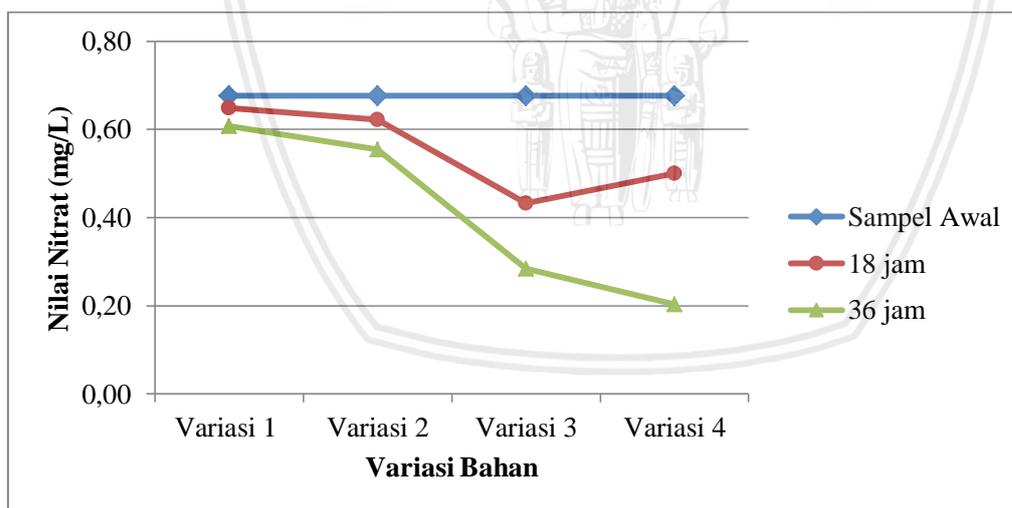
Menurut penelitian dari (Raya, 2017) menunjukkan bahwa Dari hasil X-RF terdapat 17 unsur yang terdapat Batu Apung yaitu Si, Fe, Ca, Al, K, Ti, Ni, Sr, Mn, P, Ba, Cu, Eu, Re, Cr, Zn dan V. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Apung yaitu Si sebesar 37,6% dan Fe sebesar 25,9%. Sedangkan Batu Scoria menunjukkan 16 unsur yang terdapat yaitu: Si,

Fe, Ca, Al, K, Ni, Ti, Sr, Mn, Ba, Cu, Re, Eu, Cr, V, dan Zn. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Scoria yaitu Si sebesar 35,9% dan Fe sebesar 27,4%. Sehingga penyebab Nitrat turun karena kation pada batu apung dan batu scoria itu dapat mengikat anion NO_2^- yang ada pada limbah domestik. Sebagai contoh pengikatan kation dengan anion adalah sebagai berikut:



Sedangkan penurunan kadar nitrat pada limbah domestik juga dipengaruhi oleh adanya bahan zeolit. Berdasarkan sifat fisik dan kimia, zeolit memiliki kemampuan sebagai penghidrasi, penukar ion, adsorpsi, dan katalis. Sifat zeolit sebagai adsorpsi dapat digunakan untuk menghilangkan kontaminan nitrat dalam air (Trisunaryanti, 2009). Hal ini dikuatkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Laksono, 2019), Berdasarkan reaksi diatas dapat diketahui bahwa prinsip utama penyerapan anion nitrat (NO_3^-) ke dalam zeolit yaitu melalui pengikatan anion. Kation-kation yang berada pada permukaan zeolit, yaitu K^+ diikat dengan anion nitrat (NO_3^-) menghasilkan KNO_3 . Sehingga nilai nitrat pada air limbah dapat berkurang.

4.2.8.3 Kesimpulan Hasil Kandungan Nitrat pada Air Limbah



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Nilai Nitrat
Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai Nitrat yang paling baik saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter dimiliki oleh variasi bahan filter 3 dengan nilai sebesar 0,432 mg/L. Serta, untuk perendaman selama 36 jam hasil yang paling baik didapatkan oleh variasi 4 yaitu sebesar 0,203 mg/L. Kemudian untuk hasil penurunan nilai nitrat yang paling sedikit dimiliki oleh variasi 1 sebesar 0,649 mg/L saat perendaman 18 jam, dan

untuk perendaman selama 36 jam hasil penurunan nitrat yang paling sedikit juga dimiliki oleh variasi 1 sebesar 0,608 mg/L.

Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi saat perendaman selama 36 jam memiliki hasil yang lebih baik, maka semakin lama limbah direndam akan menghasilkan penurunan nilai nitrat yang lebih bagus. Lalu dapat dilihat juga bahwa batu scoria lebih bagus penurunannya dibanding dengan batu apung, begitupun dengan penambahan zeolit batu scoria lebih bagus dari batu apung. Sedangkan jika dilihat penurunan nilai nitrat saat perendaman 18 jam menuju 36 jam, penurunan nilai nitrat dengan penambahan zeolit lebih besar dibandingkan dengan tanpa zeolit, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan zeolit berpengaruh terhadap penurunan nitrat pada penelitian ini.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter nitrat menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai maksimal 20 mg/L, sehingga secara keseluruhan hasil nilai nitrat yang diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu sudah sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001.

4.2.9 Fosfat (PO_4)

Fosfat (PO_4) berasal dari sedimen yang selanjutnya terinfiltrasi ke dalam air tanah dan masuk ke badan perairan. Limbah domestik yang akan dimasukkan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran fosfat sebelum dan sesudah dimasukkan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai fosfat yang ada pada limbah domestik. Pengukuran konsentrasi fosfat juga bertujuan untuk mengetahui variasi bahan apa yang paling efisien dalam mengolah limbah domestik. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran fosfat pada limbah domestik.

Tabel 4.10
Hasil Uji Kandungan Fosfat pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 jam	36 jam
1			Sampel Awal	0,279	0,279
2			Variasi 1	0,248	0,205
3	Fosfat	mg/L	Variasi 2	0,229	0,186
4	(PO_4)		Variasi 3	0,167	0,081
5			Variasi 4	0,143	0,062

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kimia Dasar Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil

Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil

Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.9.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Fosfat

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter fosfat.

Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.2.9.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan fosfat mengalami penurunan dari 0,279 mg/L menjadi 0,248 mg/L. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai fosfat berkurang dari 0,279 mg/L menjadi 0,229 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai fosfat pada Variasi 1 menurun dari 0,279 mg/L menjadi 0,205 mg/L, dan untuk variasi 2 pun nilai fosfat turun dari 0,279 mg/L menjadi 0,186 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai fosfat yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 2 diperoleh dari variasi 2 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,205 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai fosfat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 2 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,248 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai fosfat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan fosfat untuk variasi 1 dan variasi 2 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.9.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan fosfat mengalami penurunan dari 0,279 mg/L menjadi 0,248 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai fosfat berkurang dari 0,279 mg/L menjadi 0,167 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai fosfat pada Variasi 1 menurun dari 0,279 mg/L menjadi 0,205 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai fosfat turun dari 0,279 mg/L menjadi 0,081 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai fosfat yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,081 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai fosfat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,248 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai fosfat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1.

4.2.9.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan fosfat mengalami penurunan dari 0,279 mg/L menjadi 0,248 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai fosfat berkurang dari 0,279 mg/L menjadi 0,143 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai fosfat pada Variasi 1 menurun dari 0,279 mg/L menjadi 0,205 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai fosfat turun dari 0,279 mg/L menjadi 0,062 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai fosfat yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,062 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai fosfat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,248 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai

fosfat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung saja yaitu variasi 1.

4.2.9.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan fosfat mengalami penurunan dari 0,279 mg/L menjadi 0,229 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai fosfat berkurang dari 0,279 mg/L menjadi 0,167 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai fosfat pada Variasi 2 menurun dari 0,279 mg/L menjadi 0,186 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai fosfat turun dari 0,279 mg/L menjadi 0,081 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai fosfat yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,081 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai fosfat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,229 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai fosfat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2.

4.2.9.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan fosfat mengalami penurunan dari 0,279 mg/L menjadi 0,229 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai fosfat berkurang dari 0,279 mg/L menjadi 0,143 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai fosfat pada Variasi 2 menurun dari 0,279 mg/L menjadi 0,186 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai fosfat turun dari 0,279 mg/L menjadi 0,062 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai fosfat yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,062 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai fosfat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,229 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai fosfat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria saja yaitu variasi 2, karena hasil nilai fosfat saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam pada variasi 4 lebih besar penurunan kadar fosfat nya dibandingkan variasi 2. Hal

ini menunjukkan bahwa penurunan fosfat untuk variasi 2 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.9.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan fosfat mengalami penurunan dari 0,279 mg/L menjadi 0,167 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai fosfat berkurang dari 0,279 mg/L menjadi 0,143 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai fosfat pada Variasi 3 menurun dari 0,279 mg/L menjadi 0,081 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai fosfat turun dari 0,279 mg/L menjadi 0,062 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai fosfat yang paling besar penurunannya diantara variasi 3 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,062 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai fosfat yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 3 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 3 yang direndam selama 18 jam yaitu 0,167 mg/L.

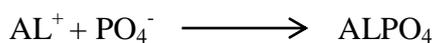
Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai fosfat yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 3, karena hasil nilai fosfat saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam pada variasi 4 lebih besar penurunan kadar fosfat nya dibandingkan variasi 3. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan fosfat untuk variasi 3 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.9.2 Analisis Parameter Fosfat

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai batu scoria tanpa zeolit menghasilkan nilai fosfat yang lebih baik dibandingkan variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (aregu et al, 2018) dimana penurunan kadar fosfat memiliki nilai yang lebih tinggi untuk batu scoria dibandingkan dengan batu apung, hal ini dikarenakan adsorpsi dan pertukaran ion di batu scoria lebih maksimal dibandingkan dengan batu apung.

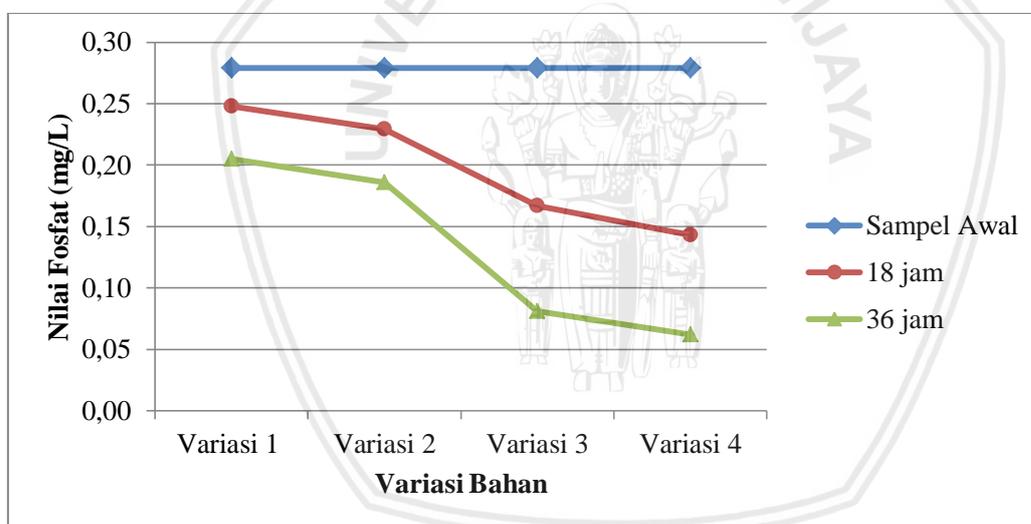
Menurut penelitian dari (Raya, 2017) menunjukkan bahwa Dari hasil X-RF terdapat 17 unsur yang terdapat Batu Apung yaitu Si, Fe, Ca, Al, K, Ti, Ni, Sr, Mn, P, Ba, Cu, Eu, Re, Cr, Zn dan V. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Apung yaitu Si sebesar 37,6% dan Fe sebesar 25,9%. Sedangkan Batu Scoria menunjukkan 16 unsur yang terdapat yaitu: Si, Fe, Ca, Al, K, Ni, Ti, Sr, Mn, Ba, Cu, Re, Eu, Cr, V, dan Zn. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Scoria yaitu Si sebesar 35,9% dan Fe sebesar 27,4%. Sehingga penyebab fosfat

turun karena kation pada batu apung dan batu scoria itu dapat mengikat anion PO_4^- yang ada pada limbah domestik. Sebagai contoh pengikatan kation dengan anion adalah sebagai berikut:



Sedangkan penambahan zeolit pada variasi bahan filter 3 dan 4 memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan variasi 1 dan variasi 2 yang tanpa penambahan zeolit. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sisyanreswari, 2014) bahwa zeolit dapat mengurangi kadar fosfat pada air limbah domestik. Terjadinya penyisihan konsentrasi fosfat dikarenakan ion fosfat pada limbah domestik melewati atau terperangkap pada struktur kristal pada zeolit. Pada proses adsorpsi ion fosfat pada air limbah domestik berkompetisi dengan anion dan kation yang ada dalam limbah tersebut sehingga penurunan ion fosfat dapat terjadi pada pori pori zeolit.

4.2.9.3 Kesimpulan Hasil Kandungan Fosfat pada Air Limbah



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Nilai Fosfat

Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai Fosfat yang paling baik saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter dimiliki oleh variasi bahan filter 4 dengan nilai sebesar 0,143 mg/L. Serta, untuk perendaman selama 36 jam hasil yang paling baik juga didapatkan oleh variasi 4 yaitu sebesar 0,062 mg/L. Kemudian untuk hasil penurunan nilai fosfat yang paling sedikit dimiliki oleh variasi 1 sebesar 0,248 mg/L saat perendaman 18 jam, dan untuk perendaman selama 36 jam hasil penurunan fosfat yang paling sedikit juga dimiliki oleh variasi 1 sebesar 0,205 mg/L. Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai batu scoria saja tanpa memakai zeolit menghasilkan

nilai fosfat yang lebih baik dibandingkan variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam.

Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi saat perendaman selama 36 jam memiliki hasil yang lebih baik, maka semakin lama limbah direndam akan menghasilkan penurunan nilai fosfat yang lebih bagus. Lalu dapat dilihat juga bahwa batu scoria lebih bagus penurunannya dibanding dengan batu apung, begitupun dengan penambahan zeolit batu scoria lebih bagus dari batu apung. Sedangkan jika dilihat penurunan nilai fosfat saat perendaman 18 jam dan 36 jam, penurunan nilai fosfat dengan penambahan zeolit lebih besar dibandingkan dengan tanpa zeolit, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan zeolit sangat berpengaruh terhadap penurunan fosfat pada penelitian ini.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter fosfat menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai maksimal 1 mg/L, sehingga secara keseluruhan hasil nilai fosfat yang diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu sudah sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001.

4.2.10 Amonia (NH₃)

Amonia (NH₃) merupakan gas tidak berwarna berbau tajam dan sangat larut dalam air terdiri dari nitrogen dan hidrogen. Amonia adalah senyawa yang stabil dan berfungsi sebagai bahan awal untuk produksi banyak senyawa nitrogen yang penting secara komersial. Limbah domestik yang akan dimasukkan kedalam tabung filter akan dilakukan pengukuran amonia sebelum dan sesudah dimasukkan ke tabung filter, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai amonia yang ada pada limbah domestik. Pengukuran konsentrasi amonia juga bertujuan untuk mengetahui variasi bahan apa yang paling efisien dalam mengolah limbah domestik. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran amonia pada limbah domestik.

Tabel 4.11
Hasil Uji Kandungan Amonia pada Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Variasi Waktu	
				18 jam	36 jam
1			Sampel Awal	2,790	2,790
2			Variasi 1	2,739	1,558
3	Amonia	mg/L	Variasi 2	2,768	1,696
4	(NH ₃)		Variasi 3	1,123	0,630
5			Variasi 4	1,174	0,688

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Kimia Dasar Universitas Brawijaya, 2019.

Keterangan :

- Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil
 Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil
 Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
 Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.2.10.1 Hasil Perbandingan Variasi Bahan Filter Parameter Amonia

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter Amonia.

Untuk setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.2.10.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan amonia mengalami penurunan dari 2,790 mg/L menjadi 2,739 mg/L. Begitu pula untuk variasi 2 dengan waktu perendaman yang sama, nilai amonia berkurang dari 2,790 mg/L menjadi 2,768 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai amonia pada Variasi 1 menurun dari 2,790 mg/L menjadi 1,558 mg/L, dan untuk variasi 2 pun nilai amonia turun dari 2,790 mg/L menjadi 1,696 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai amonia yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 2 diperoleh dari variasi 1 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 1,558 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai

amonia yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 2 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 2,768 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung yaitu variasi 1 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai amonia yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria yaitu variasi 2, karena hasil nilai amonia saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam pada variasi 1 lebih besar penurunan kadar amonia nya dibandingkan variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan amonia untuk variasi 1 dan variasi 2 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.10.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan amonia mengalami penurunan dari 2,790 mg/L menjadi 2,739 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai amonia berkurang dari 2,790 mg/L menjadi 1,123 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai amonia pada Variasi 1 menurun dari 2,790 mg/L menjadi 1,558 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai amonia turun dari 2,790 mg/L menjadi 0,630 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai amonia yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,630 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai amonia yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 2,739 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai amonia yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi 1, karena hasil nilai amonia saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam pada variasi 3 lebih besar penurunan kadar amonia nya dibandingkan variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan amonia untuk variasi 1 dan variasi 3 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.10.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 1 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan amonia mengalami penurunan dari 2,790 mg/L menjadi 2,739 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai amonia berkurang dari 2,790 mg/L menjadi 1,174 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai amonia pada Variasi 1 menurun dari 2,790 mg/L menjadi 1,558 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai amonia turun dari 2,790 mg/L menjadi 0,688 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai amonia

yang paling besar penurunannya diantara variasi 1 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,688 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai amonia yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 1 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 1 yang direndam selama 18 jam yaitu 2,739 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai amonia yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi 1, karena hasil nilai amonia saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam pada variasi 4 lebih besar penurunan kadar amonia nya dibandingkan variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan amonia untuk variasi 1 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.10.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan amonia mengalami penurunan dari 2,790 mg/L menjadi 2,768 mg/L. Begitu pula untuk variasi 3 dengan waktu perendaman yang sama, nilai amonia berkurang dari 2,790 mg/L menjadi 1,123 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai amonia pada Variasi 2 menurun dari 2,790 mg/L menjadi 1,696 mg/L, dan untuk variasi 3 pun nilai amonia turun dari 2,790 mg/L menjadi 0,630 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai amonia yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 3 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,630 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai amonia yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 3 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 2,768 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai amonia yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi 2, karena hasil nilai amonia saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam pada variasi 3 lebih besar penurunan kadar amonia nya dibandingkan variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan amonia untuk variasi 2 dan variasi 3 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.10.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 2 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan amonia mengalami penurunan dari 2,790 mg/L menjadi 2,768 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai amonia berkurang dari 2,790 mg/L menjadi 1,174 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai amonia pada

Variasi 2 menurun dari 2,790 mg/L menjadi 1,696 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai amonia turun dari 2,790 mg/L menjadi 0,688 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai amonia yang paling besar penurunannya diantara variasi 2 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 4 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,688 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai amonia yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 2 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 2 yang direndam selama 18 jam yaitu 2,768 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai amonia yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi 2, karena hasil nilai amonia saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam pada variasi 4 lebih besar penurunan kadar amonia nya dibandingkan variasi 2. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan amonia untuk variasi 2 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

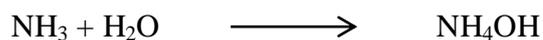
4.2.10.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Pada limbah domestik untuk variasi 3 ketika direndam selama 18 jam nilai kandungan amonia mengalami penurunan dari 2,790 mg/L menjadi 1,123 mg/L. Begitu pula untuk variasi 4 dengan waktu perendaman yang sama, nilai amonia berkurang dari 2,790 mg/L menjadi 1,174 mg/L. Kemudian untuk perendaman selama 36 jam, nilai amonia pada Variasi 3 menurun dari 2,790 mg/L menjadi 0,630 mg/L, dan untuk variasi 4 pun nilai amonia turun dari 2,790 mg/L menjadi 0,688 mg/L. Sehingga untuk hasil nilai amonia yang paling besar penurunannya diantara variasi 3 dan variasi 4 diperoleh dari variasi 3 dengan waktu perendaman 36 jam yaitu sebesar 0,630 mg/L. Kemudian untuk hasil nilai amonia yang paling kecil penurunannya diantara perbandingan variasi 3 dan variasi 4 dimiliki oleh variasi 4 yang direndam selama 18 jam yaitu 1,174 mg/L.

Dari data tersebut, menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi 3 yang direndam selama 18 jam dan 36 jam memiliki nilai amonia yang lebih baik dibandingkan dengan variasi bahan filter yang hanya menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi 4, karena hasil nilai amonia saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam pada variasi 3 lebih besar penurunan kadar amonia nya dibandingkan variasi 4. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan amonia untuk variasi 3 dan variasi 4 berbanding lurus terhadap waktu perendaman.

4.2.10.2 Analisis Parameter Amonia

Amonia dalam air akan membentuk amonium (NH_4), karena amonia bereaksi dengan H_2O yang ada pada air. Reaksi amonia bertemu dengan air adalah sebagai berikut:



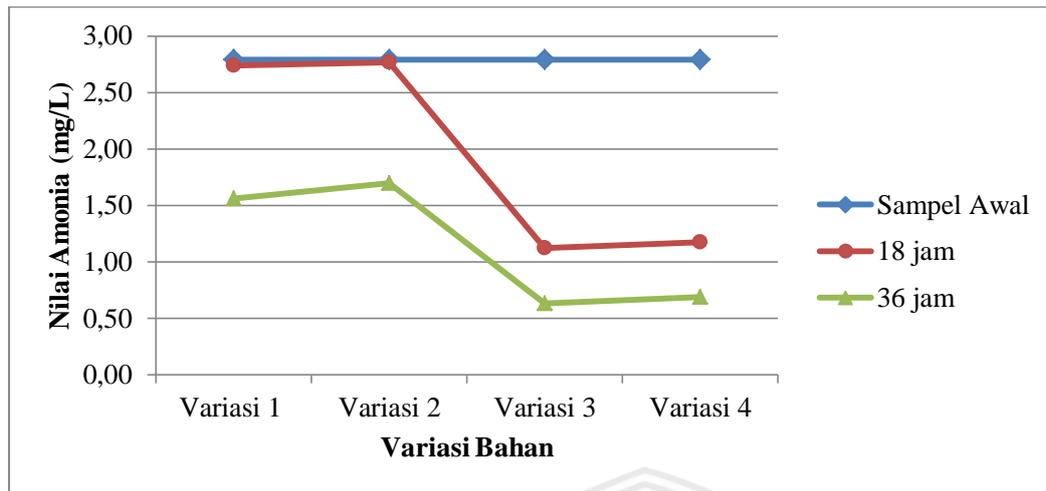
Penurunan nilai Amonia pada batu apung dan batu scoria terjadi karena adanya reaksi kimia yang terjadi antara unsur NH_4OH dengan unsur lainnya. Hal ini bisa dibuktikan dengan hasil uji SEM-EDX dimana dari hasil tersebut diperoleh hasil bahwa kandungan unsur N yang ada di batu apung lebih besar dibandingkan kandungan yang ada di batu scoria. Sehingga penurunan kadar amonia pada batu apung lebih besar dibandingkan dengan batu scoria. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh (Aregu et al, 2018) bahwa batu apung dan batu scoria dapat mengurangi amonia pada limbah domestik.

Menurut penelitian dari (Raya, 2017) menunjukkan bahwa Dari hasil X-RF terdapat 17 unsur yang terdapat Batu Apung yaitu Si, Fe, Ca, Al, K, Ti, Ni, Sr, Mn, P, Ba, Cu, Eu, Re, Cr, Zn dan V. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Apung yaitu Si sebesar 37,6% dan Fe sebesar 25,9%. Sedangkan Batu Scoria menunjukkan 16 unsur yang terdapat yaitu: Si, Fe, Ca, Al, K, Ni, Ti, Sr, Mn, Ba, Cu, Re, Eu, Cr, V, dan Zn. Unsur yang terbesar terdapat dalam Batu Scoria yaitu Si sebesar 35,9% dan Fe sebesar 27,4%. Sehingga penyebab amonia turun karena terjadi reaksi kimia pada batu apung dan batu scoria. Sebagai contoh reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



Sedangkan penambahan zeolit pada variasi bahan filter 3 dan 4 memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan variasi filter 1 dan 2 yang tanpa menggunakan zeolit. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh (Adyaksa, 2017) bahwa zeolit dapat mengurangi kadar amonia pada air limbah. Dalam hal ini konsentrasi amonia turun melalui proses adsorpsi zeolit, karena dalam proses adsorpsi zeolit molekul amonia akan mengisi pori-pori zeolit dimana pada permukaan zeolit sendiri terdapat ion-ion alkali atau hidrogen sebagai pengganti ion amonia yang diserap (Suharto, 1999). Oleh karena itu, semakin banyak volume zeolit, maka semakin banyak molekul ammonia yang mengisi pori-pori permukaan zeolit sehingga kadar ammonia pada limbah cair semakin berkurang setelah melewati media adsorben zeolit.

4.2.10.3 Kesimpulan Hasil Kandungan Amonia pada Air Limbah



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai Amonia
Sumber: Data Penelitian, 2019.

Dari hasil grafik diatas diperoleh nilai amonia yang paling baik saat perendaman 18 jam diantara semua variasi bahan filter dimiliki oleh variasi bahan filter 3 dengan nilai sebesar 1,123 mg/L. Serta, untuk perendaman selama 36 jam hasil yang paling baik juga didapatkan oleh variasi 3 yaitu sebesar 0,630 mg/L. Kemudian untuk hasil penurunan nilai amonia yang paling sedikit dimiliki oleh variasi 2 sebesar 2,768 mg/L saat perendaman 18 jam, dan untuk perendaman selama 36 jam hasil penurunan amonia yang paling sedikit juga dimiliki oleh variasi 2 sebesar 1,696 mg/L. Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai batu apung menghasilkan nilai amonia yang lebih baik dibandingkan variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria saat perendaman selama 18 jam dan 36 jam.

Dari grafik diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi saat perendaman selama 36 jam memiliki hasil yang lebih baik, maka semakin lama limbah direndam akan menghasilkan penurunan nilai amonia yang lebih bagus. Lalu dapat dilihat juga bahwa batu apung lebih bagus penurunannya dibanding dengan batu scoria, begitupun dengan penambahan zeolit batu apung lebih bagus dari batu scoria. Sedangkan jika dilihat penurunan nilai amonia saat perendaman 18 jam menuju 36 jam, penurunan nilai amonia dengan penambahan zeolit lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa zeolit, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan zeolit tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan amonia pada penelitian ini.

Standar baku mutu air kelas III untuk parameter amonia menurut PP No. 82 Tahun 2001 memiliki nilai maksimal - mg/L, sehingga secara keseluruhan hasil nilai amonia yang

diperoleh untuk variasi bahan filter dan variasi waktu sudah sesuai standar baku mutu air kelas III menurut PP No.82 Tahun 2001.

4.3 Efisiensi

Efisiensi yang dilakukan dalam studi ini adalah untuk mengukur tingkat keberhasilan bahan filter setelah dilakukan percobaan variasi bahan dan variasi waktu, serta akan dibandingkan antara output yang dihasilkan terhadap input yang digunakan (air limbah). Efisiensi pengurangan parameter air limbah dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini : Konsentrasi Limbah Awal

$$\text{Efisiensi} = \left| \frac{\text{Konsentrasi Limbah Awal} - \text{Konsentrasi Limbah Akhir}}{\text{Konsentrasi Limbah Awal}} \right| \times 100 \%$$

Menurut Soeparman (2002), tingkat efisiensi IPAL dikelompokkan sebagai berikut:

Sangat Efisien = $x > 80 \%$

Efisien = $60 \% < x \leq 80 \%$

Cukup Efisien = $40 \% < x \leq 60 \%$

Kurang Efisien = $20 \% < x \leq 40 \%$

Tidak Efisien = $x \leq 20 \%$

4.3.1 Efisiensi Nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Contoh perhitungan yang digunakan untuk efisiensi nilai BOD adalah variasi 1 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + kerikil dan perendaman selama 18 jam dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \left| \frac{\text{Konsentrasi Limbah Awal} - \text{Konsentrasi Limbah Akhir}}{\text{Konsentrasi Limbah Awal}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{31,93 - 27,97}{31,93} \right| \times 100 \% \\ &= 12,40 \% \end{aligned}$$

Sehingga, tingkat efisiensi variasi 1 dikelompokkan menjadi tidak efisien karna hasil yang diperoleh $< 20 \%$. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12

Efisiensi Nilai BOD pada Limbah Domestik

No	Kondisi	Nilai BOD		Efisiensi (%)		Kelompok	
		18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam
1	Variasi 1	27,97	23,01	12,40	27,94	Tidak Efisien	Kurang Efisien
2	Variasi 2	29,82	25,01	6,61	21,67	Tidak Efisien	Kurang Efisien
3	Variasi 3	20,15	12,99	36,89	59,32	Kurang Efisien	Cukup Efisien
4	Variasi 4	23,10	14,96	27,65	53,15	Kurang Efisien	Cukup Efisien

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Keterangan Tabel :

- Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil
 Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil
 Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
 Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.3.1.1 Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter BOD

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter BOD. Setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.3.1.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Efisiensi nilai BOD pada variasi bahan 1 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 12,40 % untuk variasi bahan 1 dan 6,61 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 1 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 27,94 % untuk variasi bahan 1 dan 21,67 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 2 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 lebih efisien dalam mengurangi nilai BOD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang

menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.1.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai BOD pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 36,89 % untuk variasi bahan 3 dan 12,40 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 59,32 % untuk variasi bahan 3 dan 27,94 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai BOD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.1.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai BOD pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 27,65 % untuk variasi bahan 4 dan 12,40 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 53,15 % untuk variasi bahan 4 dan 27,94 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai BOD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.1.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai BOD pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 36,89 % untuk variasi bahan 3 dan 6,61 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 59,32 % untuk variasi bahan 3 dan 21,67 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai BOD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.1.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai BOD pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 27,65 % untuk variasi bahan 4 dan 6,61 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 53,15 % untuk variasi bahan 4 dan 21,67 % untuk variasi bahan 2.

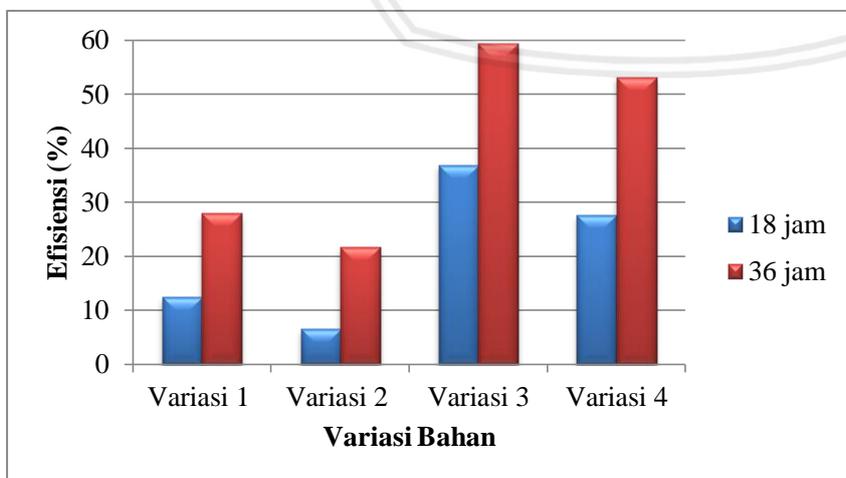
Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai BOD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.1.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai BOD pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 4 yaitu sebesar 36,89 % untuk variasi bahan 3 dan 27,65 % untuk variasi bahan 4. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 4 yaitu sebesar 59,32 % untuk variasi bahan 3 dan 53,15 % untuk variasi bahan 4.

Hasil perbandingan variasi bahan 3 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai BOD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.1.2 Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai BOD pada Air Limbah



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai BOD pada Limbah Domestik
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Gambar 4.13 merupakan hasil dari olahan data dari tabel 4.12, dimana hasil dari efisiensi nilai BOD memiliki nilai yang beragam. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi bahan 3 memiliki presentase penurunan BOD yang lebih tinggi untuk setiap variasi waktu yaitu 18 jam dan 36 jam dengan nilai sebesar 36,89 % dan 59,32 %. Kemudian untuk presentase penurunan BOD yang paling rendah dimiliki oleh variasi bahan 2 yaitu sebesar 6,61 % untuk perendaman 18 jam dan 21,67 % untuk perendaman 36 jam. Sehingga dari grafik diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai tambahan zeolit memiliki efisiensi yang lebih tinggi untuk mengurangi nilai BOD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang tidak menggunakan bahan zeolit. Kemudian semakin lama limbah direndam, maka hasil presentase penurunan nilai BOD nya semakin tinggi atau efisien.

Hasil diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi 1 dan variasi 2 selama perendaman 18 jam termasuk dalam kelompok yang tidak efisien karna nilai presentasenya < 20 %. Lalu untuk variasi 3 dan variasi 4 untuk perendaman selama 18 jam termasuk dalam kelompok kurang efisien karna nilai presentasenya diantara 20 % - 40 %. Begitupun untuk variasi 1 dan variasi 2 selama perendaman 36 jam juga termasuk kelompok kurang efisien karna nilai presentasenya diantara 20 % - 40 %. Kemudian untuk variasi 3 dan variasi 4 dengan perendaman selama 36 jam termasuk kelompok cukup efisien karna nilai presentasenya diantara 40 % - 60 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan nilai BOD mengalami presentasi penurunan yang beragam dari nilai awalnya yang dipengaruhi oleh variasi bahan filter dan variasi waktu perendaman.

4.3.2 Efisiensi Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Contoh perhitungan yang digunakan untuk efisiensi nilai COD adalah variasi 1 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + kerikil dan perendaman selama 18 jam dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \left| \frac{\text{Konsentrasi Limbah Awal} - \text{Konsentrasi Limbah Akhir}}{\text{Konsentrasi Limbah Awal}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{38,40 - 32,00}{38,40} \right| \times 100 \% \\ &= 16,67 \% \end{aligned}$$

Sehingga, tingkat efisiensi variasi 1 dikelompokkan menjadi tidak efisien karna hasil yang diperoleh < 20 %. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13
Efisiensi Nilai COD pada Limbah Domestik

No	Kondisi	Nilai COD		Efisiensi (%)		Kelompok	
		18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam
1	Variasi 1	32,00	28,80	16,67	25,00	Tidak Efisien	Kurang Efisien
2	Variasi 2	35,20	31,20	8,33	18,75	Tidak Efisien	Tidak Efisien
3	Variasi 3	26,40	16,80	31,25	56,25	Kurang Efisien	Cukup Efisien
4	Variasi 4	28,00	20,00	27,08	47,92	Kurang Efisien	Cukup Efisien

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Keterangan Tabel :

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil

Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil

Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.3.2.1 Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter COD

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter COD. Setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.3.2.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Efisiensi nilai COD pada variasi bahan 1 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar

16,67 % untuk variasi bahan 1 dan 8,33 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 1 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 25,00 % untuk variasi bahan 1 dan 18,75 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 2 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 lebih efisien dalam mengurangi nilai COD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.2.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai COD pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 31,25 % untuk variasi bahan 3 dan 16,67 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 56,25 % untuk variasi bahan 3 dan 25,00 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai COD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.2.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai COD pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 27,08 % untuk variasi bahan 4 dan 16,67 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 47,92 % untuk variasi bahan 4 dan 25,00 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai COD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.2.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai COD pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 31,25 % untuk variasi bahan 3 dan 8,33 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman

selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 56,25 % untuk variasi bahan 3 dan 18,75 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai COD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.2.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai COD pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 27,08 % untuk variasi bahan 4 dan 8,33 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 47,92 % untuk variasi bahan 4 dan 18,75 % untuk variasi bahan 2.

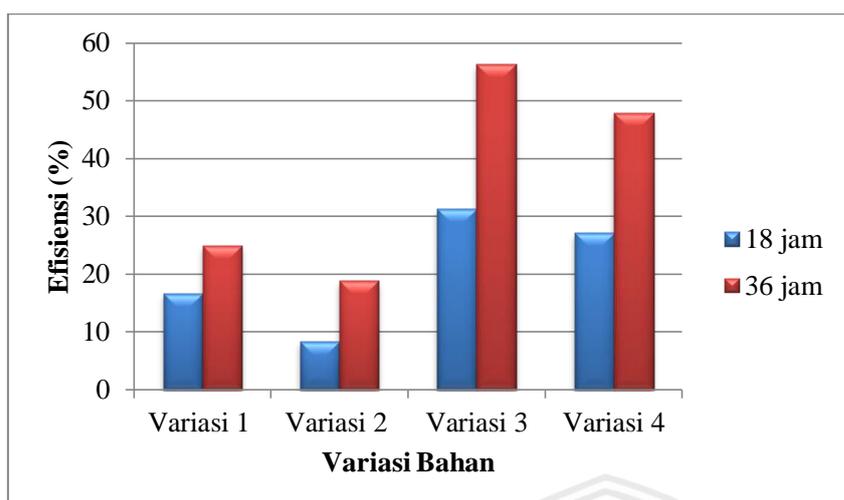
Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai COD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.2.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai COD pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 4 yaitu sebesar 31,25 % untuk variasi bahan 3 dan 27,08 % untuk variasi bahan 4. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 4 yaitu sebesar 56,25 % untuk variasi bahan 3 dan 47,92 % untuk variasi bahan 4.

Hasil perbandingan variasi bahan 3 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai COD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.2.2 Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai COD pada Air Limbah



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai COD pada Limbah Domestik
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Gambar 4.14 merupakan hasil dari olahan data dari tabel 4.13, dimana hasil dari efisiensi nilai COD memiliki nilai yang beragam. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi bahan 3 memiliki presentase penurunan COD yang lebih tinggi untuk setiap variasi waktu yaitu 18 jam dan 36 jam dengan nilai sebesar 31,25 % dan 56,25 %. Kemudian untuk presentase penurunan COD yang paling rendah dimiliki oleh variasi bahan 2 yaitu sebesar 8,33 % untuk perendaman 18 jam dan 18,75 % untuk perendaman 36 jam. Sehingga dari grafik diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai tambahan zeolit memiliki efisiensi yang lebih tinggi untuk mengurangi nilai COD pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang tidak menggunakan bahan zeolit. Kemudian semakin lama limbah direndam, maka hasil presentase penurunan nilai COD nya semakin tinggi atau efisien.

Hasil diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi 1 dan variasi 2 selama perendaman 18 jam termasuk dalam kelompok yang tidak efisien karna nilai presentasinya $< 20\%$. Lalu untuk variasi 3 dan variasi 4 untuk perendaman selama 18 jam termasuk dalam kelompok kurang efisien karna nilai presentasinya diantara $20\% - 40\%$. Sedangkan untuk variasi 1 yang direndam selama 36 jam termasuk dalam kelompok kurang efisien karna nilai presentasi penurunannya diantara $20\% - 40\%$, namun untuk variasi 2 dengan perendaman waktu yang sama termasuk pada kelompok tidak efisien karna memiliki presentase $< 20\%$. Kemudian untuk variasi 3 dan variasi 4 dengan perendaman selama 36 jam termasuk kelompok cukup efisien karna nilai presentasinya diantara $40\% - 60\%$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan nilai COD mengalami presentasi

penurunan yang beragam dari nilai awalnya yang dipengaruhi oleh variasi bahan filter dan variasi waktu perendaman.

4.3.3 Efisiensi Nilai *Total Suspended Solid* (TSS)

Contoh perhitungan yang digunakan untuk efisiensi nilai TSS adalah variasi 1 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + kerikil dan perendaman selama 18 jam dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \left| \frac{\text{Konsentrasi Limbah Awal} - \text{Konsentrasi Limbah Akhir}}{\text{Konsentrasi Limbah Awal}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{38,40 - 32,00}{38,40} \right| \times 100 \% \\ &= 16,67 \% \end{aligned}$$

Sehingga, tingkat efisiensi variasi 1 dikelompokkan menjadi tidak efisien karna hasil yang diperoleh < 20 %. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14

Efisiensi Nilai TSS pada Limbah Domestik

No	Kondisi	Nilai TSS (mg/L)		Efisiensi (%)		Kelompok	
		18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam
1	Variasi 1	10	4	50	80	Cukup Efisien	Efisien
2	Variasi 2	11	6	45	70	Cukup Efisien	Efisien
3	Variasi 3	7	1	65	95	Efisien	Sangat Efisien
4	Variasi 4	9	3	55	85	Cukup Efisien	Sangat Efisien

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Keterangan Tabel:

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil

Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil

Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.3.3.1 Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter TSS

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter TSS. Setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

- Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
- Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
- Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit +

Kerikil.

4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.3.3.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Efisiensi nilai TSS pada variasi bahan 1 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 50 % untuk variasi bahan 1 dan 45 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 1 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 80 % untuk variasi bahan 1 dan 70 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 2 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 lebih efisien dalam mengurangi nilai TSS pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.3.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai TSS pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 65 % untuk variasi bahan 3 dan 50 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 95 % untuk variasi bahan 3 dan 80 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai TSS pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.3.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai TSS pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar

55 % untuk variasi bahan 4 dan 50 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 85 % untuk variasi bahan 4 dan 80 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai TSS pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.3.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai TSS pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 65 % untuk variasi bahan 3 dan 45 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 95 % untuk variasi bahan 3 dan 70 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai TSS pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.3.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai TSS pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 55 % untuk variasi bahan 4 dan 45 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 85 % untuk variasi bahan 4 dan 70 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai TSS pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

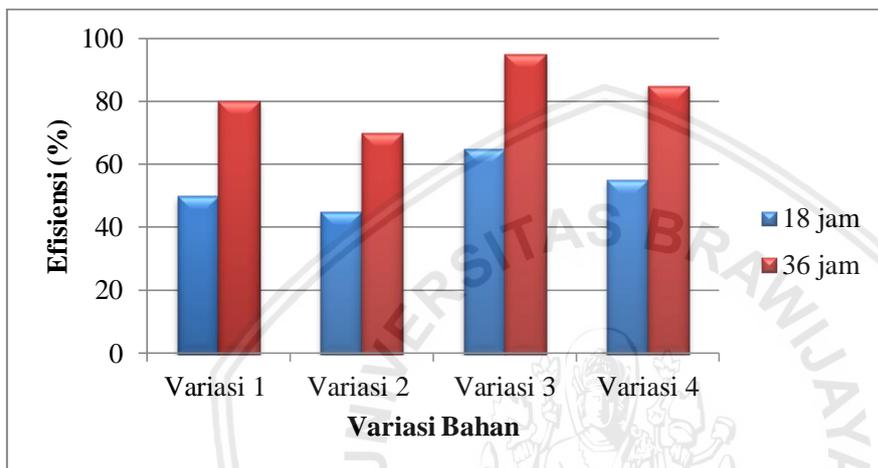
4.3.3.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai TSS pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 4 yaitu sebesar 65 % untuk variasi bahan 3 dan 55 % untuk variasi bahan 4. Lalu untuk perendaman

selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 4 yaitu sebesar 95 % untuk variasi bahan 3 dan 85 % untuk variasi bahan 4.

Hasil perbandingan variasi bahan 3 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai TSS pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.3.2 Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai TSS pada Air Limbah



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai TSS pada Limbah Domestik
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Gambar 4.15 merupakan hasil dari olahan data dari tabel 4.14, dimana hasil dari efisiensi nilai TSS memiliki nilai yang beragam. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi bahan 3 memiliki presentase penurunan TSS yang lebih tinggi untuk setiap variasi waktu yaitu 18 jam dan 36 jam dengan nilai sebesar 65 % dan 95 %. Kemudian untuk presentase penurunan TSS yang paling rendah dimiliki oleh variasi bahan 2 yaitu sebesar 45 % untuk perendaman 18 jam dan 70 % untuk perendaman 36 jam. Sehingga dari grafik diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai tambahan zeolit memiliki efisiensi yang lebih tinggi untuk mengurangi nilai TSS pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang tidak menggunakan bahan zeolit. Kemudian semakin lama limbah diredam, maka hasil presentase penurunan nilai TSS nya semakin tinggi atau efisien.

Hasil diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi 1 dan variasi 2 selama perendaman 18 jam termasuk dalam kelompok yang cukup efisien karna nilai presentasinya diantara 40 % - 60 %. Sedangkan untuk variasi 3 yang diredam selama 18 jam termasuk dalam kelompok efisien karna nilai presentasi penurunannya diantara 60 % - 80 %, namun untuk variasi 4 dengan perendaman waktu yang sama termasuk pada kelompok yang cukup

efisien karna memiliki presentase berada diantara 40 % - 60 %. Lalu untuk variasi 1 dan variasi 2 untuk perendaman selama 36 jam termasuk dalam kelompok yang efisien karna nilai presentasenya diantara 60 % - 80 %. Kemudian untuk variasi 3 dan variasi 4 dengan perendaman selama 36 jam termasuk kelompok yang sangat efisien karna nilai presentasenya > 80 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan nilai TSS mengalami presentasi penurunan yang beragam dari nilai awalnya yang dipengaruhi oleh variasi bahan filter dan variasi waktu perendaman.

4.3.4 Efisiensi Nilai *Dissolved Oxygen* (DO)

Contoh perhitungan yang digunakan untuk efisiensi nilai DO adalah variasi 2 yaitu batu scoria kasar + batu scoria halus + kerikil dan perendaman selama 18 jam dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \left| \frac{\text{Konsentrasi Limbah Awal} - \text{Konsentrasi Limbah Akhir}}{\text{Konsentrasi Limbah Awal}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{7,94 - 7,93}{7,94} \right| \times 100 \% \\ &= 0,13 \% \end{aligned}$$

Sehingga, tingkat efisiensi variasi 2 dikelompokkan menjadi tidak efisien karna hasil yang diperoleh < 20 %. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15

Efisiensi Nilai DO pada Limbah Domestik

No	Kondisi	Nilai DO (mg/L)		Efisiensi (%)		Kelompok	
		18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam
1	Variasi 1	7,94	7,92	0,00	0,25	Tidak Efisien	Tidak Efisien
2	Variasi 2	7,93	7,89	0,13	0,63	Tidak Efisien	Tidak Efisien
3	Variasi 3	7,94	7,91	0,00	0,38	Tidak Efisien	Tidak Efisien
4	Variasi 4	7,93	7,88	0,13	0,76	Tidak Efisien	Tidak Efisien

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Keterangan Tabel :

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil

Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil

Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.3.4.1 Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter DO

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter DO. Setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.

2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.3.4.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Efisiensi nilai DO pada variasi bahan 1 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase nilai DO yang tetap yaitu sebesar 0 % dan untuk variasi bahan 2 nilai DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,13 %. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 1 tidak mengalami penurunan nilai dari nilai awal DO, sehingga efisiensinya 0,25 %. Sedangkan untuk variasi 2 kadar DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,63 %.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 2 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 lebih efisien dalam meningkatkan nilai DO pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.4.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai DO pada variasi bahan 1 dan variasi 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase nilai DO yang sama yaitu 0 %. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 1 mengalami perubahan nilai dari nilai awal DO, sehingga efisiensinya 0,25 %. Sedangkan untuk variasi 3 kadar DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,38 %.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 3 dengan perendaman 18 jam menunjukkan bahwa variasi bahan filter memiliki nilai efisiensi yang sama dalam peningkatan nilai DO, sedangkan untuk perendaman 36 jam, untuk variasi 1 lebih baik dibanding variasi 3.

4.3.4.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai DO pada variasi bahan 1 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase peningkatan nilai DO yang sama, sehingga efisiensinya sebesar 0 % dan untuk variasi bahan 4 nilai DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,13 %. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 1 mengalami perubahan nilai dari nilai awal DO, sehingga efisiensinya 0,25 %. Sedangkan untuk variasi 4, kadar DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,76 %.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 lebih efisien pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.4.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai DO pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase nilai DO yang sama, sehingga efisiensinya sebesar 0 % dan untuk variasi bahan 2 nilai DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,13 %. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 2 mengalami penurunan nilai DO sebesar 0,63 %, Sedangkan untuk variasi 3 kadar DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,38 %.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam meningkatkan nilai DO pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk variasi waktu 18 jam dan 36 jam.

4.3.4.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai DO pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki penurunan nilai presentase nilai DO sehingga efisiensinya sebesar 0,13 % dan untuk variasi bahan 2 nilai DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,13 %. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 2 mengalami penurunan nilai DO sebesar 0,63 %, Sedangkan untuk variasi 4 kadar DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,76 %.

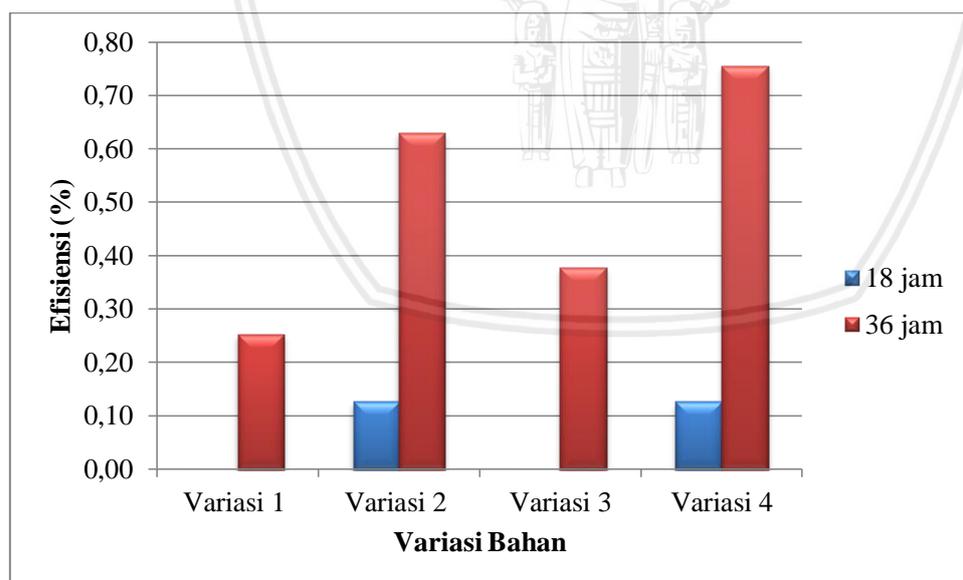
Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 4 dengan perendaman 18 jam dan 36 jam menunjukkan tidak ada variasi bahan filter yang lebih efisien, karna nilai DO yang dimiliki setiap variasi bahan filter mengalami penurunan dari nilai awal DO.

4.3.4.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai DO pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai DO yang sama dari nilai awal, sehingga efisiensinya sebesar 0 % dan untuk variasi bahan 4 nilai DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,13 %. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 mengalami penurunan nilai DO sebesar 0,38 %, Sedangkan untuk variasi 4 kadar DO mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 0,76 %.

Hasil perbandingan variasi bahan 3 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam meningkatkan nilai DO pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 untuk variasi waktu 18 jam. Sedangkan untuk perendaman 36 jam, untuk variasi 3 dan variasi 4 tidak ada variasi yang lebih efisien, karna nilai DO di tiap tiap variasi adalah sama atau lebih sedikit dari nilai awal kandungan DO.

4.3.4.2 Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai DO pada Air Limbah



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai DO pada Limbah Domestik
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Gambar 4.16 merupakan hasil dari olahan data dari tabel 4.15, dimana hasil dari efisiensi nilai DO memiliki nilai yang beragam. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa hasil terbaik dimiliki oleh variasi 1 dan variasi 3 saat perendaman 18 jam, karena memiliki

nilai efisiensi 0%. Pada grafik diatas juga menunjukkan bahwa tidak ada variasi yang dapat menaikkan nilai DO, namun sebaliknya nilai DO hampir semua turun. Oleh karena itu pada grafik diatas nilai efisiensi mengalami minus.

4.3.5 Efisiensi Nilai Nitrit (NO₂)

Contoh perhitungan yang digunakan untuk efisiensi nilai Nitrit adalah variasi 1 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + kerikil dan perendaman selama 18 jam dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \left| \frac{\text{Konsentrasi Limbah Awal} - \text{Konsentrasi Limbah Akhir}}{\text{Konsentrasi Limbah Awal}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{0,049 - 0,045}{0,049} \right| \times 100 \% \\ &= 8,16 \% \end{aligned}$$

Sehingga, tingkat efisiensi variasi 1 dikelompokkan menjadi tidak efisien karna hasil yang diperoleh < 20 %. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16

Efisiensi Nilai Nitrit pada Limbah Domestik

No	Kondisi	Nilai Nitrit (mg/L)		Efisiensi (%)		Kelompok	
		18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam
1	Variasi 1	0,045	0,031	8,16	36,73	Tidak Efisien	Kurang Efisien
2	Variasi 2	0,039	0,033	20,41	32,65	Kurang Efisien	Kurang Efisien
3	Variasi 3	0,033	0,014	32,65	71,43	Kurang Efisien	Efisien
4	Variasi 4	0,024	0,018	51,02	63,27	Cukup Efisien	Efisien

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Keterangan Tabel :

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil

Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil

Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.3.5.1 Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter Nitrit

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter Nitrit. Setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

- Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
- Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
- Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan

Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.3.5.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Efisiensi nilai Nitrit pada variasi bahan 2 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 20,41 % untuk variasi bahan 2 dan 8,16 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 1 memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 36,73 % untuk variasi bahan 1 dan 32,65 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 2 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrit pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk perendaman 18 jam. Namun sebaliknya, untuk perendaman 36 jam, variasi 1 lebih efisien dalam mengurangi nilai nitrit dibandingkan dengan variasi 2.

4.3.5.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai Nitrit pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 32,65 % untuk variasi bahan 3 dan 8,16 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 71,43 % untuk variasi bahan 3 dan 36,73 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrit pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.5.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Nitrit pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 51,02 % untuk variasi bahan 4 dan 58,16 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 63,27 % untuk variasi bahan 4 dan 36,73 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrit pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.5.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai Nitrit pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 32,65 % untuk variasi bahan 3 dan 20,41 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 71,43 % untuk variasi bahan 3 dan 32,65 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrit pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.5.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Nitrit pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 51,02 % untuk variasi bahan 4 dan 20,41 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 63,27 % untuk variasi bahan 4 dan 32,65 % untuk variasi bahan 2.

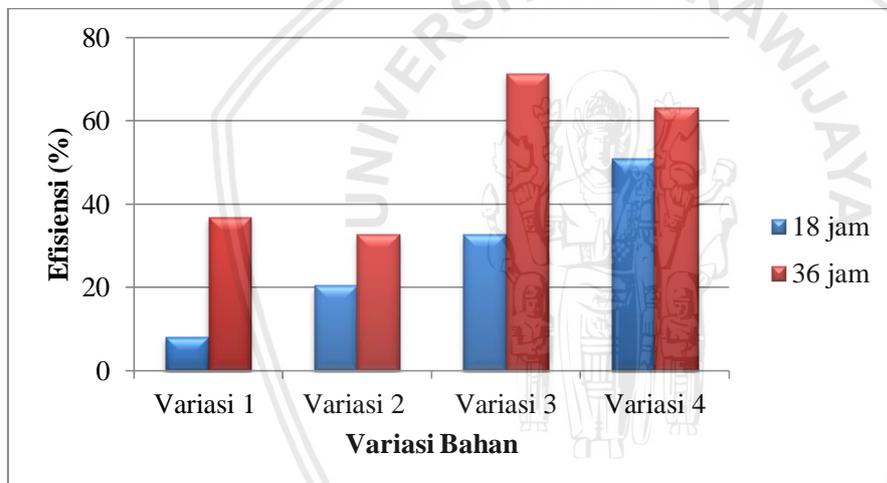
Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrit pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.5.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Nitrit pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 3 yaitu sebesar 51,02 % untuk variasi bahan 4 dan 32,65 % untuk variasi bahan 3. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 4 yaitu sebesar 71,43 % untuk variasi bahan 3 dan 63,27 % untuk variasi bahan 4.

Hasil perbandingan variasi bahan 3 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrit pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 untuk perendaman selama 18 jam. Namun sebaliknya, untuk perendaman 36 jam, variasi 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrit dibandingkan dengan variasi 4.

4.3.5.2 Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai Nitrit pada Air Limbah



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai Nitrit pada Limbah Domestik
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Gambar 4.17 merupakan hasil dari olahan data dari tabel 4.16, dimana hasil dari efisiensi nilai Nitrit memiliki nilai yang beragam. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi bahan 3 memiliki presentase penurunan Nitrit yang lebih tinggi untuk variasi waktu 36 jam dengan nilai sebesar 71,43 %. Namun untuk variasi waktu 18 jam, presentase tertinggi dimiliki oleh variasi 4 dengan nilai sebesar 51,02 %. Kemudian untuk presentase penurunan Nitrit yang paling rendah dimiliki oleh variasi bahan 1 yaitu sebesar 8,16 % untuk perendaman 18 jam dan untuk perendaman 36 jam presentase terendah dimiliki oleh variasi 2 dengan nilai sebesar 32,65 %. Sehingga dari grafik diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai tambahan zeolit memiliki efisiensi yang lebih tinggi untuk mengurangi nilai Nitrit pada limbah domestik daripada variasi

bahan filter yang tidak menggunakan bahan zeolit. Kemudian semakin lama limbah direndam, maka hasil presentase penurunan nilai Nitrit nya semakin tinggi atau efisien.

Hasil diatas juga menunjukkan bahwa variasi 1 selama perendaman 18 jam termasuk dalam kelompok yang tidak efisien karna nilai presentasinya < 20 %. Sedangkan untuk variasi 2 dan variasi 3 yang direndam selama 18 jam termasuk dalam kelompok yang kurang efisien karna nilai presentasi penurunannya diantara 20 % - 40 %, namun untuk variasi 4 dengan perendaman waktu yang sama termasuk pada kelompok yang cukup efisien karna memiliki presentase berada diantara 40 % - 60 %. Lalu untuk variasi 1 dan variasi 2 untuk perendaman selama 36 jam termasuk dalam kelompok yang kurang efisien karna nilai presentasinya diantara 20 % - 40 %. Kemudian untuk variasi 3 dan variasi 4 dengan perendaman selama 36 jam termasuk kelompok yang efisien karna nilai presentasinya diantara 60 % - 80 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan nilai Nitrit mengalami presentasi penurunan yang beragam dari nilai awalnya yang dipengaruhi oleh variasi bahan filter dan variasi waktu perendaman.

4.3.6 Efisiensi Nilai Nitrat (NO₃)

Contoh perhitungan yang digunakan untuk efisiensi nilai Nitrat adalah variasi 1 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + kerikil dan perendaman selama 18 jam dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \left| \frac{\text{Konsentrasi Limbah Awal} - \text{Konsentrasi Limbah Akhir}}{\text{Konsentrasi Limbah Awal}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{0,676 - 0,649}{0,676} \right| \times 100 \% \\ &= 3,99 \% \end{aligned}$$

Sehingga, tingkat efisiensi variasi 1 dikelompokkan menjadi tidak efisien karna hasil yang diperoleh < 20 %. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.17

Efisiensi Nilai Nitrat pada Limbah Domestik

No	Kondisi	Nilai Nitrat (mg/L)		Efisiensi (%)		Kelompok	
		18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam
1	Variasi 1	0,649	0,608	3,99	10,06	Tidak Efisien	Tidak Efisien
2	Variasi 2	0,622	0,554	7,99	18,05	Tidak Efisien	Tidak Efisien
3	Variasi 3	0,432	0,284	36,09	57,99	Kurang Efisien	Cukup Efisien
4	Variasi 4	0,500	0,203	26,04	69,97	Kurang Efisien	Efisien

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Keterangan Tabel :

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil

Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil

Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.3.6.1 Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter Nitrat

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter Nitrat. Setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.3.6.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Efisiensi nilai Nitrat pada variasi bahan 2 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 7,99 % untuk variasi bahan 2 dan 3,99 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 2 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 18,05 % untuk variasi bahan 2 dan 10,06 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 2 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk perendaman 18 jam dan 36 jam.

4.3.6.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai Nitrat pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 36,09 % untuk variasi bahan 3 dan 3,99 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 57,99 % untuk variasi bahan 3 dan 10,06 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.6.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Nitrat pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 26,04 % untuk variasi bahan 4 dan 3,99 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 69,97 % untuk variasi bahan 4 dan 10,06 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.6.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai Nitrat pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 36,09 % untuk variasi bahan 3 dan 7,99 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 57,99 % untuk variasi bahan 3 dan 18,05 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.6.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Nitrat pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 26,04 % untuk variasi bahan 4 dan 7,99 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 69,97 % untuk variasi bahan 4 dan 18,05 % untuk variasi bahan 2.

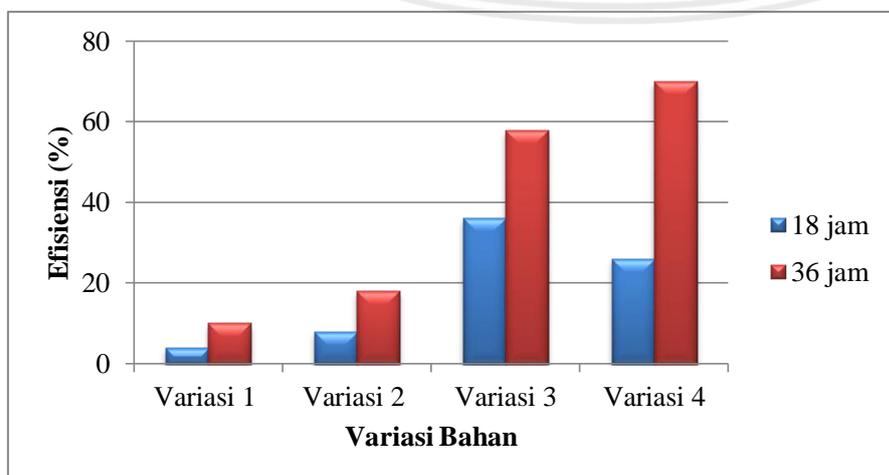
Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.6.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Nitrat pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 4 yaitu sebesar 36,09 % untuk variasi bahan 3 dan 26,04 % untuk variasi bahan 4. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 3 yaitu sebesar 69,97 % untuk variasi bahan 4 dan 57,99 % untuk variasi bahan 3.

Hasil perbandingan variasi bahan 3 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 untuk perendaman selama 18 jam. Namun sebaliknya, untuk perendaman 36 jam, variasi 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Nitrat dibandingkan dengan variasi 3.

4.3.6.2 Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai Nitrat pada Air Limbah



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai Nitrat pada Limbah Domestik
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Gambar 4.18 merupakan hasil dari olahan data dari tabel 4.17, dimana hasil dari efisiensi nilai Nitrat memiliki nilai yang beragam. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi bahan 3 memiliki presentase penurunan Nitrat yang lebih tinggi untuk variasi waktu 18 jam dengan nilai sebesar 36,09 %. Namun untuk variasi waktu 36 jam, presentase tertinggi dimiliki oleh variasi 4 dengan nilai sebesar 69,97 %. Kemudian untuk presentase penurunan Nitrat yang paling rendah dimiliki oleh variasi bahan 1 yaitu sebesar 3,99 % untuk perendaman 18 jam dan untuk perendaman 36 jam presentase terendah juga dimiliki oleh variasi 1 dengan nilai sebesar 10,06 %. Sehingga dari grafik diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai tambahan zeolit memiliki efisiensi yang lebih tinggi untuk mengurangi nilai Nitrat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang tidak menggunakan bahan zeolit. Kemudian semakin lama limbah direndam, maka hasil presentase penurunan nilai Nitrat nya semakin tinggi atau efisien.

Hasil diatas juga menunjukkan bahwa variasi 1 dan variasi 2 selama perendaman 18 jam termasuk dalam kelompok yang tidak efisien karna nilai presentasinya < 20 %. Sedangkan untuk variasi 3 dan variasi 4 yang direndam selama 18 jam termasuk dalam kelompok yang kurang efisien karna nilai presentasi penurunannya diantara 20 % - 40 %, Lalu untuk variasi 1 dan variasi 2 untuk perendaman selama 36 jam termasuk dalam kelompok yang tidak efisien karna nilai presentasinya < 20 %. Kemudian untuk variasi 3 dengan perendaman selama 36 jam memiliki presentase penurunan diantara 40 % - 60 % sehingga dapat dikategorikan kedalam kelompok yang cukup efisien dan variasi 4 dengan perendaman selama 36 jam termasuk kelompok yang efisien karna nilai presentasinya diantara 60 % - 80 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan nilai Nitrat mengalami presentasi penurunan yang beragam dari nilai awalnya yang dipengaruhi oleh variasi bahan filter dan variasi waktu perendaman.

4.3.7 Efisiensi Nilai Fosfat (PO_4)

Contoh perhitungan yang digunakan untuk efisiensi nilai Fosfat adalah variasi 1 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + kerikil dan perendaman selama 18 jam dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \left| \frac{\text{Konsentrasi Limbah Awal} - \text{Konsentrasi Limbah Akhir}}{\text{Konsentrasi Limbah Awal}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{0,279 - 0,248}{0,279} \right| \times 100 \% \\ &= 11,11 \% \end{aligned}$$

Sehingga, tingkat efisiensi variasi 1 dikelompokkan menjadi tidak efisien karna hasil yang diperoleh < 20 %. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18
Efisiensi Nilai Fosfat pada Limbah Domestik

No	Kondisi	Nilai Fosfat (mg/L)		Efisiensi (%)		Kelompok	
		18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam
1	Variasi 1	0,248	0,205	11,11	26,52	Tidak Efisien	Kurang Efisien
2	Variasi 2	0,229	0,186	17,92	33,33	Tidak Efisien	Kurang Efisien
3	Variasi 3	0,167	0,081	40,14	70,97	Cukup Efisien	Efisien
4	Variasi 4	0,143	0,062	48,75	77,78	Cukup Efisien	Efisien

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Keterangan Tabel :

Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil

Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil

Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil

Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.3.7.1 Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter Fosfat

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter Fosfat.

Setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.3.7.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Efisiensi nilai Fosfat pada variasi bahan 2 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 17,92 % untuk variasi bahan 2 dan 11,11 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 2 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 33,33 % untuk variasi bahan 2 dan 26,52 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 2 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 lebih efisien dalam mengurangi nilai Fosfat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk perendaman 18 jam dan 36 jam.

4.3.7.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai Fosfat pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 40,14 % untuk variasi bahan 3 dan 11,11 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 70,97 % untuk variasi bahan 3 dan 26,52 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Fosfat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.7.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Fosfat pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 48,75 % untuk variasi bahan 4 dan 11,11 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 77,78 % untuk variasi bahan 4 dan 26,52 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Fosfat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang

menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.7.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai Fosfat pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 40,14 % untuk variasi bahan 3 dan 17,92 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 70,97 % untuk variasi bahan 3 dan 33,33 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Fosfat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.7.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Fosfat pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 48,75 % untuk variasi bahan 4 dan 17,92 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 77,78 % untuk variasi bahan 4 dan 33,33 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Fosfat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

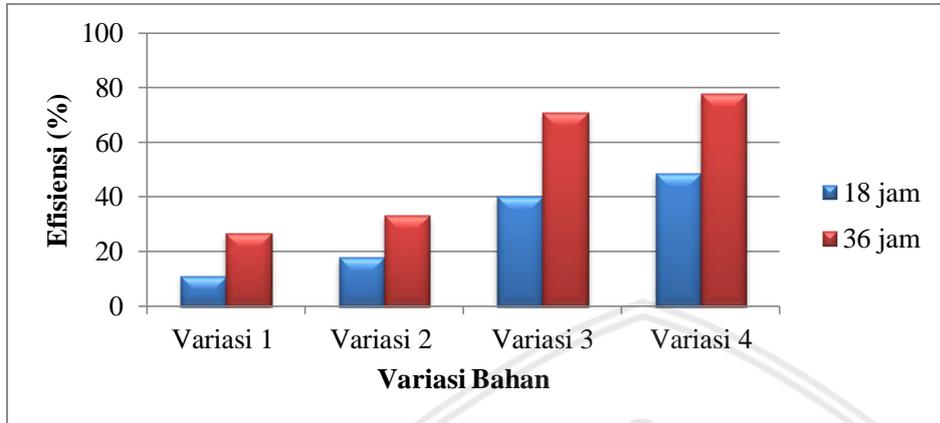
4.3.7.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Fosfat pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 3 yaitu sebesar 48,75 % untuk variasi bahan 3 dan 40,14 % untuk variasi bahan 4. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 3 yaitu sebesar 77,78 % untuk variasi bahan 4 dan 70,97 % untuk variasi bahan 3.

Hasil perbandingan variasi bahan 3 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien

dalam mengurangi nilai Fosfat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 untuk setiap variasi waktu perendaman selama 18 jam dan 36 jam.

4.3.7.2 Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai Fosfat pada Air Limbah



Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai Fosfat pada Limbah Domestik
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Gambar 4.19 merupakan hasil dari olahan data dari tabel 4.18, dimana hasil dari efisiensi nilai Fosfat memiliki nilai yang beragam. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi bahan 4 memiliki presentase penurunan Fosfat yang lebih tinggi untuk variasi waktu 18 jam dan 36 jam dengan nilai sebesar 48,75 % dan 77,78 %. Kemudian untuk presentase penurunan Fosfat yang paling rendah dimiliki oleh variasi bahan 1 yaitu sebesar 11,11 % untuk perendaman 18 jam dan untuk perendaman 36 jam presentase terendah juga dimiliki oleh variasi 1 dengan nilai sebesar 26,52 %. Sehingga dari grafik diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai tambahan zeolit memiliki efisiensi yang lebih tinggi untuk mengurangi nilai Fosfat pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang tidak menggunakan bahan zeolit. Kemudian semakin lama limbah direndam, maka hasil presentase penurunan nilai Fosfat nya semakin tinggi atau efisien.

Hasil diatas juga menunjukkan bahwa variasi 1 dan variasi 2 selama perendaman 18 jam termasuk dalam kelompok yang tidak efisien karna nilai presentasenya < 20 %. Sedangkan untuk variasi 3 dan variasi 4 yang direndam selama 18 jam termasuk dalam kelompok yang cukup efisien karna nilai presentasi penurunannya diantara 40 % - 60 %, Lalu untuk variasi 1 dan variasi 2 untuk perendaman selama 36 jam termasuk dalam kelompok yang kurang efisien karna nilai presentasenya diantara 20 % - 40 %. Kemudian untuk variasi 3 dan variasi 4 untuk perendaman selama 36 jam termasuk dalam kelompok yang efisien karna nilai presentasenya diantara 60 % - 80 %. Sehingga dapat disimpulkan

bahwa secara keseluruhan nilai Fosfat mengalami presentasi penurunan yang beragam dari nilai awalnya yang dipengaruhi oleh variasi bahan filter dan variasi waktu perendaman.

4.3.8 Efisiensi Nilai Amonia (NH₃)

Contoh perhitungan yang digunakan untuk efisiensi nilai Amonia adalah variasi 1 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + kerikil dan perendaman selama 18 jam dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \left| \frac{\text{Konsentrasi Limbah Awal} - \text{Konsentrasi Limbah Akhir}}{\text{Konsentrasi Limbah Awal}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{2,79 - 2,74}{2,79} \right| \times 100 \% \\ &= 1,83 \% \end{aligned}$$

Sehingga, tingkat efisiensi variasi 1 dikelompokkan menjadi tidak efisien karna hasil yang diperoleh < 20 %. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19

Efisiensi Nilai Amonia pada Limbah Domestik

No	Kondisi	Nilai Amonia (mg/L)		Efisiensi (%)		Kelompok	
		18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam	18 Jam	36 Jam
1	Variasi 1	2,739	1,558	1,83	44,16	Tidak Efisien	Cukup Efisien
2	Variasi 2	2,768	1,696	0,79	39,21	Tidak Efisien	Kurang Efisien
3	Variasi 3	1,123	0,63	59,75	77,42	Cukup Efisien	Efisien
4	Variasi 4	1,174	0,688	57,92	75,34	Cukup Efisien	Efisien

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Keterangan Tabel :

- Variasi 1 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil
- Variasi 2 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil
- Variasi 3 = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil
- Variasi 4 = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil

4.3.8.1 Hasil Perbandingan Efisiensi Bahan Filter Parameter Amonia

Variasi bahan filter menunjukkan hasil yang berbeda – beda untuk parameter Amonia. Setiap parameter limbah domestik yang diuji memiliki 6 perbandingan, yaitu:

1. **Variasi 1 dengan Variasi 2** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil.
2. **Variasi 1 dengan Variasi 3** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
3. **Variasi 1 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit +

Kerikil.

4. **Variasi 2 dengan Variasi 3** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil.
5. **Variasi 2 dengan Variasi 4** = Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.
6. **Variasi 3 dengan Variasi 4** = Batu Apung Kasar + Batu Apung Halus + Zeolit + Kerikil dengan Batu Scoria Kasar + Batu Scoria Halus + Zeolit + Kerikil.

4.3.8.1.1 Variasi 1 dengan Variasi 2

Efisiensi nilai Amonia pada variasi bahan 1 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 1,83 % untuk variasi bahan 1 dan 0,79 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 1 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 44,16 % untuk variasi bahan 1 dan 39,21 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 2 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 lebih efisien dalam mengurangi nilai Amonia pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.8.1.2 Variasi 1 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai Amonia pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 59,75 % untuk variasi bahan 3 dan 1,83 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 77,42 % untuk variasi bahan 3 dan 44,16 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Amonia pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.8.1.3 Variasi 1 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Amonia pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 1 yaitu sebesar 57,92 % untuk variasi bahan 4 dan 1,83 % untuk variasi bahan 1. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 1 yaitu sebesar 75,34 % untuk variasi bahan 4 dan 44,16 % untuk variasi bahan 1.

Hasil perbandingan variasi bahan 1 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Amonia pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu apung tanpa zeolit yaitu variasi bahan 1 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.8.1.4 Variasi 2 dengan Variasi 3

Efisiensi nilai Amonia pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 59,75 % untuk variasi bahan 3 dan 0,79 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 77,42 % untuk variasi bahan 3 dan 39,21 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 3 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Amonia pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.8.1.5 Variasi 2 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Amonia pada variasi bahan 4 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 2 yaitu sebesar 57,92 % untuk variasi bahan 4 dan 0,79 % untuk variasi bahan 2. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 4 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 2 yaitu sebesar 75,34 % untuk variasi bahan 4 dan 39,21 % untuk variasi bahan 2.

Hasil perbandingan variasi bahan 2 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 lebih efisien dalam mengurangi nilai Amonia pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang

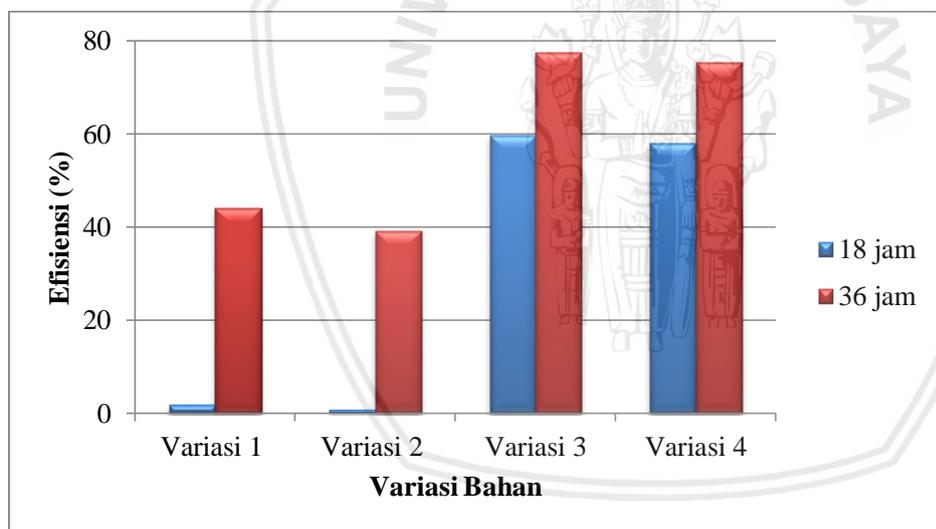
menggunakan batu scoria tanpa zeolit yaitu variasi bahan 2 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.8.1.6 Variasi 3 dengan Variasi 4

Efisiensi nilai Amonia pada variasi bahan 3 dengan perendaman selama 18 jam memiliki nilai presentase yang lebih tinggi dan lebih efisien daripada variasi bahan 4 yaitu sebesar 59,75 % untuk variasi bahan 3 dan 57,92 % untuk variasi bahan 4. Lalu untuk perendaman selama 36 jam, variasi bahan 3 juga memiliki presentase yang lebih efisien dari variasi bahan 4 yaitu sebesar 77,42 % untuk variasi bahan 3 dan 75,34 % untuk variasi bahan 4.

Hasil perbandingan variasi bahan 3 dengan variasi bahan 4 menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang menggunakan batu apung + zeolit yaitu variasi bahan 3 lebih efisien dalam mengurangi nilai Amonia pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang menggunakan batu scoria + zeolit yaitu variasi bahan 4 untuk setiap variasi waktu perendaman yaitu 18 jam dan 36 jam.

4.3.8.2 Kesimpulan Hasil Efisiensi Nilai Amonia pada Air Limbah



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Efisiensi Nilai Amonia pada Limbah Domestik
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Gambar 4.20 merupakan hasil dari olahan data dari tabel 4.19, dimana hasil dari efisiensi nilai Amonia memiliki nilai yang beragam. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi bahan 3 memiliki presentase penurunan Amonia yang lebih tinggi untuk setiap variasi waktu yaitu 18 jam dan 36 jam dengan nilai sebesar 59,75 % dan 77,42 %. Kemudian untuk presentase penurunan Amonia yang paling rendah dimiliki oleh variasi bahan 2 yaitu sebesar 0,79 % untuk perendaman 18 jam dan 39,21 % untuk perendaman 36 jam. Sehingga dari grafik diatas menunjukkan bahwa variasi bahan filter yang memakai

tambahan zeolit memiliki efisiensi yang lebih tinggi untuk mengurangi nilai Amonia pada limbah domestik daripada variasi bahan filter yang tidak menggunakan bahan zeolit. Kemudian semakin lama limbah direndam, maka hasil presentase penurunan nilai Amonia nya semakin tinggi atau efisien.

Hasil diatas juga menunjukkan bahwa semua variasi 1 dan variasi 2 selama perendaman 18 jam termasuk dalam kelompok yang tidak efisien karna nilai presentasinya $< 20\%$. Lalu untuk variasi 3 dan variasi 4 untuk perendaman selama 18 jam termasuk dalam kelompok cukup efisien karna nilai presentasinya diantara $40\% - 60\%$. Sedangkan untuk variasi 1 yang direndam selama 36 jam termasuk dalam kelompok yang cukup efisien karna nilai presentasi penurunannya diantara $40\% - 60\%$, namun untuk variasi 2 dengan perendaman waktu yang sama termasuk pada kelompok kurang efisien karna memiliki presentase diantara $20\% - 40\%$. Kemudian untuk variasi 3 dan variasi 4 dengan perendaman selama 36 jam termasuk kelompok yang efisien karna nilai presentasinya diantara $60\% - 80\%$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan nilai Amonia mengalami presentasi penurunan yang beragam dari nilai awalnya yang dipengaruhi oleh variasi bahan filter dan variasi waktu perendaman.

4.4 Uji SEM-EDX

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang digunakan untuk mengamati permukaan suatu objek atau material secara langsung. Sedangkan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) merupakan suatu teknik analisis yang digunakan untuk menganalisis suatu unsur atau karakteristik kimia dari suatu objek atau sampel, Sehingga biasa disingkat dengan SEM-EDX. Sampel yang akan diuji adalah batu apung dan batu scoria yang ukurannya sebesar 1 cm.

4.4.1 Uji SEM-EDX Sebelum Percobaan

4.4.1.1 Uji SEM-EDX Batu Apung

Uji SEM-EDX untuk batu apung dan scoria sebelum perlakuan penambahan air limbah dilakukan di Laboratorium Sentral dan Mineral Maju Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang pada tanggal 25 Maret 2019. Berikut merupakan tabel dan gambar hasil pengujian SEM-EDX untuk batu apung.

Tabel 4.20

Hasil Analisis Batu Apung dengan SEM-EDX Sebelum Percobaan

Element	Line Type	Weight (%)	Atomic (%)
O	K series	33,68	49,08
Na	K series	5,34	5,42
Mg	K series	1,84	1,76

Lanjutan Tabel 4.20 Hasil Analisis Batu Apung SEM-EDX Sebelum Percobaan

Element	Line Type	Weight (%)	Atomic (%)
Al	K series	10,69	9,24
Si	K series	31,84	26,43
K	K series	2,4	1,43
Ca	K series	4,29	2,5
Mn	K series	0,57	0,24
Fe	K series	9,35	3,91
Matrix		Correction	ZAF

Sumber: Laboratorium Sentral dan Mineral Maju Universitas Negeri Malang, 2019.

Keterangan:

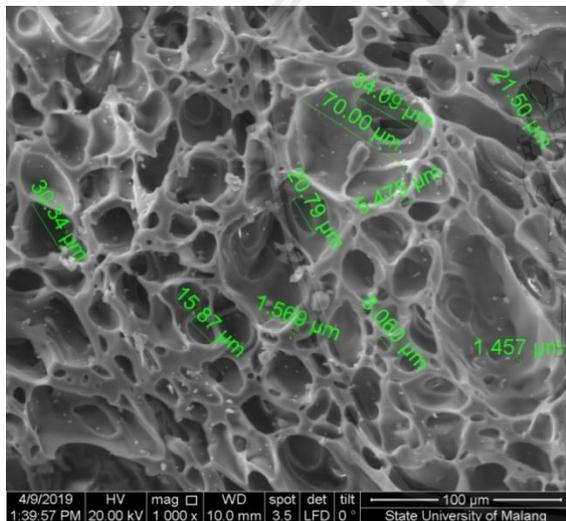
Element : Unsur yang terkandung

Line Type : Kulit Atom

Weight (%) : Persen Massa Unsur pada satu titik penembakan

Atomic (%) : Persen Atom Unsur pada satu titik penembakan

ZAF : Metode Perhitungan



Gambar 4.21 Hasil Uji SEM-EDX Batu Apung dengan Perbesaran 1000 x

Sumber: Laboratorium Sentral dan Mineral Maju FMIPA Universitas Negeri Malang, 2019.

Dari hasil uji SEM-EDX batu apung dapat diketahui bahwa batu apung mengandung Oksigen yang paling tinggi. Terbukti dari hasil uji SEM-EDX tersebut kadar oksigen dalam batu apung paling besar dibanding kandungan yang lainnya. Lalu dari gambar diatas dapat dilihat bahwa batu apung memiliki pori pori yang sangat banyak dan bentuknya teratur. Pada hasil diatas dapat dilihat bahwa batu apung tidak memiliki unsur N dan P, hal ini sesuai karna batu apung sebagai adsorben belum tersentuh oleh limbah domestik.

4.4.1.2 Uji SEM-EDX Batu Scoria

Uji SEM-EDX untuk batu apung dan scoria sebelum perlakuan penambahan air limbah dilakukan di Laboratorium Sentral dan Mineral Maju Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang pada tanggal 25 Maret 2019. Berikut merupakan tabel dan gambar hasil pengujian SEM-EDX untuk batu scoria.

Tabel 4.21

Hasil Analisis Batu Scoria dengan SEM-EDX Sebelum Percobaan

Element	Line Type	Weight (%)	Atomic (%)
O	K series	41,81	56,67
Na	K series	6,23	5,88
Mg	K series	2,52	2,24
Al	K series	8,98	7,22
Si	K series	29,55	22,82
K	K series	2,52	1,4
Ca	K series	3,3	1,79
Fe	K series	5,09	1,98
Matrix	Correction	ZAF	

Sumber: Laboratorium Sentral dan Mineral Maju FMIPA Universitas Negeri Malang, 2019.

Keterangan:

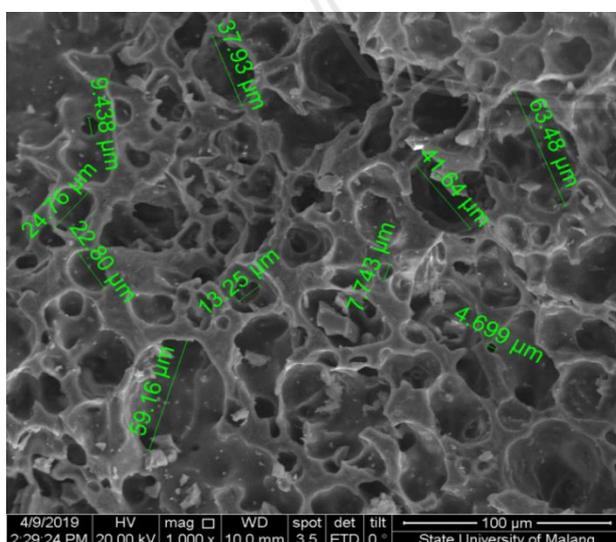
Element : Unsur yang terkandung

Line Type : Kulit Atom

Weight (%) : Persen Massa Unsur pada satu titik penembakan

Atomic (%) : Persen Atom Unsur pada satu titik penembakan

ZAF : Metode Perhitungan



Gambar 4.22 Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria dengan Perbesaran 1000 x

Sumber: Laboratorium Sentral dan Mineral Maju FMIPA Universitas Negeri Malang, 2019.

Dari hasil uji SEM-EDX batu scoria dapat diketahui bahwa batu scoria mengandung Oksigen yang paling tinggi. Terbukti dari hasil uji SEM-EDX tersebut kadar oksigen dalam batu scoria paling besar dibanding kandungan yang lainnya. Lalu dari gambar diatas dapat dilihat bahwa batu scoria memiliki pori pori yang lebih sedikit dan bentuknya kurang teratur. Pada hasil diatas dapat dilihat bahwa batu scoria tidak memiliki unsur N dan P, hal ini sesuai karna batu scoria sebagai adsorben belum tersentuh oleh limbah domestik.

4.4.2 Uji SEM-EDX Setelah Percobaan

Uji SEM-EDX pada batu scoria dan batu apung sesudah diberi perlakuan penambahan limbah domestik dilakukan di Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya pada tanggal 2 Mei 2019. Analisis SEM-EDX dilakukan pada batu scoria dan batu apung pada variasi waktu 36 jam. Hal ini dikarenakan hasil analisis keseluruhan parameter pada perendaman variasi waktu 36 jam memberikan hasil yang lebih baik daripada variasi waktu 18 jam.

4.4.2.1 Uji SEM-EDX Batu Apung

Berikut merupakan tabel dan gambar hasil Uji SEM-EDX pada batu apung setelah diberi limbah domestik selama perendaman 36 jam.

Tabel 4.22

Hasil Analisis Batu Apung dengan SEM-EDX Setelah Percobaan

Element	Line Type	Weight (%)	Atomic (%)
O	K series	50,99	57,34
Na	K series	2,67	2,09
Al	K series	5,65	3,77
Si	K series	18,43	11,81
Ca	K series	2,23	1,00
Fe	K series	3,39	1,09
K	K series	0,85	0,39
N	K series	4,62	5,93
P	K series	0,07	0,09
C	K series	11,01	16,49
Total		100,00	100,00

Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.

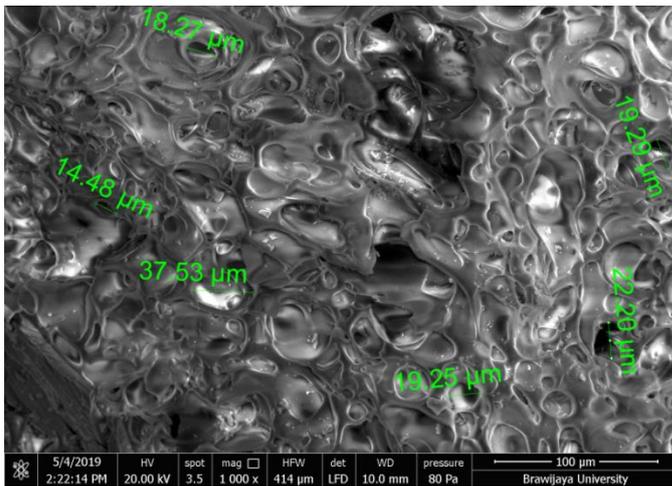
Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

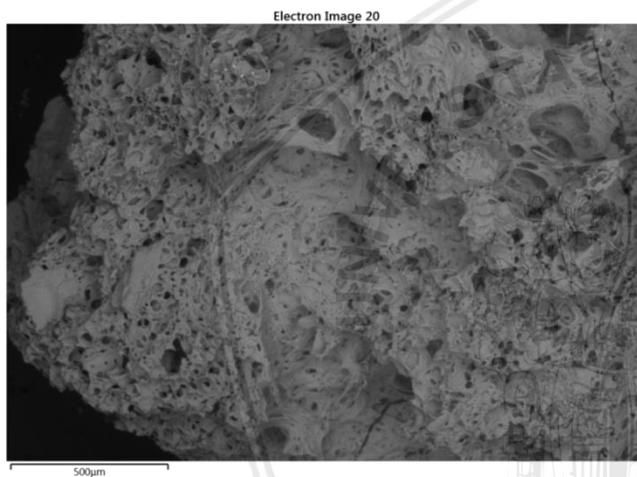
Line Type : Kulit Atom

Weight (%) : Persen Massa Unsur pada satu titik penembakan

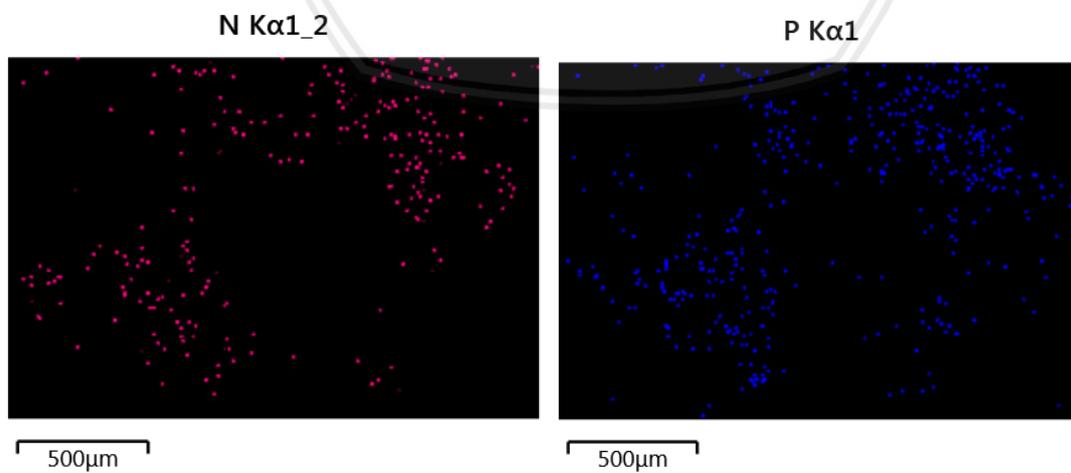
Atomic (%) : Persen Atom Unsur pada satu titik penembakan



Gambar 4.23 Hasil Uji SEM-EDX Batu Apung Setelah Pemberian Air Limbah
 Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.



Gambar 4.24 Hasil Uji SEM-EDX Batu Apung dengan Perbesaran 50 x
 Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.



Gambar 4.25 Titik Penyerapan Kandungan N dan P pada Batu Apung
 Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.

Dari hasil uji SEM-EDX batu apung pada limbah domestik dengan variasi waktu 36 jam. Pada hasil tersebut ditemukan adanya kandungan N dan P pada batu apung, hal ini menunjukkan bahwa batu apung berperan aktif sebagai absorben yang menyerap kandungan N dan P pada limbah domestik, menyebabkan penurunan kadar N dan P sehingga kandungan Fosfat, Nitrat, Nitrit dan Amonia pun ikut berkurang.

4.4.2.2 Uji SEM-EDX Batu Scoria

Berikut merupakan tabel dan gambar hasil Uji SEM-EDX pada batu scoria setelah diberi limbah domestik selama perendaman 36 jam.

Tabel 4.23

Hasil Analisis Batu Scoria dengan SEM-EDX Setelah Percobaan

Element	Line Type	Weight (%)	Atomic (%)
O	K series	51,59	65,11
Al	K series	9,58	7,16
Si	K series	22,71	16,33
Ca	K series	5,50	2,77
Na	K series	2,34	2,06
Fe	K series	4,40	1,59
Mg	K series	0,89	0,74
N	K series	2,91	4,19
P	K series	0,15	0,05
Total		100,00	100,00

Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.

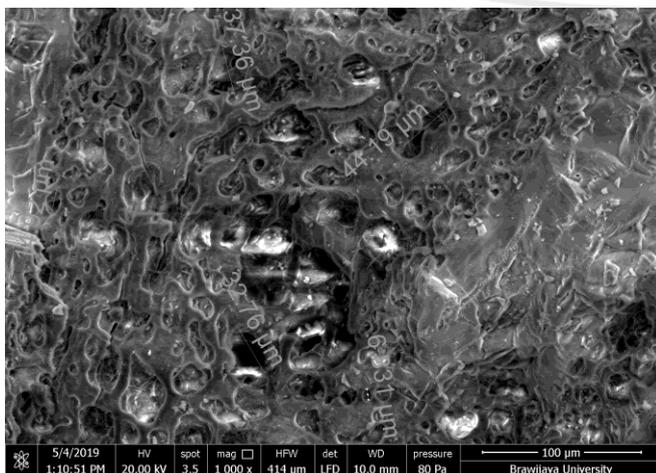
Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

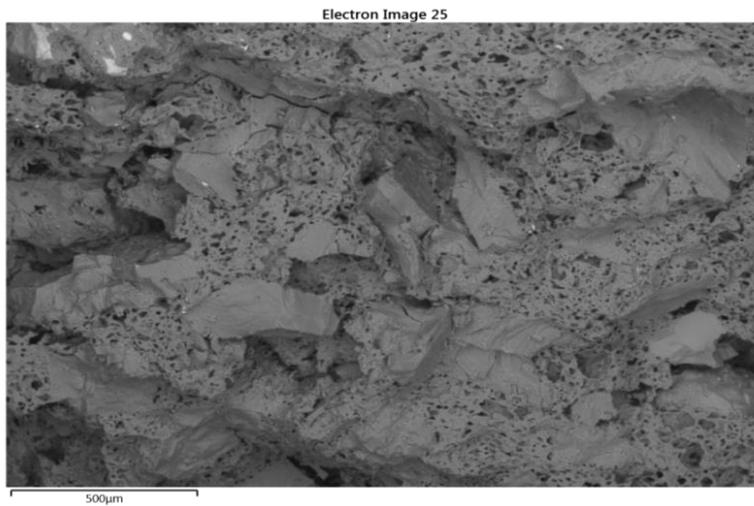
Line Type : Kulit Atom

Weight (%) : Persen Massa Unsur pada satu titik penembakan

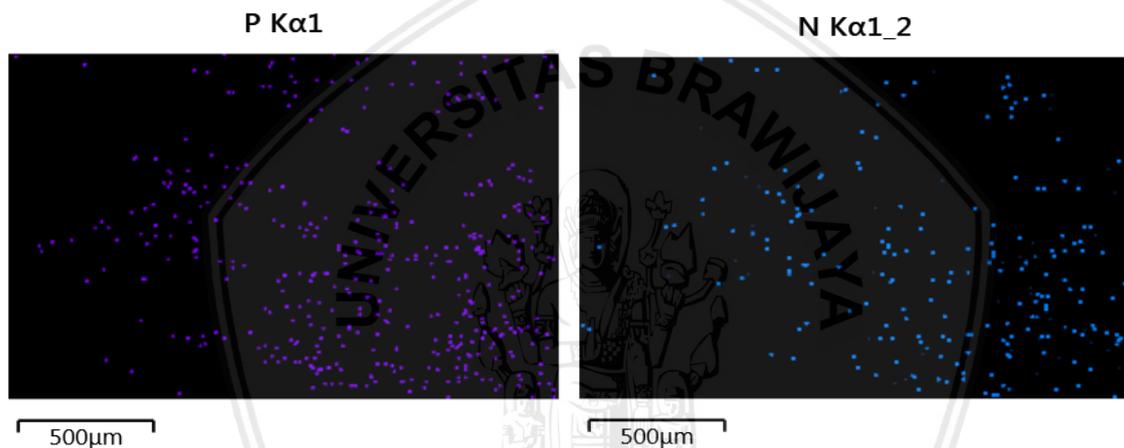
Atomic (%) : Persen Atom Unsur pada satu titik penembakan



Gambar 4.26 Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria Setelah Pemberian Air Limbah
Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.



Gambar 4.27 Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria dengan Perbesaran 50 x
Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.



Gambar 4.28 Titik Penyerapan kandungan N dan P pada Batu Scoria
Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.

Dari hasil uji SEM-EDX batu scoria pada limbah domestik dengan variasi waktu 36 jam. Pada hasil tersebut ditemukan adanya kandungan N dan P pada batu scoria, hal ini menunjukkan bahwa batu scoria berperan aktif sebagai absorben yang menyerap kandungan N dan P pada limbah domestik, menyebabkan penurunan kadar N dan P sehingga kandungan Fosfat, Nitrat, Nitrit dan Amonia pun ikut berkurang.

4.4.2.3 Uji SEM-EDX Batu Scoria Variasi Bahan 3

Berikut merupakan tabel dan gambar hasil Uji SEM-EDX pada batu scoria setelah diberi limbah domestik selama perendaman 36 jam.

Tabel 4.24

Hasil Analisis Batu Scoria Variasi 3 dengan SEM-EDX Setelah Percobaan

Element	Line Type	Weight (%)	Atomic (%)
O	K series	53,35	66,25
Na	K series	3,02	2,61
Al	K series	8,78	6,47
Si	K series	24,18	17,10

Lanjutan Tabel 4.24 Hasil Analisis Batu Scoria Variasi 3 dengan SEM-EDX Setelah Percobaan

Element	Line Type	Weight (%)	Atomic (%)
Ca	K series	4,24	2,10
Fe	K series	3,13	1,12
Mg	K series	0,45	0,37
N	K series	2,78	3,94
P	K series	0,18	0,05
Total		100	100

Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.

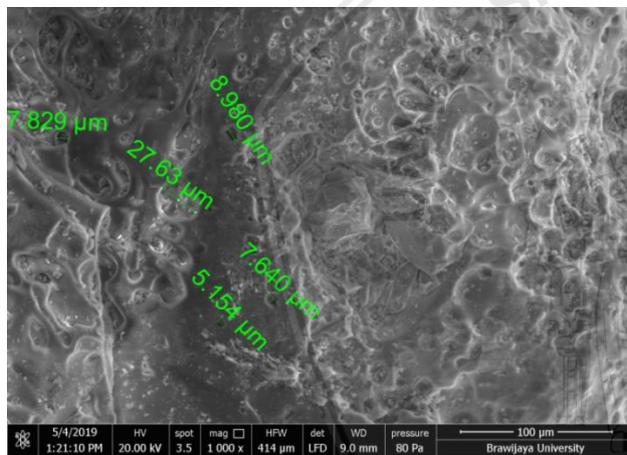
Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

Line Type : Kulit Atom

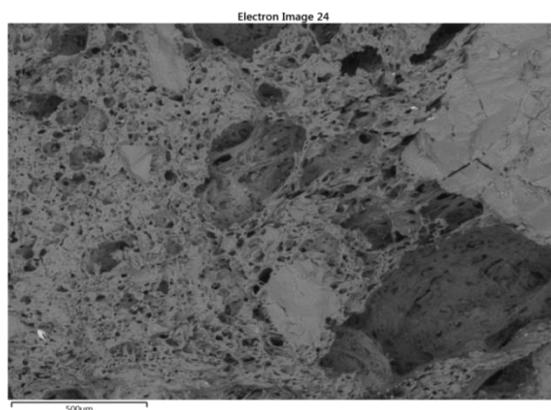
Weight (%) : Persen Massa Unsur pada satu titik penembakan

Atomic (%) : Persen Atom Unsur pada satu titik penembakan



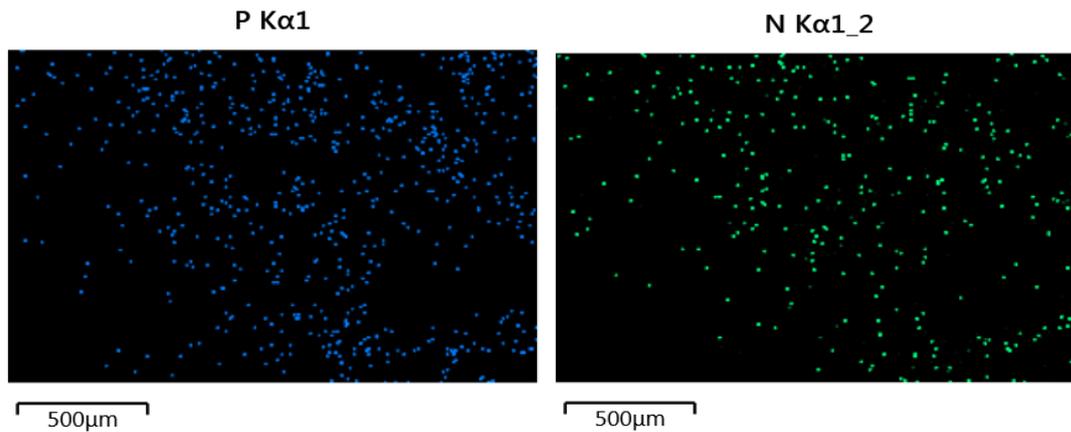
Gambar 4.29 Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria Variasi Bahan 3 Setelah Pemberian Air Limbah

Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.



Gambar 4.30 Hasil Uji SEM-EDX Batu Scoria Variasi Bahan 3 Perbesaran 50 x

Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.



Gambar 4.31 Titik Penyerapan kandungan N dan P pada Batu Scoria Variasi Bahan 3
 Sumber: Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, 2019.

Dari hasil uji SEM-EDX batu scoria yang terletak di variasi bahan 3 (terdapat zeolit) pada limbah domestik dengan variasi waktu 36 jam, pada hasil tersebut ditemukan adanya kandungan N dan P pada batu scoria, hal ini menunjukkan bahwa batu scoria berperan aktif sebagai absorben yang menyerap kandungan N dan P, menyebabkan penurunan kadar N dan P sehingga kandungan Fosfat, Nitrat, Nitrit dan Amonia pun ikut berkurang.

4.4.3 Analisis Kimia Hasil Uji SEM-EDX

Pada hasil perbandingan uji SEM-EDX sebelum dan sesudah percobaan, ditemukan adanya beberapa perbedaan fisik dan kimia untuk batu apung dan batu scoria. Beberapa perbedaan tersebut antara lain:

1. Sebelum batu apung dan batu scoria direndam dengan limbah domestik, hasil dari pengujian SEM-EDX menunjukkan bahwa batu apung dan batu scoria tidak ada kandungan N (Nitrogen) dan P (Fosfor). Namun setelah direndam selama 36 jam, hasil uji SEM-EDX menemukan adanya kandungan N dan P tersebut. Hal ini kemungkinan menunjukkan bahwa batu apung dan batu scoria berperan sebagai adsorben untuk menyerap ion N dan P, sehingga kadar Amonia (NH_3), Nitrit (NO_2), Nitrat (NO_3), dan Fosfat (PO_4) dapat berkurang.
2. Sebelum batu apung dan batu scoria direndam dengan limbah domestik, terlihat tekstur permukaan dari batu apung dan batu scoria yang cukup teratur, pori pori dari setiap batuan pun terlihat jelas dan bersih. Namun setelah adanya perendaman, jika dilihat hasil dari pengujian SEM-EDX terlihat bahwa batu apung dan batu scoria mengalami perubahan tekstur permukaan. Pori pori di setiap permukaan batu apung dan batu scoria terlihat seperti adanya flok flok yang menempel pada pori pori nya, sehingga menutupi pori pori batu apung dan batu scoria. Hal ini disebabkan karna kandungan logam maupun non logam pada limbah domestik, serta batu apung dan

batu scoria dapat menyerap kandungan N dan P sehingga terjadi adanya perubahan tekstur permukaan pada kedua batu tersebut.

Hasil uji SEM-EDX pada batu scoria dan batu apung menunjukkan nilai kandungan N dan P yang relatif kecil dan tidak konstan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal, yaitu:

1. Sampel batu yang digunakan untuk uji SEM-EDX hanya diperlukan sebesar 1 cm. Sehingga kemungkinan sampel yang dipilih untuk uji SEM-EDX memiliki kandungan N dan P yang relatif kecil. Sehingga hasil yang dibaca pun juga kecil nilainya.
2. Pemilihan spot penembakan sinar elektron pada sampel kemungkinan berpengaruh terhadap besar atau kecil nya nilai N dan P karena penembakan elektron dipilih hanya pada 1 titik kecil di sampel batunya.
3. Terbatasnya wilayah cakupan pembacaan hasil karenan wilayah cakupan yang dilakukan tidak dapat memberikan hasil secara menyeluruh dari sampel.

4.5 Uji Statistik

4.5.1 Uji-t

Uji-t termasuk jenis uji untuk sampel kecil. Ukuran sampel kecil: $n < 30$. Uji-t bertujuan untuk mengetahui apakah sampel berasal dari populasi yang sama. Adapun tahapan dalam uji ini sebagai berikut:

1. Membagi data menjadi dua kelompok data dengan jumlah yang setara. Dalam contoh perhitungan ini digunakan sampel nilai pH pada limbah domestik setelah direndam selama 18 jam yang kemudian dibagi menjadi dua kelompok data.

Hipotesa : H_0 : Sampel berasal dari populasi yang sama

H_1 : Sampel tidak berasal dari populasi yang sama

Tabel 4.25

Pembagian Kelompok Sampel Untuk Uji-t Nilai pH pada Limbah Domestik

Kelompok I				Kelompok II			
No.	Variasi Waktu	Variasi Bahan	Nilai pH	No.	Variasi Waktu	Variasi Bahan	Nilai pH
1	18 Jam	Variasi Bahan 1	7,243	3	18 Jam	Variasi Bahan 2	7,246
2		Variasi Bahan 3	7,077	4		Variasi Bahan 4	7,095
		Rerata	7,16			Rerata	7,17
		S1	0,117			S2	0,107
		n1	2			n2	2
		dk1	1			dk2	1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

2. Menghitung nilai rerata tiap kelompok:

$$\begin{aligned}\bar{Y}_1 &= \frac{\sum_{i=1}^N Y_1}{N} \\ &= \frac{14,320}{2} \\ &= 7,160\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{Y}_2 &= \frac{\sum_{i=1}^N Y_1}{N} \\ &= \frac{14,341}{2} \\ &= 7,170\end{aligned}$$

3. Menghitung standar deviasi kedua kelompok data:

$$S_d = \left| \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}{N-1} \right|^{0,5}$$

$$S_{d1} = 0,117$$

$$S_{d2} = 0,107$$

4. Menentukan nilai n1 dan n2 serta nilai dk1 dan dk2:

$$dk = n-1$$

$$n_1 = 2 ; dk_1 = 1$$

$$n_2 = 2 ; dk_2 = 1$$

5. Menghitung deviasi standar populasi:

$$\begin{aligned}\sigma &= \left| \frac{N_1 S_{d1}^2 + N_2 S_{d2}^2}{N_1 + N_2 - 2} \right|^{\frac{1}{2}} \\ &= \left| \frac{2 \times 0,117^2 + 2 \times 0,107^2}{2 + 2 - 2} \right|^{\frac{1}{2}} \\ &= 0,159\end{aligned}$$

6. Menghitung nilai t_{hitung} :

$$t_{hitung} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \left| \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right|^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{|7,160 - 7,170|}{0,159 \left| \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right|^{\frac{1}{2}}}$$

$$= 0,0662$$

7. Menghitung t_{tabel} atau t_c (t_{kritis}) berdasarkan nilai pada Tabel Nilai Kritis t_c dengan nilai $dk = 2$ dengan uji satu sisi derajat kepercayaan (α) = 5% diperoleh nilai $t_c = 2,920$. Dengan demikian, nilai yang diperoleh $t_{\text{hitung}} < t_c$ ($0,0662 < 2,920$). Berdasarkan uji satu sisi, maka H_0 diterima. Dengan kata lain, **sampel berasal dari populasi yang sama.**
8. Menghitung Uji-t untuk seluruh variasi bahan filter dan variasi waktu pada seluruh parameter limbah domestik seperti tahapan di atas. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Lampiran 1.**

Tabel 4.26
Rekapitulasi Hasil Uji-t

No.	Variasi Waktu	Parameter	t_{hitung}	α	t_c	Keterangan
1	18 Jam	pH	0,066	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
2		Suhu	0,707	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
3		BOD	0,329	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
4		COD	0,372	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
5		DO	2,000	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
6		TSS	0,588	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
7		Nitrit	0,552	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
8		Nitrat	0,116	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
9		Amonia	0,025	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
10		Fosfat	0,257	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
11	36 Jam	pH	0,521	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
12		Suhu	0,949	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
13		BOD	0,198	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
14		COD	0,241	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
15		DO	1,789	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
16		TSS	0,667	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
17		Nitrit	0,187	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
18		Nitrat	0,200	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
19		Amonia	0,101	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama
20		Fosfat	0,153	5%	2,920	Berasal Dari Populasi Yang Sama

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

9. Berdasarkan Tabel 4.27 dapat diketahui bahwa keseluruhan sampel berasal dari populasi yang sama dengan menunjukkan bahwa $t_{\text{hitung}} < t_c$ pada uji satu sisi derajat kepercayaan 5%.

4.5.2 Uji Z

Uji Z digunakan untuk mengetahui apakah kedua rerata kelompok data tersebut tidak berbeda secara nyata (*significant*). Adapun tahapan dalam uji ini sebagai berikut:

1. Membagi data menjadi dua kelompok data dengan jumlah yang setara. Dalam contoh perhitungan ini digunakan sampel nilai pH pada limbah Domestik setelah direndam selama 18 jam dan 36 jam yang kemudian dibagi menjadi dua kelompok data.

Hipotesa : H_0 : rerata kelompok sampel tidak berbeda secara nyata

H_1 : rerata kelompok sampel berbeda secara nyata

Tabel 4.27

Pembagian Kelompok Sampel untuk Uji-Z Nilai pH pada Limbah Domestik

Kelompok I				Kelompok II			
No.	Variasi Waktu	Variasi Bahan	Nilai pH	No.	Variasi Waktu	Variasi Bahan	Nilai pH
1	18 Jam	Variasi Bahan 1	7,243	5	36 Jam	Variasi Bahan 1	7,034
2		Variasi Bahan 2	7,246	6		Variasi Bahan 2	7,04
3		Variasi Bahan 3	7,077	7		Variasi Bahan 3	7,014
4		Variasi Bahan 4	7,095	8		Variasi Bahan 4	7,026
	Rerata		7,165		Rerata		7,029
	S1		0,092		S2		0,011
	n1		4		n2		4
	dk1		3		dk2		3

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

2. Menghitung nilai rerata tiap kelompok:

$$\begin{aligned}\bar{Y}_1 &= \frac{\sum_{i=1}^N Y_1}{N} \\ &= \frac{28,661}{4} \\ &= 7,165\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{Y}_2 &= \frac{\sum_{i=1}^N Y_2}{N} \\ &= \frac{28,114}{4} \\ &= 7,028\end{aligned}$$

3. Menghitung standar deviasi kedua kelompok data:

$$S_d = \left| \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}{N - 1} \right|^{0,5}$$

$$S_{d1} = 0,092$$

$$S_{d2} = 0,011$$

4. Menentukan nilai n_1 dan n_2 serta nilai dk_1 dan dk_2 :

$$dk = n-1$$

$$n_1 = 4 ; dk_1 = 3$$

$$n_2 = 4 ; dk_2 = 3$$

5. Menghitung deviasi standar populasi:

$$S_d = \sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}$$

$$= 0,046$$

6. Menghitung nilai Z_m :

$$Z_m = \left| \frac{\mu_1 - \mu_2}{S_d} \right|$$

$$= 2,957$$

7. Menghitung Z_{tabel} atau Z_c (Z_{kritis}) berdasarkan nilai pada Tabel Nilai Kritis Z_c dengan dengan uji satu sisi derajat kepercayaan (α) = 5% diperoleh nilai $Z_c = 1,645$. Dengan demikian, nilai yang diperoleh $Z_{hitung} > Z_c$ ($2,957 > 1,645$). Berdasarkan uji satu sisi, maka H_0 ditolak. Dengan kata lain, **rerata kelompok sampel berbeda secara nyata**.
8. Menghitung Uji Z untuk seluruh variasi bahan filter dan variasi waktu pada seluruh parameter limbah domestik seperti tahapan di atas. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Tabel 4.28

Rekapitulasi Hasil Uji Z

No	Parameter	Zm	α	Zc	Keterangan
1	pH	2,957	5%	1,645	Rerata Berbeda Secara Nyata
2	Suhu	4,431	5%	1,645	Rerata Berbeda Secara Nyata
3	Bod	1,698	5%	1,645	Rerata Berbeda Secara Nyata
4	COD	1,558	5%	1,645	Rerata Tidak Berbeda Secara Nyata
5	DO	2,216	5%	1,645	Rerata Berbeda Secara Nyata
6	TSS	4,271	5%	1,645	Rerata Berbeda Secara Nyata
7	Nitrit	1,731	5%	1,645	Rerata Berbeda Secara Nyata

Lanjutan Tabel 4.28 Rekapitulasi Hasil Uji Z

No	Parameter	Z _m	α	Z _c	Keterangan
8	Nitrat	1,239	5%	1,645	Rerata Tidak Berbeda Secara Nyata
9	Amonia	1,491	5%	1,645	Rerata Tidak Berbeda Secara Nyata
10	Fosfat	1,439	5%	1,645	Rerata Tidak Berbeda Secara Nyata

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

9. Berdasarkan Tabel 4.29 dapat diketahui bahwa rerata kedua kelompok keseluruhan sampel antara variasi waktu 18 jam dengan variasi waktu 36 jam memiliki rerata yang berbeda secara nyata (*significant*) dengan menunjukkan bahwa $Z_m > Z_c$ pada uji satu sisi derajat kepercayaan 5%. Namun, limbah domestik dengan parameter COD, Nitrat, Amonia, dan Fosfat menunjukkan hasil rerata kedua kelompok menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara nyata. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan variasi waktu 18 jam dengan 36 jam pada parameter tersebut tidak menunjukkan perbedaan hasil yang mencolok.

4.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari setiap parameter terhadap hasil terbaik untuk batu apung dan batu scoria, variasi bahan filter, dan variasi waktu.

Tabel 4.29

Rekapitulasi Batu apung dan Batu Scoria untuk Setiap Parameter

No.	Parameter Uji	Satuan	Batu Apung	Batu Scoria
1	pH	-	√	
2	Suhu	°C		√
3	BOD	mg/L	√	
4	COD	mg/L	√	
5	DO	mg/L	√	
6	TSS	mg/L	√	
7	Amonia	mg/L	√	
8	Nitrat	mg/L		√
9	Nitrit	mg/L	√	
10	Fosfat	mg/L		√

Sumber: Data Penelitian, 2019.

Tabel 4.29 menunjukkan hasil terbaik dari batu apung dan batu scoria terhadap parameter penelitian. Dari hasil penelitian diatas membuktikan bahwa batu apung dan batu scoria berpengaruh terhadap penyerapan limbah domestik. Dari tabel diatas juga menunjukkan bahwa secara umum batu apung lebih bagus dalam penyerapan limbah domestik dibanding dengan batu scoria karena 7 dari 10 parameter menunjukkan bahwa

batu apung memiliki hasil yang lebih baik dibanding dengan batu scoria. Ketujuh parameter tersebut adalah pH, BOD, COD, DO, TSS, Amonia, dan Nitrit.

Tabel 4.30

Rekapitulasi Seluruh Variasi Bahan Filter untuk Setiap Parameter

No.	Parameter Uji	Satuan	Batu Apung	Batu Scoria	Batu Apung + Zeolit	Batu Scoria + Zeolit
1	pH	-			√	
2	Suhu	°C		√		
3	BOD	mg/L			√	
4	COD	mg/L			√	
5	DO	mg/L	√			
6	TSS	mg/L			√	
7	Amonia	mg/L			√	
8	Nitrat	mg/L				√
9	Nitrit	mg/L			√	
10	Fosfat	mg/L				√

Sumber: Data Penelitian, 2019.

Tabel 4.30 menunjukkan hasil terbaik dari setiap parameter terhadap variasi bahan filter yang digunakan. Dari penelitian diatas membuktikan bahwa batu apung dan batu scoria berpengaruh terhadap penyerapan limbah domestik dan penambahan zeolit pun berpengaruh dalam memperbesar penyerapan pada limbah domestik. Kemudian secara umum variasi bahan filter yang paling bagus diantara keempat variasi tersebut dimiliki oleh variasi 3 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + zeolit karena 6 dari 10 parameter menunjukkan bahwa variasi 3 memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan 3 parameter lainnya. Keenam parameter tersebut adalah pH, BOD, COD, TSS, Amonia, dan Nitrit.

Tabel 4.31

Rekapitulasi Seluruh Variasi Waktu untuk Setiap Parameter

No.	Parameter Uji	Satuan	18 jam	36 jam
1	pH	-		√
2	Suhu	°C		√
3	BOD	mg/L		√
4	COD	mg/L		√
5	DO	mg/L	√	
6	TSS	mg/L		√
7	Amonia	mg/L		√
8	Nitrat	mg/L		√
9	Nitrit	mg/L		√
10	Fosfat	mg/L		√

Sumber: Data Penelitian, 2019.

Tabel 4.31 menunjukkan rekapitulasi variasi waktu terbaik untuk seluruh parameter. Dari tabel dapat dilihat bahwa secara umum variasi waktu 36 jam lebih bagus dibandingkan dengan variasi waktu 18 jam, karena 9 dari 10 parameter menunjukkan bahwa

variasi waktu 36 jam memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan variasi waktu 18 jam. Kesembilan parameter tersebut adalah pH, suhu, BOD, COD, TSS, Amonia, Nitrat, Nitrit, dan Fosfat.



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi bahan filter dan variasi waktu yang paling optimal untuk mengurangi kandungan dari setiap parameter memiliki hasil yang berbeda-beda.
 - a. Hasil nilai pH yang paling bagus untuk variasi waktu 18 jam adalah sebesar 7,077 dan untuk 36 jam sebesar 7,040 dari nilai awal yakni 7,699 yang diperoleh dari variasi 3 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + kerikil. Serta untuk efisiensi selama 18 jam dan 36 jam yang paling tinggi sebesar 8,08 % dan 8,90 % yang diperoleh dari variasi bahan filter 3.
 - b. Hasil nilai suhu yang paling bagus untuk variasi 18 jam dan 36 jam adalah sebesar 25,6 °C dan 26 °C dari nilai awal yakni 26 °C yang diperoleh dari variasi 2 yaitu batu scoria kasar + batu scoria halus + kerikil. Serta untuk efisiensi selama 18 jam dan 36 jam yang paling tinggi sebesar 4,49 % dan 6,12 % yang diperoleh dari variasi bahan filter 2.
 - c. Hasil nilai BOD yang paling bagus untuk variasi 18 jam dan 36 jam adalah sebesar 20,15 mg/L dan 12,99 mg/L dari nilai awal yakni 31,93 mg/L yang diperoleh dari variasi 3 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + zeolit + kerikil. Serta untuk efisiensi selama 18 jam dan 36 jam yang paling tinggi sebesar 36,89 % dan 59,32 % yang diperoleh dari variasi bahan filter 3.
 - d. Hasil nilai COD yang paling bagus untuk variasi 18 jam dan 36 jam adalah sebesar 26,40 mg/L dan 16,80 mg/L dari nilai awal yakni 38,40 mg/L yang diperoleh dari variasi 3 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + zeolit + kerikil. Serta untuk efisiensi selama 18 jam dan 36 jam yang paling tinggi sebesar 31,25 % dan 56,25 % yang diperoleh dari variasi bahan filter 3.
 - e. Hasil nilai DO cenderung tetap atau tidak mengalami perubahan yang signifikan disebabkan karna air limbah yang dituang kedalam filter tidak dialirkan melainkan hanya direndam, sehingga tidak ada proses pengambilan oksigen dari udara menuju ke filter air.

- f. Hasil nilai TSS yang paling bagus untuk variasi 18 jam dan 36 jam adalah sebesar 7 mg/L dan 1 mg/L dari nilai awal yakni 20 mg/L yang diperoleh dari variasi 3 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + zeolit + kerikil. Serta untuk efisiensi selama 18 jam dan 36 jam yang paling tinggi sebesar 65 % dan 95 % yang diperoleh dari variasi bahan filter 3.
- g. Hasil nilai Amonia yang paling bagus untuk variasi 18 jam dan 36 jam adalah sebesar 1,123 mg/L dan 0,630 mg/L dari nilai awal yakni 2,79 mg/L yang diperoleh dari variasi 3 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + zeolit + kerikil. Serta untuk efisiensi selama 18 jam dan 36 jam yang paling tinggi sebesar 59,75 % dan 77,42 % yang diperoleh dari variasi bahan filter 3.
- h. Hasil nilai Nitrit yang paling bagus untuk variasi 18 jam sebesar 0,024 mg/L yang diperoleh dari variasi 4 yaitu batu scoria kasar + batu scoria halus + zeolit + kerikil dan untuk variasi 36 jam sebesar 0,014 mg/L yang diperoleh dari variasi 3 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + zeolit + kerikil dari nilai awal yakni 0,049 mg/L. Serta untuk efisiensi selama 18 jam dan 36 jam yang paling tinggi sebesar 51,02 % dari variasi bahan 4 dan 71,43 % yang diperoleh dari variasi bahan filter 3.
- i. Hasil nilai Nitrat yang paling bagus untuk variasi 18 jam sebesar 0,432 mg/L yang diperoleh dari variasi 3 yaitu batu apung kasar + batu apung halus + zeolit + kerikil dan untuk variasi 36 jam sebesar 0,203 mg/L yang diperoleh dari variasi 4 yaitu batu scoria kasar + batu scoria halus + zeolit + kerikil dari nilai awal yakni 0,676 mg/L. Serta untuk efisiensi selama 18 jam dan 36 jam yang paling tinggi sebesar 36,09 % dari variasi bahan 3 dan 69,97 % yang diperoleh dari variasi bahan filter 4.
- j. Hasil nilai Fosfat yang paling bagus untuk variasi 18 jam sebesar 0,143 mg/L yang diperoleh dari variasi 4 yaitu batu scoria kasar + batu scoria halus + zeolit + kerikil dan untuk variasi 36 jam sebesar 0,062 mg/L yang diperoleh dari variasi 4 yaitu batu scoria kasar + batu scoria halus + zeolit + kerikil dari nilai awal yakni 0,279 mg/L. Serta untuk efisiensi selama 18 jam dan 36 jam yang paling tinggi sebesar 48,75 % dari variasi bahan 4 dan 77,78 % yang diperoleh dari variasi bahan filter 4.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada limbah domestik, waktu yang paling optimal antara 18 jam dan 36 jam untuk menurunkan setiap parameter limbah yang akan diuji

adalah variasi waktu 36 jam. Dari 10 parameter yang diuji, variasi waktu 36 jam adalah waktu terbaik untuk menurunkan 9 dari 10 parameter yang diuji antara lain pH, Suhu, BOD, COD, TSS, Amonia, Nitrit, Nitrat, dan Fosfat. Sedangkan untuk parameter DO variasi waktu yang paling bagus atau tidak berkurang adalah variasi 18 jam.

3. Penelitian ini menunjukkan hasil yang berbeda-beda sesuai dengan standar baku mutu air yang ditentukan sesuai PP No. 82 Tahun 2001. Berikut merupakan hasil dari setiap parameter yang diuji.
 - a. Hasil nilai pH yang telah diuji berada dikisaran angka 7, sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai pH untuk kelas III adalah antara 7-9, sehingga nilai pH sudah memenuhi PP No. 82 Tahun 2001.
 - b. Hasil nilai suhu yang telah diuji berada dikisaran angka 25-26 °C, sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai suhu untuk kelas III adalah deviasi 3 dari nilai suhu ruangan, dimana nilai suhu ruangan pada hari saat diuji sampel air limbah sebesar 26 °C. sehingga nilai suhu sudah memenuhi PP No. 82 Tahun 2001.
 - c. Hasil nilai BOD paling kecil yang telah diuji sebesar 12,99 mg/L. Sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai BOD maksimal untuk kelas III adalah 6 mg/L, sehingga nilai BOD belum memenuhi PP No. 82 Tahun 2001. Namun secara keseluruhan variasi bahan filter dapat menurunkan nilai BOD.
 - d. Hasil nilai COD paling kecil yang telah diuji sebesar 16,80 mg/L. Sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai COD maksimal untuk kelas III adalah 50 mg/L, sehingga nilai BOD sudah memenuhi PP No. 82 Tahun 2001.
 - e. Hasil nilai DO paling besar yang telah diuji sebesar 7,94 mg/L. Sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai DO minimal untuk kelas III adalah 3 mg/L, sehingga nilai DO sudah memenuhi PP No. 82 Tahun 2001.
 - f. Hasil nilai TSS paling kecil yang telah diuji sebesar 1 mg/L. Sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai TSS maksimal untuk kelas III adalah 400 mg/L, sehingga nilai TSS sudah memenuhi PP No. 82 Tahun 2001.
 - g. Hasil nilai Amonia paling kecil yang telah diuji sebesar 0,63 mg/L. Sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai Amonia

maksimal untuk kelas III adalah 0,5 mg/L, sehingga nilai Amonia belum memenuhi PP No. 82 Tahun 2001. Namun secara keseluruhan variasi bahan filter dapat menurunkan nilai Amonia.

- h. Hasil nilai Nitrit paling kecil yang telah diuji sebesar 0,014 mg/L. Sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai Nitrit maksimal untuk kelas III adalah 0,06 mg/L, sehingga nilai Nitrit sudah memenuhi PP No. 82 Tahun 2001.
 - i. Hasil nilai Nitrat paling kecil yang telah diuji sebesar 0,203 mg/L. Sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai Nitrat maksimal untuk kelas III adalah 20 mg/L, sehingga nilai Nitrat sudah memenuhi PP No. 82 Tahun 2001.
 - j. Hasil nilai Fosfat paling kecil yang telah diuji sebesar 0,062 mg/L. Sehingga menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang standar baku mutu air nilai Fosfat maksimal untuk kelas III adalah 1 mg/L, sehingga nilai Fosfat sudah memenuhi PP No. 82 Tahun 2001.
4. Hasil analisis uji SEM-EDX pada batu scoria dan batu apung terhadap limbah domestik menunjukkan adanya perubahan pada batu scoria dan apung sebelum dan sesudah direndam dengan limbah domestik. Hasil Uji SEM-EDX pada batu scoria dan batu apung sebelum direndam menunjukkan tidak adanya kandungan N dan P pada batu. Sedangkan hasil Uji SEM-EDX pada batu scoria dan batu apung sesudah direndam dengan limbah domestik menunjukkan adanya kandungan N dan P pada batu. Hal ini menunjukkan bahwa batu scoria dan batu apung berperan aktif sebagai adsorben dalam mereduksi kandungan N dan P pada limbah domestik.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, ada beberapa saran yang dapat peneliti berikan, antara lain:

1. Proses pengambilan sampel air limbah domestik yang akan dipilih perlu diperhatikan lebih lanjut, agar parameter air limbah domestik yang diinginkan memiliki nilai yang belum sesuai dengan Peraturan Pemerintah yang ingin digunakan.
2. Bahan dan metode penelitian perlu diperhatikan lebih lanjut agar setiap parameter yang telah dipilih dapat berubah sesuai dengan harapan.
3. Variasi waktu penelitan bisa ditentukan lebih beragam agar didapatkan hasil yang lebih optimal untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aregu, M., Asfaw, S., and Khan, M. (2018). *Identification of two low-cost and locally available filter media (pumice and scoria) for removal of hazardous pollutants from tannery wastewater. Journal Of Environmental*, 7(10): 1-14.
- Banon, C., dan Suharto, T. (2008). Adsorpsi Amoniak Oleh Adsorben Zeolit Alam yang Diaktivasi dengan Larutan Amonium Nitrat. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 4(2): 354-360.
- Budi, S. (2006). Penurunan Fosfat dengan Penambahan Kapur (*Lime*), Tawas dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair (Studi Kasus: RS Bethesda Yogyakarta). Tesis S2. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Eddy, (2008). *Karakteristik Limbah Cair*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, Vol 2: 20
- Heriyani, O., dan Mugisidi. (2016). Pengaruh Karbon Aktif dan Zeolit pada pH Hasil filtrasi Air Banjir. DKI Jakarta: Universitas Muhammadiyah Prof. Hamka. ISBN 978-602-73919-0-1.
- Krisi, S., Dermawan, D., dan Astuti, U. (2017). Studi Pengaruh Variasi Volume *Zeolite* Terhadap Efisiensi Penurunan Kadar *Ammonia (NH₃-N)* Limbah Cair Perusahaan *Lubricant Refinery*. *Jurnal Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, 1(1): 113-117.
- Laksono, P. (2017). Pemanfaatan Zeolit Alam Termodifikasi Surfaktan HDTMA-Br (*Hexadecyltrimethylammonium Bromide*) Sebagai Adsorben Anion Nitrat (NO₃⁻). *Jurnal Pendidikan Kimia*, 1(2): 40-50.
- Linsley, Ray. (1995). *Teknik Sumberdaya Air*. Jakarta : Erlangga
- Metcalf & Eddy. (1979). *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. USA : McGraw-Hill.
- Muchtar, R. (2005). Penurunan Kandungan Fosfat dalam Air dengan Zeolit. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 4(1): 36-42.
- Naily, W., dan Rusydi, F. (2014). Kemampuan Zeolit Dalam Adsorpsi Terhadap Nitrat di Air. Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI. ISBN 978-979-8636-23-3.
- Nilasari, E., Faizal, M., dan Suheryanto. (2016). Pengolahan Air Limbah Rumah tangga dengan Menggunakan Proses Gabungan Saringan Bertingkat dan Bioremediasi

- Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) (Studi Kasus: Perumahan Griya Mitra 2, Palembang). *Jurnal Penelitian Sains*, 18(1): 8-13.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2003. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
- Peraturan Pemerintah. 2001. Peraturan Pemerintah No. 82 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Rahayu, Arista., Masturi, dan Yulianti, I. (2015). Pengaruh Perubahan Massa Zeolit Terhadap Kadar pH Limbah Pabrik Gula Melalui Media Filtrasi. *Jurnal Fisika*, 5(2): 1-4.
- Ratnawati, R., dan Kholif, M. (2018). Aplikasi Media Batu Apung Pada Biofilter Anaerobik untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Ayam. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 10(1): 1-14.
- Raya, U., Hendrawan, A., dan Suprijanro, H. (2017). Studi Karakteristik Fisik dan Mineralogi Batu Apung dan Scoria Dari Gunung Kelud Blitar untuk Mengevaluasi Potensinya Sebagai Bahan Geoteknik. Skripsi S1. Malang: Universitas Brawijaya.
- Said, Nusa. (2017). *Teknologi Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : Erlangga
- Salmin. (2005). Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Jurnal Oseanografi*, 30(3): 21-26.
- Silaban, T., Santoso, L., dan Suparmono. (2012). Pengaruh Penambahan Zeolit Dalam Peningkatan Kinerja Filter Air untuk Menurunkan Konsentrasi Amoniak Pada Pemeliharaan Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*). *Jurnal rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 1(1): 47-56.
- Sisyanreswari, H., Oktiawan, W., dan Rezagama, A. (2014). Penurunan TSS, COD dan Fosfat Pada Limbah *Laundry* Menggunakan Koagulan Tawas dan Media Zeolit. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(4): 1-11.
- SNI 3981:2008. Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat. (http://sisni.bsn.go.id/index.php? /sni_main/sni/6894.pdf, diakses 15 November 2018)
- Sulaiman, F., Satrio, P., dan Wahyudin. (2016). Analisis Kinerja Biofilter Media Kerikil dan Batu Apung untuk Pengolahan Limbah cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1): 2-18.
- Sugiharto. (1987). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : UI-Press

- Supriadi, D., Elfrida., dan Muhar, N. (2015). Penggunaan Zeolit dan Batu Bata Sebagai Filter Pada Media Pemeliharaan Terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benik Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*). *Jurnal Budidaya Perairan*, 8(1): 1-14.
- Suyata, dan Irmanto. (2009). Penurunan TSS, BOD dan COD Limbah Cair Industri Tahu di Desa Cilongok Kabupaten Banyumas Menggunakan Sistem Zeolit Teraktivasi dan Terimpregnasi TiO₂. *Jurnal Program Studi Kimia*, 4(2): 83-93.
- Titiresmi, dan Sopiah, N. (2006). Teknologi Biofilter untuk Pengolahan Limbah Ammonia. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(2): 173-179.
- Widyaningsih, T. (2016). Breksi Batu Apung Sebagai Alternatif Teknologi Tepat Guna untuk Menurunkan Kadar TSS dan BOD Dalam Limbah Cair Domestik. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 8(2): 194-201.



Halaman ini sengaja dikosongkan

