

**PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH TANGGA (*GREY WATER*)
DENGAN SISTEM FILTRASI *UPFLOW* MENGGUNAKAN
FILTER MULTIMEDIA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**REFSI REKA SAPUTRI
NIM. 170702042
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM - BANDA ACEH
2021 M / 1442 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH TANGGA (*GREY WATER*) DENGAN
SISTEM FILTRASI *UPFLOW* MENGGUNAKAN FILTER MULTIMEDIA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan Oleh

**REFSI REKA SAPUTRI
NIM. 170702042**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**

Banda Aceh, 31 Juli 2021
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901

Arief Rahman, S.T., M.T.
NIDN. 2010038901

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Nur Aida

Dr. Eng Nur Aida, M.Si.
NIDN. 201606780

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH TANGGA (*GREY WATER*) DENGAN
SISTEM FILTRASI *UPFLOW* MENGGUNAKAN FILTER MULTIMEDIA**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus
serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal : Sabtu, 31 Juli 2021
21 Dzulhijjah 1442

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901

Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Eng Nur Aida, M.Si.
NIDN. 2016067801

Aulia Rohendi, M.Sc.
NIDN. 2010048202

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh,



Dr. Azhar Amsal, M.Pd.
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Refsi Reka Saputri
NIM : 170702042
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Pengolahan Limbah Rumah Tangga (*Grey Water*)
Dengan Sistem Filtrasi *UpFlow* Menggunakan Filter
Multimedia

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 31 Juli 2021

Yang menyatakan,



Refsi Reka Saputri
NIM. 170702042

ABSTRAK

Nama : Refsi Reka Saputri
NIM : 170702042
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pengolahan Limbah Rumah Tangga (*Grey Water*)
dengan Sistem Filtrasi *UpFlow* menggunakan Filter
Multimedia
Tanggal Sidang : 31 Juli 2021
Jumlah Halaman : 70
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T
Kata Kunci : Filtrasi, filtrasi *upflow*, zeolit, serabut kelapa, karbon
aktif, limbah domestik

Pengolahan limbah domestik perlu dilakukan sebelum dibuang ke lingkungan untuk mencegah terjadinya penurunan kualitas lingkungan. Salah satu teknik yang dapat digunakan adalah dengan filtrasi. Metode filtrasi dianggap sebagai metode yang efektif dan efisien. Dalam implementasinya, diperlukan inventarisasi dan investigasi bahan-bahan alam yang melimpah di alam. Penelitian ini bertujuan untuk melihat efektivitas sistem filtrasi *upflow* dengan menggunakan media zeolit, serabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filter. Parameter yang dijadikan acuan adalah parameter COD, TSS, pH, dan kekeruhan. Eksperimen filtrasi dilakukan dengan menggunakan variasi ketebalan media 10, 15 dan 20 cm. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa media zeolit, serabut kelapa dan karbon aktif terbukti efektif dalam menurunkan parameter COD, TSS, kekeruhan dan menetralkan pH. Ketebalan media yang efektif dalam menurunkan parameter COD, TSS, kekeruhan dan menetralkan pH yaitu di ketebalan 20 cm dengan efektivitas penurunan (COD 84,41%, TSS 90,90%, pH 6,8 dan kekeruhan 85,45%). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif baru dalam pengolahan limbah domestik di masa mendatang.

ABSTRACT

Name : Refsi Reka Saputri
NIM : 170702042
Department : Environmental Engineering
Title : *Household Waste Treatment (Grey Water) With UpFlow Filtration System Using Multimedia Filter*
Date of Session : 2021
Number of Pages : 70
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.
Advisor II : Arief Rahman, M.T.
Keywords : Filtration, *upflow* filtration, zeolite, coco fiber, activated carbon, domestic waste

Domestic waste treatment needs to be carried out before being discharged into the environment to prevent environmental quality degradation. One technique that can be used is by filtration. The filtration method is considered as an effective and efficient method. In its implementation, an inventory and investigation of natural materials that are plentiful in nature is required. This study aims to see the effectiveness of the upflow filtration system using zeolite media, coconut fiber and activated carbon as filter media. Parameters used as reference are COD, TSS, pH, and turbidity parameters. Filtration experiments were carried out using variations in media thickness of 10, 15 and 20 cm. The experimental results showed that zeolite, coconut fiber and activated carbon media proved effective in reducing COD, TSS, turbidity and neutralizing pH parameters. The media thickness which is effective in reducing COD, TSS, turbidity and neutralizing pH parameters is at a thickness of 20 cm with decreasing effectiveness (COD 84.41%, TSS 90.90%, pH 6.8 and turbidity 85.45%). The results of this study are expected to be a new alternative in domestic waste treatment in the future.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji hanya milik Allah SWT yang telah melimpahkan segala karunia nya yang tak terhingga, khususnya nikmat Iman dan Islam, yang dengan keduanya diperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat. Sholawat dan Salam semoga selalu tercurah kepada baginda Nabi Muhammad SAW, dan atas keluarga dan sahabat beliau serta orang-orang yang mengikuti jejak langkah mereka itu hingga akhir zaman.

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT proposal ini telah dapat saya selesaikan, dengan judul yang telah ditentukan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Ibu Maisuri dan Bapak Syafrial selaku orang tua, yang telah memberi doa dan dukungan bagi penulis.
2. Dr. Azhar Amsal, M.Pd. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
3. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si selaku Kepala Prodi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh dan selaku Penguji I dalam Sidang Akhir.
4. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan dan koordinator proposal tugas akhir.
5. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan Tugas Akhir.
6. Bapak Arief Rahman, M.T. selaku Dosen pembimbing II yang telah membantu segala arahan dan bimbingannya dan juga selaku ketua laboratorium multifungsi prodi Teknik Lingkungan.
7. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc. selaku Penguji II dalam Sidang Tugas Akhir
8. Ibu Rizna Rahmi, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik Progam Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh atas segala arahan dan bimbingannya.
9. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan dan membagi ilmunya kepada penulis.
10. Ibu Idariani yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.

11. Ibu Nurul Huda S.Pd yang sudah banyak membantu dalam proses penelitian.
12. Seluruh staf/karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Uin Ar-Raniry yang telah memberikan banyak bantuan.
13. Seluruh teman seperjuangan angkatan 2017 yang telah membantu dan menuntun dalam proses pembuatan laporan.
14. Dan semua pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan laporan ini.

Banda Aceh, 31 Juli 2021

Penulis,

Refsi Reka Saputri

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-------------|
| LEMBAR PERSETUJUAN | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| ABSTRAK | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG | xii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Pencemaran Air | 5 |
| 2.2 Air Limbah Domestik..... | 6 |
| 2.2.1. Karakteristik limbah cair domestik..... | 6 |
| 2.3 Sistem Filtrasi <i>Upflow</i> | 8 |
| 2.4 Karbon Aktif | 9 |
| 2.5 Zeolit | 10 |
| 2.6 Serabut kelapa | 10 |
| 2.7 Penelitian Terdahulu | 11 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 14 |
| 3.1 Tahapan Umum Penelitian | 14 |
| 3.2 Lokasi Penelitian Sampel | 15 |
| 3.2.1 Lokasi penelitian dan pengambilan sampel | 15 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.2 Teknik pengambilan sampel | 16 |
| 3.3 Desain Reaktor Filtrasi <i>Upflow</i> | 17 |
| 3.3.1 Alat dan bahan dalam penelitian | 17 |
| 3.3.2 Prototipe reaktor <i>upflow</i> | 17 |
| 3.4 Prosedur Eksperimen..... | 18 |
| 3.4.1 Eksperimen filtrasi..... | 18 |
| 3.5 Uji Parameter..... | 19 |
| 3.5.1 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>) | 20 |
| 3.5.2 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)..... | 20 |
| 3.5.3 pH | 20 |
| 3.5.4 Kekeruhan..... | 20 |
| 3.6 Analisis Data | 20 |
| 3.7 Analisa Statistik SPSS..... | 21 |
| BAB IV PEMBAHASAN..... | 22 |
| 4.1 Hasil Eksperimen | 22 |
| 4.2 Pembahasan..... | 25 |
| BAB V PENUTUP..... | 31 |
| 5.1 Kesimpulan | 31 |
| 5.2 Saran | 31 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 32 |
| LAMPIRAN | 35 |

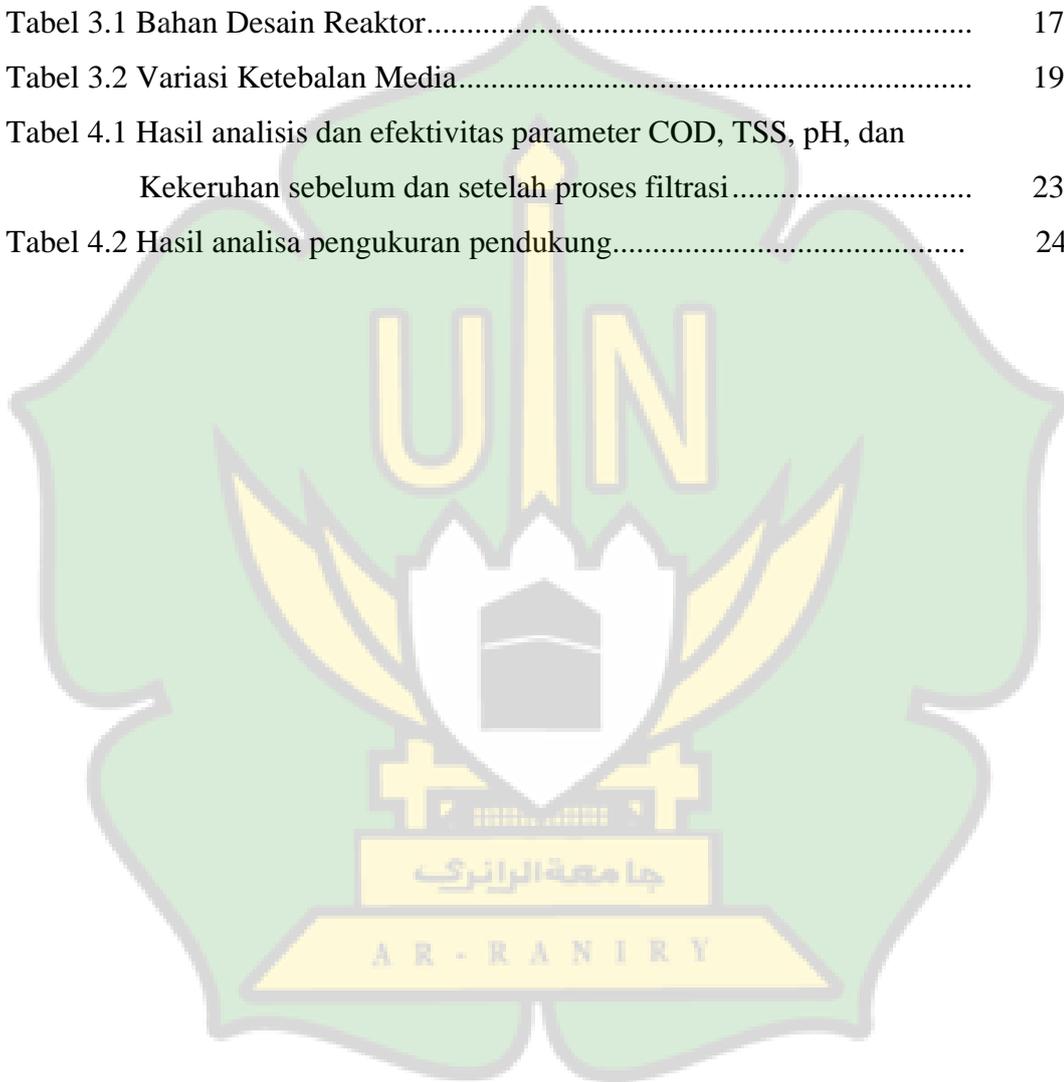
DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Reaktor filtrasi <i>Upflow</i> | 9 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian..... | 14 |
| Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel | 15 |
| Gambar 3.3 Pengambilan sampel air limbah | 16 |
| Gambar 3.4 Reaktor filtrasi <i>Upflow</i> | 18 |
| Gambar 4.1 Air limbah sebelum dan setelah pengolahan..... | 22 |
| Gambar 4.2 Hasil pengukuran COD | 26 |
| Gambar 4.3 Hasil Pengukuran TSS | 27 |
| Gambar 4.4 Hasil Pengukuran pH | 28 |
| Gambar 4.5 Hasil Pengukuran kekeruhan..... | 30 |

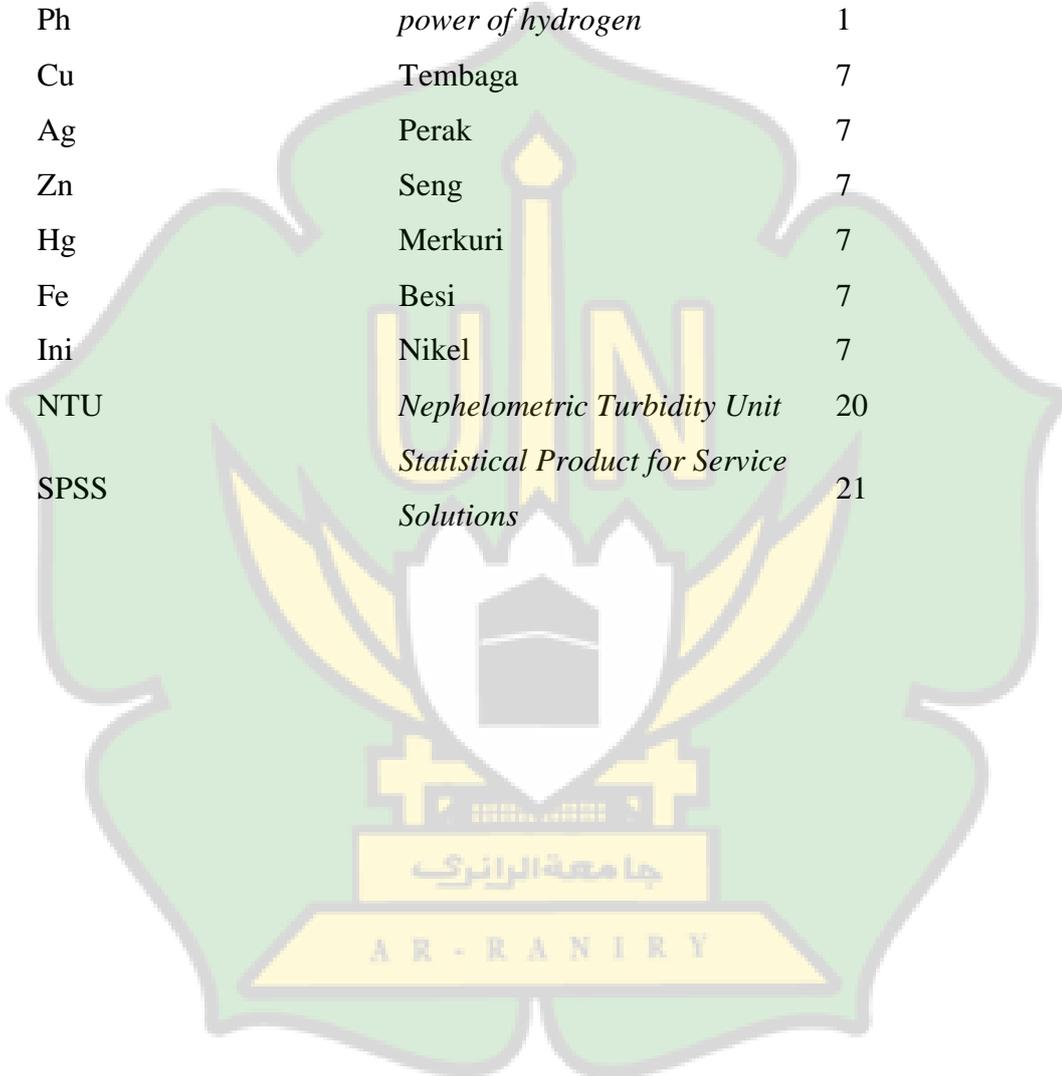
DAFTAR TABEL

| | HALAMAN |
|--|----------------|
| Tabel 2.1. Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik..... | 6 |
| Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu | 11 |
| Tabel 3.1 Bahan Desain Reaktor..... | 17 |
| Tabel 3.2 Variasi Ketebalan Media..... | 19 |
| Tabel 4.1 Hasil analisis dan efektivitas parameter COD, TSS, pH, dan Kekeruhan sebelum dan setelah proses filtrasi..... | 23 |
| Tabel 4.2 Hasil analisa pengukuran pendukung..... | 24 |



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

| Singkatan/Lambang | Kepanjangan/Makna | Halaman |
|--------------------------|--|----------------|
| BOD | <i>Biological Oxygen Demand</i> | 1 |
| COD | <i>Chemical Oxygen Demand</i> | 1 |
| TSS | <i>Total Suspended Solid</i> | 1 |
| Ph | <i>power of hydrogen</i> | 1 |
| Cu | Tembaga | 7 |
| Ag | Perak | 7 |
| Zn | Seng | 7 |
| Hg | Merkuri | 7 |
| Fe | Besi | 7 |
| Ini | Nikel | 7 |
| NTU | <i>Nephelometric Turbidity Unit</i> | 20 |
| SPSS | <i>Statistical Product for Service Solutions</i> | 21 |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah cair menjadi masalah yang amat serius sampai saat ini. Air limbah dapat berasal dari kegiatan industri, rumah tangga ataupun tempat umum lainnya. Bila limbah cair yang mengandung bahan dan zat berbahaya bercampur langsung dengan lingkungan, maka akan berdampak menurunnya kualitas lingkungan (South dan Nazir, 2016). Meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas rumah tangga menyebabkan volume limbah cair yang dihasilkan semakin meningkat, sehingga kemampuan lingkungan untuk menetralsir limbah cair semakin menurun. Limbah cair rumah tangga ini menimbulkan berbagai masalah, baik terhadap manusia maupun lingkungan itu sendiri (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik merupakan air yang berasal dari kegiatan komersial, seperti pemukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), apartemen, perkantoran, perniagaan, dan asrama. Air limbah rumah tangga merupakan air atau sisa buangan rumah tangga yang dihasilkan dari bekas cucian, mandi, sisa pembersih lantai, dan juga kegiatan dapur seperti memasak, tetapi tidak termasuk air yang dihasilkan dari toilet (South dan Nazir, 2016). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016, parameter air limbah domestik terdiri dari parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), *power of hydrogen* (pH), total *coliform*, minyak dan lemak.

Sisa buangan rumah tangga pada awalnya tidak menimbulkan masalah karena dapat dibuang ke lingkungan dengan aman. Hal ini dimungkinkan karena jumlah dan kadar limbah yang dibuang relatif kecil, sehingga lingkungan masih dapat menetralsirnya secara alami (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Namun apabila limbah terus dibuang ke lingkungan dalam skala yang besar, maka akan menimbulkan permasalahan yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan hidup (Filliazati dkk., 2013). Selain itu, bahan organik yang terkandung dalam limbah domestik juga dapat menyebabkan perubahan warna, rasa dan bau yang

tidak sedap. Sehingga perlu dilakukannya pengolahan limbah domestik agar tidak berdampak pada penurunan kualitas lingkungan itu sendiri.

Metode alternatif yang dapat dilakukan dalam pengolahan limbah cair adalah menggunakan metode filtrasi (Sulistiyanti dkk., 2018). Filtrasi merupakan sistem pengolahan limbah dengan proses pemisahan zat padat dari fluida. Pada proses pengolahan air limbah, filtrasi bertujuan untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan koloidal dengan cara menyaringnya menggunakan media filter (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Ada beberapa sistem filtrasi dalam pengolahan limbah domestik secara fisika seperti *downflow* dan *upflow*.

Sistem saringan pasir lambat *upflow* merupakan sistem pengolahan limbah cair dengan mengalirkan limbah cair melewati suatu media penyaring pasir, dengan arah aliran dari bawah media pasir menuju ke atas media pasir. Filtrasi dengan sistem aliran *upflow*, dilihat lebih efektif untuk meminimalisir terjadinya kebuntuan pada media (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Pengolahan limbah cair menggunakan sistem filtrasi *upflow* memiliki keunggulan yaitu, sistem filtrasi ini tidak memerlukan bahan kimia, sehingga tidak membutuhkan biaya yang banyak dalam operasinya dan juga mampu menurunkan tingkat kekeruhan yang tinggi, sedangkan kelemahannya yaitu memerlukan ruang yang cukup luas dalam memfiltrasi (Said, 2005).

Keberhasilan filtrasi sangat bergantung pada jenis dan kemampuan media yang digunakan. Sebagian media filtrasi dipertimbangkan untuk digunakan berdasarkan kemampuan adsorpsinya terhadap zat pencemar. Beberapa media diusulkan sebagai adsorben dalam sistem filtrasi antara lain, zeolit, silika, ijuk dan sabut kelapa yang dapat digunakan dalam pengolahan air limbah. Menurut Kusnaedi (2010), zeolit berfungsi sebagai adsorben dan penyaring molekul, serta sebagai *ion exchanger* (penukar ion) dalam pengolahan air. Menurut Utomo dkk. (2018), serabut kelapa berfungsi untuk menghilangkan zat tersuspensi dan senyawa organik sehingga mampu menurunkan TSS dan BOD. Selain itu, adsorben yang sering digunakan untuk mereduksi polutan adalah karbon aktif, karena lebih mudah ditemukan secara komersial (Rahmawati dan Yuanita, 2013). Karbon aktif adalah salah satu bahan padat berpori yang dihasilkan dari proses

pirolisis. Selain digunakan sebagai bahan bakar, karbon aktif juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap) yang dapat menyerap kontaminan atau zat yang ada di dalam air, penyerap dalam proses pemisahan gas, dan sebagai *recovery solvent*.

Filtrasi *upflow* dengan menggunakan berbagai media telah dikaji dengan serius. Menurut laporan Artiyani dan Firmansyah (2016), filtrasi *upflow* dengan menggunakan media pasir kuarsa, zeolit dan arang aktif dari tempurung kelapa dalam pengolahan limbah domestik rumah tangga mampu menurunkan konsentrasi deterjen sebesar 62,78% dan fosfat sebesar 67,71%. Sementara itu, menurut Mukimin dkk. (2017), filtrasi *upflow* menggunakan media silika dan karbon aktif pada pengolahan air limbah industri karpet mampu menurunkan parameter COD sebesar 92% dan TSS sebesar 74%. Selanjutnya, menurut Utomo dkk. (2018), pengolahan limbah rumah makan menggunakan media serabut kelapa efektif dalam menurunkan parameter BOD sebesar 98,58%, penurunan TSS 83,51% dan juga peningkatan pada parameter pH. Namun, filtrasi dengan menggunakan media serabut kelapa, karbon aktif dan zeolit belum pernah dilaporkan digunakan pada pengolahan limbah cair rumah tangga.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, filtrasi *upflow* dengan media zeolit, serabut kelapa dan karbon aktif belum pernah digunakan, khususnya untuk pengolahan limbah domestik rumah tangga dengan parameter pengamatan COD, TSS, pH dan kekeruhan. Padahal media dan sistem filtrasi tersebut dianggap efektif dalam pengolahan limbah-limbah cair domestik yang lain. Oleh karena itu, pertanyaan yang akan dijawab pada penelitian ini adalah bagaimanakah efektivitas sistem filtrasi *upflow* dengan menggunakan media zeolit, serabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filter dalam menurunkan parameter COD, TSS, pH dan kekeruhan pada air limbah rumah tangga?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas sistem filtrasi *upflow* dengan menggunakan media zeolit, serabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filter dalam menurunkan parameter COD, TSS, pH, dan kekeruhan pada air limbah rumah tangga.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk mengolah limbah rumah tangga menggunakan sistem filtrasi *upflow* dengan menggunakan filter multimedia
2. Hasil kajian ini dapat menjadi landasan dalam pembuatan kebijakan untuk menjaga lingkungan sekitar dari limbah domestik yang mengandung zat zat berbahaya.

1.5. Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada efektivitas filtrasi *upflow* menggunakan filter multimedia dalam mengolah limbah domestik rumah tangga.
2. Beberapa parameter yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68 tahun 2016 dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.32 Tahun 2017 dapat dilihat pada Lampiran. Namun, dalam penelitian ini hanya difokuskan untuk mengkaji parameter COD, TSS, pH dan kekeruhan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Air

Seiring majunya perkembangan teknologi di era modern, membuat pencemaran kian terjadi dimana-mana khususnya perairan. Semakin banyak kegiatan pembangunan, semakin besar kemungkinan terjadinya kerusakan air seperti pada pemukiman, pertanian dan industri. Banyaknya jumlah sisa buangan yang dihasilkan dari kegiatan tersebut membuat badan air terakumulasi dengan zat kimia, sehingga menyebabkan badan air terkontaminasi (Dawud dkk., 2016). Pencemaran air merupakan masuknya zat kimia atau partikel lain yang membuat keadaan tempat penampungan air seperti sungai dan danau menjadi rusak. Kegiatan industri dan transportasi merupakan kegiatan yang paling sering menimbulkan pencemaran. Karena penggunaan bahan-bahan berbahaya yang mengeluarkan bahan pencemar yang merusak keadaan lingkungan.

Banyak sumber air yang terancam punah akibat perbuatan manusia. Padahal banyak Undang-Undang yang telah memberlakukan berbagai kebijakan tentang penanganan pencemaran air, seperti Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2010. Tapi karena kurangnya pengawasan terhadap penegak hukum membuat kerusakan dan penurunan kualitas air kian berlangsung sampai saat ini. Banyak sungai dan danau yang telah digunakan sebagai tampungan akhir dari berbagai macam limbah sehingga terjadinya penurunan kualitas air yang sangat drastis. Hal ini seakan memberi tanda perlu adanya upaya pengendalian terhadap pencemaran air yang sesuai dengan UU No.7 Tahun 2004 dengan melakukan konservasi air guna untuk menjaga daya tampung dan fungsi sumber daya alam sehingga dapat digunakan secara efisien (Priadie, 2012). Banyak peneliti yang melakukan penelitian untuk mengetahui cara yang dapat digunakan untuk menetralkan kembali kondisi air yang tercemar. Seperti menggunakan metode adsorpsi dengan adsorben yang ramah lingkungan, atau dengan menggunakan metode bioremediasi.

2.2. Air Limbah Domestik

Air limbah adalah sisa buangan yang berasal dari kegiatan rumah tangga, industri maupun tempat umum lain yang mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia dan organisme lain, serta dapat mengganggu kelestarian lingkungan (Santriyana dkk., 2013). Sedangkan air limbah rumah tangga merupakan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga seperti bekas mandi, mencuci, memasak, serta buang air. Air limbah dikelompokkan menjadi dua, yaitu *grey water* dan *black water*. *Grey water* merupakan air yang berasal dari bekas mencuci dan dari kamar mandi sedangkan *black water* air yang sudah terkena kotoran dan berpotensi mengandung patogen. Limbah domestik juga merupakan sumber kontaminan pada badan air (sungai, danau, laut dan sebagainya) (Mubin dkk., 2016). Tabel 4.1 menunjukkan standar baku mutu pada parameter pH, COD, TSS yang berpacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan republik Indonesia Nomor: P. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik dan parameter kekeruhan yang berpacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum.

Tabel 2.1. Standar Baku Mutu

| Parameter | Satuan | Kadar Maksimum | Keterangan |
|-----------|--------|----------------|-----------------------------|
| pH | - | 6-9 | Permen LHK No.68 Tahun 2016 |
| COD | mg/L | 100 | Permen LHK No.68 Tahun 2016 |
| TSS | mg/L | 30 | Permen LHK No.68 Tahun 2016 |
| Kekeruhan | NTU | 25 | Permenkes No. 32 Tahun 2017 |

2.2.1. Karakteristik Limbah Cair Domestik

Menurut (Metcalf dan Eddy, 2003), karakteristik limbah cair domestik terdiri dari tiga yaitu sebagai berikut:

a. Karakteristik Kimia

Berikut adalah beberapa karakteristik kimia pada limbah cair, diantaranya:

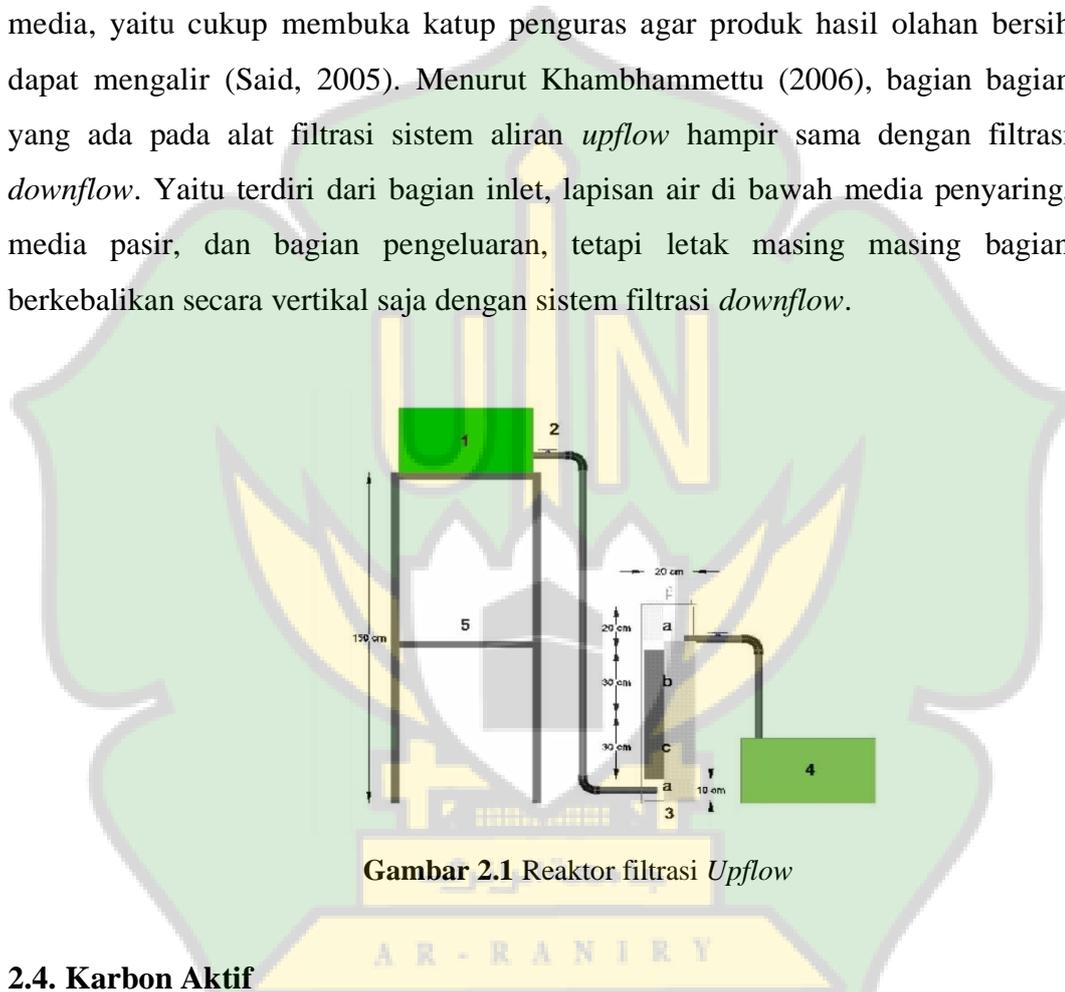
1. *Biological Oxygen Demand (BOD)*, kebutuhan oksigen didalam air berfungsi sebagai penurunan parameter air dan pendegradasi limbah organik yang dilakukan oleh mikroorganismenya dengan memanfaatkan oksigen yang diberikan ke mikroorganismenya.
 2. *Chemical Oxygen Demand (COD)*, adalah kebutuhan oksigen yang digunakan sebagai penguraian unsur pencemar secara kimia yang terdapat dalam limbah cair domestik.
 3. Minyak dan lemak, merupakan zat pencemar pada air limbah domestik yang berasal dari sisa pencucian rumah makan dan sisa pencucian peralatan hasil rumah tangga.
 4. pH, merupakan derajat keasaman pada suatu larutan, semakin rendah suatu larutan maka akan bersifat asam sebaliknya semakin tinggi nilai pH maka bersifat basa. pH netral berkisar 6-9.
 5. Protein, pembusukan dan penguraian dalam limbah cair dapat menimbulkan bau yang dapat mengganggu penciuman.
 6. Detergen, merupakan pencemar yang berasal dari binatang, asrama, perumahan, rumah tangga dan kos-kosan.
 7. Fosfat, fosfat yang tinggi ada di dalam air merupakan sumber nutrisi bagi alga namun semakin banyak kadar fosfat maka alga akan sulit untuk dikendalikan sehingga menyebabkan *blooming* yang berakibat pada flora dan fauna di perairan menjadi terhambat serta kurangnya oksigen.
 8. Sulfur, sulfur yang tinggi akan berbau busuk dan bersifat beracun apabila konsentrasinya terlalu banyak maka akan menaikkan keasaman air.
 9. Logam berat dan beracun, logam berat seperti tembaga (Cu), perak (Ag), seng (Zn), kadmium, merkuri (Hg), timah (Sn), kromium, besi (Fe), dan nikel (Ni). Logam tersebut apabila dalam konsentrasi besar maka akan membahayakan bagi makhluk hidup.
- b. Karakteristik Fisika
- Berikut adalah beberapa karakteristik fisika pada limbah cair, diantaranya:
- a. Bau, dihasilkan dari zat kimia yang tercampur di udara pada proses perusakan susunan jaringan materi pada limbah sehingga dihasilkan bau.

- b. Suhu, sangat berperan penting dalam aktivitas yang terjadi dalam air limbah laju reaksi, reaksi kimia dan organisme air, oleh karena itu kestabilan suhu sangat berpengaruh pada perkembangan mikroorganisme di dalam limbah cair.
- c. Warna, limbah yang berwarna abu-abu bahkan kehitaman disebabkan kondisi anaerob dan waktu yang meningkat
- d. *Total Suspended Solid*, tanah dan lumpur yang ada di dalam air limbah merupakan padatan total yang tertahan akibat saringan dan ukuran tertentu.
- e. *Total Solid*, pendakalan yang terjadi di dasar air dikarenakan bahan organik dan anorganik merupakan komponen yang menyebabkan mengendap di dasar air atau terlarut tersuspensi.
- f. Turbiditas, zat padat tersuspensi yang disebabkan oleh kekeruhan atau turbiditas, baik anorganik maupun organik membatasi pencahayaan ke dalam air serta menunjukkan sifat optis air.
- c. Karakteristik Biologi
Adanya mikroorganisme yang terdapat di dalam limbah cair merupakan parameter yang diukur untuk menentukan karakteristik biologi, mikroorganisme tersebut akan ditransformasikan menjadi senyawa baru dengan memanfaatkan bahan organik yang terdapat pada limbah tersebut.

2.3. Sistem Filtrasi *UpFlow*

Filtrasi adalah sistem pengolahan limbah yang menggunakan media berpori untuk memisahkan padatan dari cairan untuk menghilangkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi dan koloid serta zat lainnya. Tujuan filtrasi adalah untuk menghilangkan partikel dan koloid yang tersuspensi dengan media filter. Selain itu, filtrasi secara efektif dapat menghilangkan bakteri dan juga membantu menghilangkan warna, rasa, bau dan mangan (Said, 2005). Menurut Masduqi dan Slamet (2002), dalam pengolahan air minum, filtrasi digunakan untuk menyaring hasil proses koagulasi-sedimentasi untuk menghasilkan air minum yang berkualitas tinggi. Selain mengurangi kandungan padat, filtrasi juga dapat mengurangi kandungan bakteri serta menghilangkan warna, rasa, bau, besi, dan mangan. Sistem filtrasi *upflow* merupakan suatu sistem pengolahan limbah cair

melalui media penyaring pasir dari bawah media pasir menuju ke atas media pasir, sehingga hasil penyaringan berada di atas limbah baku. Filtrasi dengan sistem aliran *upflow* dilihat lebih efektif untuk meminimalisir terjadinya kebuntuan pada media karena kekeruhan limbah baku yang tinggi. Selain itu, dengan menggunakan sistem seperti ini akan memudahkan dalam membersihkan media, yaitu cukup membuka katup penguras agar produk hasil olahan bersih dapat mengalir (Said, 2005). Menurut Khambhammettu (2006), bagian bagian yang ada pada alat filtrasi sistem aliran *upflow* hampir sama dengan filtrasi *downflow*. Yaitu terdiri dari bagian inlet, lapisan air di bawah media penyaring, media pasir, dan bagian pengeluaran, tetapi letak masing masing bagian berkebalikan secara vertikal saja dengan sistem filtrasi *downflow*.



Gambar 2.1 Reaktor filtrasi *Upflow*

2.4. Karbon Aktif

Karbon merupakan suatu bahan padat berpori yang dihasilkan dari proses pembakaran (pirolisis), dengan menggunakan bahan yang mengandung karbon. Karbon aktif ini dapat dibuat dengan menggunakan bahan bahan alami. Selain dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, karbon aktif pun sering digunakan sebagai penyerap (adsorben). Karbon aktif menjadi salah satu media penyerap yang banyak digunakan dalam proses adsorpsi. Karena selain permukaannya yang luas, karbon aktif juga mudah diaplikasikan dan memiliki biaya yang relatif murah. Karbon aktif terdiri dari 85-90% karbon, dihasilkan dari bahan yang

mengandung karbon dan bersuhu tinggi. Komponen nya diantaranya abu, karbon terikat, sulfur, air dan nitrogen (Khuluk, 2016). Karbon aktif yang telah digunakan, akan diaktivasi kembali untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi. Aktivasi adalah suatu perubahan fisika dimana luas permukaan karbon menjadi lebih besar karena hidrokarbon yang menyumbat pori-pori terbebaskan. Oleh karena itu, proses aktivasi sangat dibutuhkan untuk mengubah arang menjadi karbon aktif yang porositas dan luas permukaan spesifiknya besar (Setiawati dan Suroto, 2010).

2.5. Zeolit

Zeolit adalah kristal alumina silika dengan struktur tiga dimensi, yang dibentuk oleh tetrahedral alumina dan silika serta rongga internal mengandung ion logam. Zeolit berperan sebagai adsorben dan filter molekuler dalam pengolahan air, serta sebagai penukar ion (Kusnaedi, 2010). Aktivasi zeolit dapat dilakukan secara fisik maupun kimiawi. Aktivasi fisik dilakukan dengan cara memperkecil ukuran butir, mengayak dan memanaskan dengan suhu tinggi, dimana fungsi dari pemanasan ini adalah untuk menghilangkan pengotor organik, memperbesar pori dan proses pengasaman. Zeolit adalah mineral yang memiliki rongga atau pori yang selektif selama penyaringan (Utama dkk., 2017). Kemampuan zeolit sebagai *ion exchanger* dapat digunakan sebagai penghilang polutan kimia. Selain itu, zeolit juga mampu mengikat bakteri *E.coli*. Kemampuan ini bergantung pada laju penyaringan dan perbandingan volume air dengan massa zeolit (Rahman dan Hartono, 2004).

2.6. Serabut kelapa

Salah satu tumbuhan penghasil serat alami adalah kelapa (*Cocos nucifera*). Adapun alasan penggunaan serabut kelapa adalah karena mudah diperoleh di alam dan serat ini juga memiliki sifat yang bermanfaat untuk menyaring zat-zat dalam air limbah. Penggunaan serabut kelapa sebagai media dalam filtrasi sebelumnya belum pernah dilakukan dalam pengolahan air limbah domestik. Kinerja serabut kelapa dalam menyaring bahan pencemar dapat dimaksimalkan bila

dikombinasikan dengan media lain seperti karbon aktif, pasir, dan kerikil (Utomo dkk., 2018).

2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya, oleh karena itu perlu adanya kajian mengenai penelitian terdahulu yang sejenis sehingga bisa mengetahui hasil dan kesimpulan dari penelitian sebelumnya. Penelitian terdahulu terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

| Media | Limbah | Efektivitas | Persentase | Penulis |
|--|---|---|---|------------------------------|
| Pasir, arang aktif, zeolit, ijuk dan kerikil | Limbah domestik | Hasil uji filtrasi menunjukkan bahwa efektif untuk mampu mengolah limbah domestik menjadi air bersih kelas III untuk parameter TSS. | Dalam penurunan efektifitas perlakuan II memiliki hasil sebesar 15,75% untuk BOD, TSS sebesar 39,64%, COD sebesar 15,44% Fosfat sebesar 31,04% dan Kekeruhan sebesar 41,67% | Sulianto dkk., 2020 |
| Adsorben karbon aktif | Limbah laundry | Percobaan oleh tangki biosand filter skala laboratorium sudah layak untuk dikembangkan | Volume terbesar pada rasio 50%:50% (v/v) campuran limbah laundry dan nutrisi diperoleh persentase TSS sebesar 76,61 %, persentase VSS sebesar 63,55 %, persentase COD sebesar 53,67 %, persentase fosfat sebesar 74,32 % dan surfaktan sebesar 53,54 %. | Astuti dkk., 2015 |
| Media pasir, zeolit dan arang aktif | Limbah cair rumah tangga Air buangan dari | filtrasi Upflow dengan variasi ketinggian media dan waktu operasional mampu | Persentase penurunan konsentrasi deterjen dan fosfat tertinggi pada Reaktor 1 dengan | Artiyani dan Nano Heri, 2016 |

| | | | | |
|--|--|--|--|---------------------------|
| tempurung kelapa | kamar mandi, WC, tempat cuci atau tempat memasak | menurunkan kadar deterjen dan fosfat | nilai persentase penyisihan deterjen sebesar 62.78% dan persentase penyisihan fosfat sebesar 67.71%. | |
| Zeolit dan silika | Limbah binatu | Nilai rejeksi COD tertinggi limbah laundry dengan membran zeolit silika efektif menurunkan COD | Nilai fluks tertinggi pada variasi terbaik dari penelitian filtrasi limbah laundry dengan membran zeolit-silika untuk menurunkan COD sebesar 54,73 L/m ² .jam. Nilai rejeksi COD tertinggi pada variasi terbaik dari penelitian filtrasi limbah laundry dengan membran zeolit silika untuk menurunkan COD sebesar 91,26%. | Afifah dan Alia, 2016 |
| Pasir silika, Kerikil, Arang cangkang biji karet, Kapas akuarium | Air tanah dalam | Air baku tanah dalam dengan variasi arang dan waktu 30 menit hanya efektif menurunkan parameter Fe sebesar 0,302 mg/l dan pada variasi arang dan waktu 60 menit mengalami kenaikan parameter sebesar 0,354 mg/l. | Hasil dari proses metode filtrasi downflow menggunakan variasi ketebalan arang cangkang biji karet 15 cm dan 30 cm untuk parameter Fe sebesar 0,302 mg/l dan pH sebesar 5,08 , sementara pada proses pengolahan aerasi menggunakan variasi waktu pengolahan 30 menit dan 60 menit untuk parameter Fe sebesar 0,354 mg/l dan pH sebesar 5,23. | Ritonga dan Marhadi, 2019 |
| Arang aktif, pasir, kerikil, zeolit | Air limbah binatu | Mampu menurunkan COD air limbah laundry namun belum efisien karena belum sesuai dengan Persyaratan Peraturan | Penurunan kadar COD media variasi 1, rata rata turun dengan persentase 46,33% sedangkan media variasi 2, rata rata | Ronny dan Muhammad, 2018 |

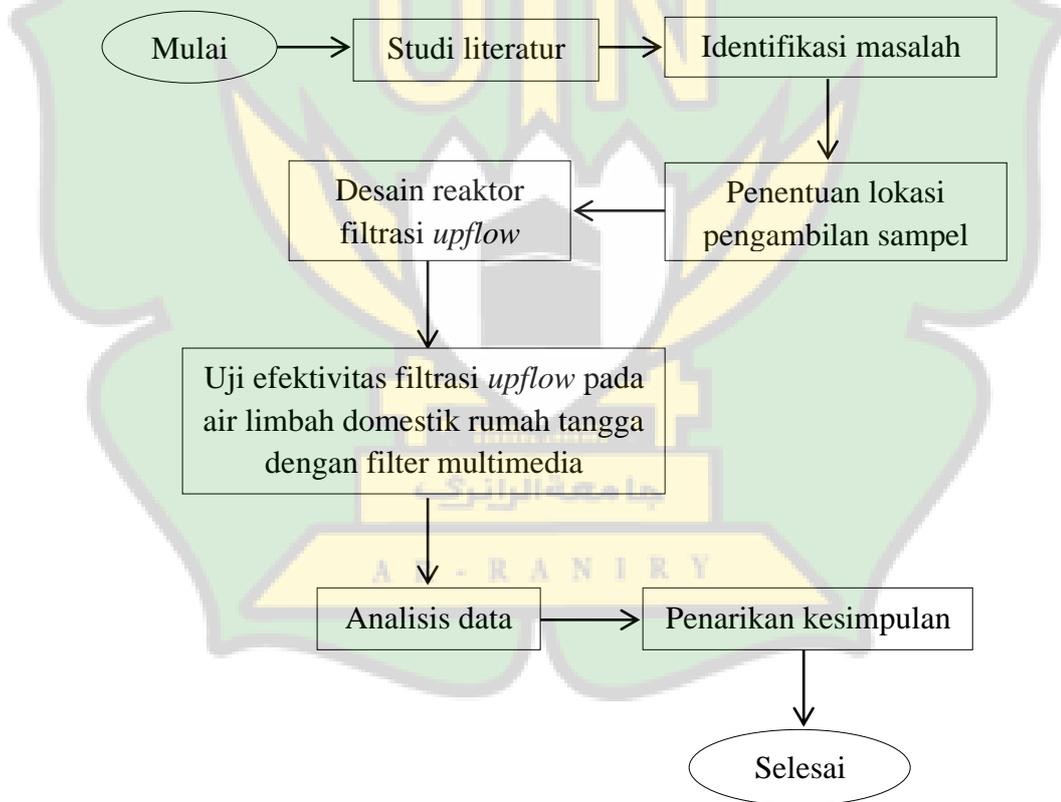
| | | | | |
|--|--|---|----------------------------|--|
| | | Gubernur Sulawesi Selatan NO. 69 Tahun 2010 | COD turun sebanyak 63,07%. | |
|--|--|---|----------------------------|--|



BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan seperti studi literatur dan identifikasi masalah. Selanjutnya dilakukan desain reaktor filtrasi prototipe, lalu dilakukan uji efektivitas filtrasi *upflow* pada air limbah domestik rumah tangga menggunakan zeolit, serabut kelapa, dan karbon aktif sebagai media nya. Selanjutnya dilakukan analisis data dan penarikan kesimpulan dari penelitian. Tahapan umum penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1

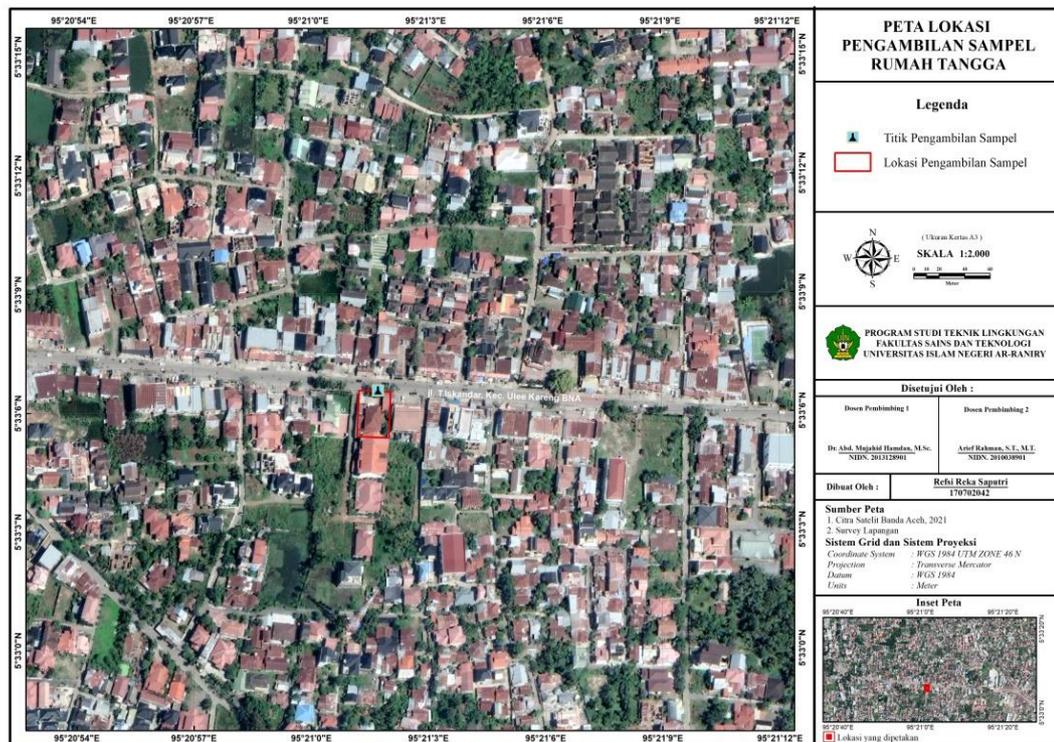


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2. Lokasi Penelitian Sampel

3.2.1. Lokasi Penelitian

Sampel yang diambil pada penelitian ini berada pada pusat pembuangan air limbah domestik rumah tangga yang berada Jl. T. Iskandar, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Pengambilan sampel di lokasi ini karena berdasarkan observasi lapangan, belum adanya pengolahan khusus sehingga membuat limbah dibuang secara sembarangan dan juga berdasarkan uji pendahuluan, diperoleh hasil limbah yang melewati baku mutu dan perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Adapun pembuatan reaktor filtrasi *upflow* prototipe dan proses pengecekan parameter air limbah dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry yang beralamat di Jalan Lingkar kampus UIN Ar-Raniry, Rukoh, Darussalam, Banda Aceh.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel (Sumber: Google Earth, 2021).

3.2.2. Teknik Pengambilan Limbah

Pengambilan limbah dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik *grab sampling* atau sesaat (SNI 6989.59:2008). Dengan tahapan sebagai berikut:

1. Sampel limbah domestik diambil langsung dari tempat pembuangan akhir limbah rumah tangga yang berada di Jl. T. Iskandar, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh.
2. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan gayung bertangkai lalu dituangkan ke dalam wadah atau drum plastik dengan kapasitas 30 liter dengan ketentuan berdasarkan (SNI 6989.59.2008) berikut:
 - a. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat
 - b. Mudah dicuci dari bekas sebelumnya
 - c. Mudah dan nyaman untuk dibawa
 - d. Mudah dipisahkan ke dalam botol penampung tanpa ada bahan sisa tersuspensi di dalamnya
 - e. Kapasitas tergantung dari tujuan penelitian



Gambar 3.3 Pengambilan sampel air limbah.

3.3. Desain Reaktor Filtrasi *Upflow*

3.3.1. Alat dan Bahan dalam Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akan ditunjukkan melalui tabel tabel 3.1:

Tabel 3.1 Bahan Desain Reaktor

| Bahan | Tipe | Kegunaan |
|------------------------------|---------|---|
| Pipa PVC 4 inchi | PVC | Untuk mendistribusikan/menyalurkan air kotor/bersih |
| Pipa PVC $\frac{3}{4}$ inchi | PVC | Untuk mendistribusikan/menyalurkan air kotor/bersih |
| Penyangga | - | Untuk meletakkan bak penampung |
| Lem pipa | Intilon | Untuk merekatkan pipa |
| Gergaji | - | Untuk memotong pipa |

3.3.2. Prototipe Reaktor *Upflow*

Desain reaktor filtrasi *upflow* menggunakan autocad dengan tinggi bak penampung yaitu 50 cm dan diameter bak 10,16 cm. Ukuran ini sesuai dengan jenis pipa PVC 4 inch yang akan dijadikan sebagai bak penampung dan bak filtrasi dalam penelitian ini. Adapun ukuran penyangga pada bak penampung yaitu 15 cm, ukuran ini memudahkan air limbah pada bak penampung mengalir menggunakan sistem *up flow* menuju bak penampung filtrasi dan pipa tempat keluar nya air memiliki diameter $\frac{3}{4}$ inc dengan panjang 5 cm. Selanjutnya, air akan diambil pada pipa outlet yang berada di bak filtrasi.



Gambar 3.4 Reaktor filtrasi a). Tampak samping; b). Tampak depan; c). Tampak atas.

3.4. Prosedur Eksperimen

3.4.1. Eksperimen Filtrasi

Prosedur eksperimen filtrasi *upflow* dengan menggunakan media zeolit, serabut kelapa, dan karbon aktif dalam pengolahan limbah rumah tangga dilakukan sebagai berikut:

1. Air limbah rumah tangga yang akan diolah ditampung dalam jerigen sebanyak 3 liter.
2. Disediakan media filter yang akan digunakan seperti zeolit, serabut kelapa, dan karbon aktif.
3. Filtrasi *upflow* dirancang menggunakan pipa PVC dengan diameter 4 inch, panjang 50 cm dengan lubang keluaran berukuran $\frac{3}{4}$ inc dan panjang 5 cm.
4. Media filter yang telah direncanakan disusun secara vertikal dengan ketebalan yang berbeda. Lapisan penyaringan pertama terdiri dari zeolit dengan ketebalan 5, 10, 15 cm (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Lapisan penyaringan kedua terdiri dari serabut kelapa dengan ketebalan 10 cm (Utomo dkk., 2018).

Lapisan penyaringan ketiga terdiri dari karbon aktif dengan ketebalan 10, 15 cm (Artiyani dan Firmansyah, 2016).

5. Limbah rumah tangga dimasukkan ke dalam unit filtrasi yang telah dirancang sebanyak 3 liter.
6. Waktu pengolahan air limbah diukur menggunakan stopwatch lalu dihitung debitnya.

Tabel 3.2 Variasi ketebalan media

| No. | Sampel | Ketebalan media (cm) | | |
|-----|---------------------|----------------------|----------------|--------------|
| | | Zeolit | serabut kelapa | karbon aktif |
| 1. | Limbah rumah tangga | 10 | 10 | 10 |
| 2. | | 15 | 10 | 10 |
| 3. | | 20 | 10 | 10 |
| 4. | | 10 | 15 | 15 |
| 5. | | 15 | 15 | 15 |
| 6. | | 20 | 15 | 15 |
| 7. | | 10 | 20 | 20 |
| 8. | | 15 | 20 | 20 |
| 9. | | 20 | 20 | 20 |
| 10. | | 10 | 15 | 10 |
| 11. | | 10 | 20 | 10 |
| 12. | | 15 | 10 | 15 |
| 13. | | 15 | 20 | 15 |
| 14. | | 20 | 10 | 20 |
| 15. | | 20 | 15 | 20 |
| 16. | | 10 | 10 | 15 |
| 17. | | 10 | 10 | 20 |
| 18. | | 15 | 15 | 10 |
| 19. | | 15 | 15 | 20 |
| 20. | | 20 | 20 | 10 |
| 21. | | 20 | 20 | 15 |

3.5. Uji Parameter

Dalam penelitian ini parameter yang akan diukur adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), pH dan kekeruhan. Dapat dilihat sebagai berikut:

3.5.1. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Pengukuran COD diukur dengan menggunakan spektrofotometri untuk menentukan total bahan organik yang ada. Pengukuran COD mengacu pada (SNI.6989.73:2009). Pengujian ditunjukkan dalam lampiran I

3.5.2. TSS (*Total Suspended Solid*)

Pengukuran TSS dengan pengukuran Secara Gravimetri (SNI 06-6989.3:2004). Pengujian ditunjukkan dalam lampiran I

3.5.3. Derajat Keasaman (pH)

pH diukur untuk mengetahui asam basa di dalam perairan, diukur langsung menggunakan pH meter dan segera dianalisa maximum 2 jam (SNI No.6989.59:2008). Pengujian ditunjukkan dalam lampiran I.

Menurut (SNI 06-6898.11-2004) cara pengukuran pH adalah sebagai berikut:

- a. Elektroda dikeringkan dengan kertas tisu, kemudian dibilas dengan air suling.
- b. Elektroda dibilas dengan contoh uji.
- c. Elektroda dicelupkan ke dalam sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil.
- d. Hasil dari pembacaan skala atau angka dicatat pada tampilan dari pH meter.

3.5.4. Kekkeruhan

Kekkeruhan diukur dengan Turbidimeter. Sebelum digunakan, alat turbidimeter dikalibrasi dengan menggunakan cairan kalibrasi 0 NTU, 20 NTU, 100 NTU dan 800 NTU. Selanjutnya, dimasukkan sampel ke dalam tabung yang sudah disediakan sampai batas yang telah ditentukan. Tekan *call* untuk membaca nilai kekkeruhan sampel. Prinsip kerjanya yaitu dengan mengukur hamburan cahaya yang mengenai partikel yang terkandung dalam air dengan cara menyinarakan sumber cahaya yang berasal dari lampu kuvet (SNI 06-6989.25-2005).

3.6. Analisis Data

Pengukuran dari efektivitas *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), pH dan kekkeruhan dilakukan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{A_0 - A_n}{A_0} \times 100 \%, \quad (3.1)$$

A_0 adalah kadar pencemar sebelum dilakukan pengolahan, dan A_n adalah kadar pencemar setelah dilakukan pengolahan.

Dari persamaan ini maka didapatkan efektivitas parameter uji air sehingga pengujian dapat dibandingkan dengan kadar pencemar sebelum dilakukan pengolahan dan setelah dilakukanya pengolahan (Eryanto dkk., 2013).

3.7. Analisis Statistik SPSS

SPSS (*Statistical Product for Service Solutions*, dulunya *Statistical Packedge for Social Sciences*) ini adalah program komputer statistik yang dapat mengolah data statistik dengan cepat dan akurat. SPSS memiliki representasi yang baik (dalam bentuk grafik dan tabel), dinamis (mudah untuk mengubah data dan analisis terbaru) dan mudah ditautkan dengan aplikasi Lainnya (misalnya, mengekspor data ke atau dari Excel). Dilihat dari namanya, SPSS memang sangat membantu dalam menyelesaikan berbagai masalah ilmu sosial, terutama dalam analisis statistik (Hasyim dan Listiawan, 2015). SPSS merupakan program aplikasi komputer yang berfungsi untuk menyusun, menyajikan, dan menganalisis data. Data yang dimaksud adalah data numerik atau data berupa angka (data kuantitatif) bukan data dalam bentuk kata-kata (string) atau kalimat.

Dalam penelitian ini digunakan *Multivariate analysis of variance* (Manova) dalam pengolahan data. *Manova* adalah teknik anova menggunakan dua atau lebih variabel dependent matrik. *Manova* memeriksa perbedaan kelompok diseluruh variabel variabel dependent secara simultan, sedangkan hipotesis nol pada *Manova* adalah vektor means pada multiple depedent variabel adalah adalah sama di seluruh kelompok. *Manova* paling cocok jika dua atau lebih variabel dependent saling berkorelasi. Jika multiple dependent tidak saling berkorelasi maka *anova* lebih cocok digunakan dibanding *manova* (Herman, 2012).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1. Hasil Eksperimen

Hasil pengukuran sampel air limbah domestik rumah tangga menggunakan sistem filtrasi *upflow* dengan parameter COD, TSS, pH, dan kekeruhan sebelum dan setelah perlakuan menggunakan multimedia filter ditunjukkan pada Tabel 4.1. Sedangkan hasil pengukuran parameter pendukung ditunjukkan pada Tabel 4.2. Air limbah rumah tangga yang akan diolah, tidak memenuhi baku mutu yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 68 tahun 2016 dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.32 Tahun 2017. Hasil pengujian terhadap air limbah rumah tangga yang diolah memiliki nilai pH 5,5, hal ini menunjukkan bahwa limbah rumah tangga tersebut mengandung derajat keasaman yang tinggi, sedangkan nilai kandungan COD sebesar 491 mg/L, TSS 264 sebesar mg/L dan kekeruhan sebesar 409 NTU. Hasil pengolahan secara fisik ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Air limbah sebelum dan setelah pengolahan.

Tabel 4.1 Hasil analisis dan efektivitas parameter COD, TSS, pH, dan kekeruhan sebelum dan setelah proses filtrasi

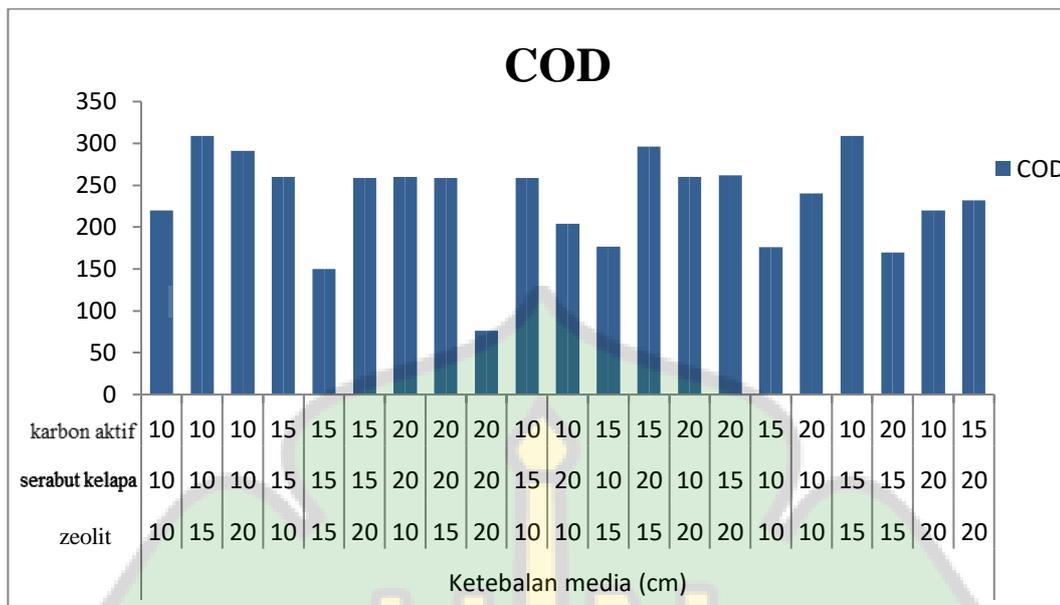
| Tahapan Perlakuan | | | Waktu (dtk) | Debit (m ³ /dtk) | COD (Mg/L) | Ef. COD (%) | TSS (Mg/L) | Ef. TSS (%) | pH | Kekeruhan (NTU) | Ef. Kekeruhan (%) |
|---------------------------|----------------|--------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|------------|-----------------|-------------------|
| Sebelum perlakuan | | | | | 491 | | 264 | | 5,5 | 409 | |
| Ketebalan media | | | | | | | | | | | |
| Zeolit | Serabut kelapa | Karbon aktif | | | | | | | | | |
| 10 cm | 10 cm | 10 cm | 45:53 | 0,00110 | 220 | 55,19 | 131 | 50,37 | 6,1 | 186,7 | 54,35 |
| 10 cm | 15 cm | 15 cm | 01:02.47 | 0,00080 | 260 | 47,04 | 166 | 37,12 | 6,0 | 99,8 | 75,59 |
| 10 cm | 20 cm | 20 cm | 01:20.18 | 0,00062 | 260 | 47,04 | 214 | 18,93 | 6,2 | 90,6 | 77,84 |
| 10 cm | 15 cm | 10 cm | 51:26 | 0,00098 | 259 | 58,48 | 36 | 86,36 | 6,0 | 225 | 44,98 |
| 10 cm | 20 cm | 10 cm | 55:21 | 0,00090 | 204 | 58,45 | 47 | 82,19 | 6,0 | 204 | 50,12 |
| 10 cm | 10 cm | 15 cm | 50:49 | 0,00100 | 176 | 64,15 | 188 | 28,78 | 6,0 | 148,4 | 63,71 |
| 10 cm | 10 cm | 20 cm | 54:35 | 0,00092 | 240 | 51,12 | 97 | 63,25 | 6,1 | 157,9 | 61,39 |
| 15 cm | 10 cm | 10 cm | 52:59 | 0,00096 | 309 | 37,06 | 78 | 70,45 | 6,2 | 143,2 | 64,98 |
| 15 cm | 15 cm | 15 cm | 01:10.00 | 0,00071 | 150 | 69,45 | 133 | 49,62 | 6,1 | 99,5 | 75,67 |
| 15 cm | 20 cm | 20 cm | 01:24.47 | 0,00059 | 259 | 47,25 | 103 | 60,98 | 6,3 | 59,5 | 85,45 |
| 15 cm | 10 cm | 15 cm | 59:17 | 0,00084 | 177 | 69,95 | 88 | 66,66 | 6,1 | 167,1 | 59,14 |
| 15 cm | 20 cm | 15 cm | 01:13.51 | 0,00068 | 296 | 39,71 | 97 | 63,25 | 6,2 | 68,7 | 83,20 |
| 15 cm | 15 cm | 10 cm | 59:59 | 0,00084 | 309 | 37,06 | 187 | 29,16 | 6,2 | 104,1 | 74,54 |
| 15 cm | 15 cm | 20 cm | 01:13.32 | 0,00068 | 169,5 | 65,47 | 166 | 37,12 | 6,3 | 78,7 | 80,75 |
| 20 cm | 10 cm | 10 cm | 56:00 | 0,00089 | 291 | 40,73 | 64 | 75,75 | 6,5 | 121,3 | 70,34 |
| 20 cm | 15 cm | 15 cm | 01:15.48 | 0,00066 | 259 | 47,25 | 24 | 90,90 | 6,7 | 87,5 | 78,60 |
| 20 cm | 10 cm | 20 cm | 01:18.51 | 0,00064 | 260 | 47,04 | 187 | 29,16 | 6,5 | 79,2 | 80,63 |
| 20 cm | 15 cm | 20 cm | 01:23.36 | 0,00060 | 262 | 46,63 | 126 | 52,27 | 6,5 | 65,2 | 84,05 |
| 20 cm | 20 cm | 10 cm | 01:18.13 | 0,00064 | 220 | 55,19 | 218 | 17,42 | 6,5 | 81,5 | 80,07 |
| 20 cm | 20 cm | 15 cm | 01:23.59 | 0,00060 | 232 | 52,74 | 95 | 64,01 | 6,5 | 77,2 | 81,12 |
| 20 cm | 20 cm | 20 cm | 01:28.35 | 0,00056 | 76,5 | 84,41 | 94 | 64,39 | 6,8 | 63,8 | 84,40 |
| Standar Baku Mutu* | | | | | 100 mg/l | | 30 mg/l | | 6-9 | 25 NTU | |

Tabel 4.2 Hasil analisa pengukuran pendukung

| Tahapan Perlakuan | | | Waktu (dtk) | Debit (m ³ /dtk) | TDS (Mg/L) | DHL (mS/cm) | DO (ppm) |
|--------------------|----------------|--------------|-------------|-----------------------------|------------|-------------|----------|
| Perlakuan awal | | | | | 900 | 1,52 | 13,5 |
| Ketebalan media | | | | | | | |
| Zeolit | Serabut kelapa | Karbon aktif | | | | | |
| 10 cm | 10 cm | 10 cm | 45:53 | 0,0011 | 781 | 1,48 | 11,8 |
| 15 cm | 10 cm | 10 cm | 52:59 | 0,00096 | 771 | 1,40 | 11,2 |
| 20 cm | 10 cm | 10 cm | 56:00 | 0,00089 | 820 | 1,33 | 10,15 |
| 10 cm | 15 cm | 15 cm | 01:02.47 | 0,00080 | 745 | 1,27 | 10,12 |
| 15 cm | 15 cm | 15 cm | 01:10.00 | 0,00071 | 812 | 1,25 | 10,8 |
| 20 cm | 15 cm | 15 cm | 01:15.48 | 0,00066 | 811 | 1,22 | 10,11 |
| 10 cm | 20 cm | 20 cm | 01:20.18 | 0,00062 | 781 | 1,23 | 10,3 |
| 15 cm | 20 cm | 20 cm | 01:24.47 | 0,00059 | 703 | 1,19 | 10,2 |
| 20 cm | 20 cm | 20 cm | 01:28.35 | 0,00056 | 702 | 1,02 | 9,3 |
| 10 cm | 15 cm | 10 cm | 51:26 | 0,00098 | 813 | 1,22 | 10,0 |
| 10 cm | 20 cm | 10 cm | 55:21 | 0,00090 | 814 | 1,23 | 10,5 |
| 15 cm | 10 cm | 15 cm | 59:17 | 0,00084 | 861 | 1,21 | 10,1 |
| 15 cm | 20 cm | 15 cm | 01:13.51 | 0,00068 | 771 | 1,22 | 9,9 |
| 20 cm | 10 cm | 20 cm | 01:18.51 | 0,00064 | 883 | 1,19 | 9,8 |
| 20 cm | 15 cm | 20 cm | 01:23.36 | 0,00060 | 810 | 1,21 | 10,3 |
| 10 cm | 10 cm | 15 cm | 50:49 | 0,001 | 811 | 1,25 | 11,0 |
| 10 cm | 10 cm | 20 cm | 54:35 | 0,00092 | 810 | 1,24 | 10,5 |
| 15 cm | 15 cm | 10 cm | 59:59 | 0,00084 | 802 | 1,23 | 10,8 |
| 15 cm | 15 cm | 20 cm | 01:13.32 | 0,00068 | 785 | 1,18 | 10,0 |
| 20 cm | 20 cm | 10 cm | 01:18.13 | 0,00064 | 834 | 1,09 | 10,5 |
| 20 cm | 20 cm | 15 cm | 01:23.59 | 0,00060 | 752 | 1,03 | 10,2 |
| Standar Baku Mutu* | | | | | 200 mg/l | 0,5-3 Ms/cm | 0-4 ppm |

1.2. Pembahasan

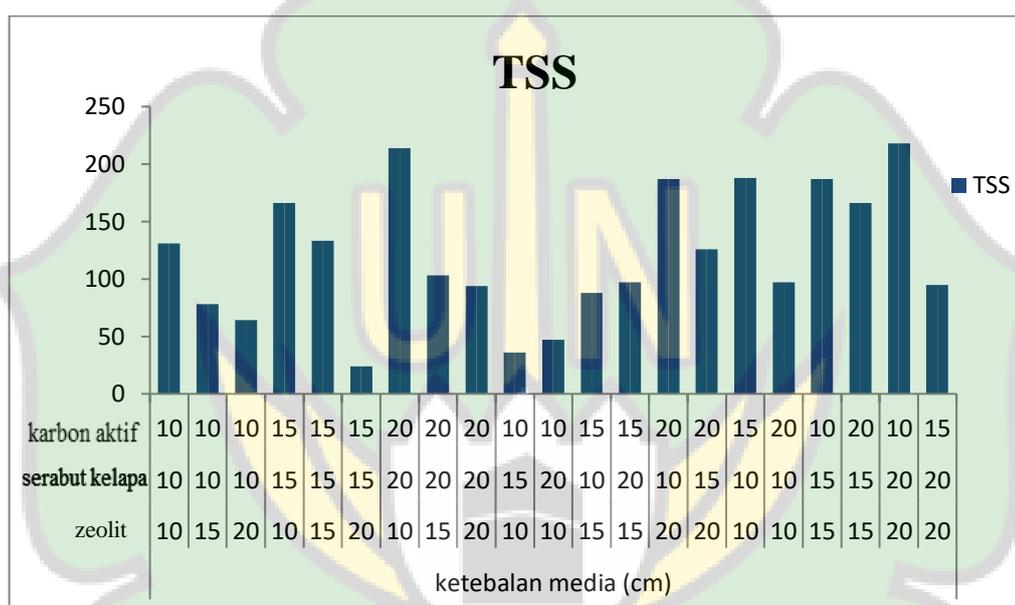
Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa terjadinya penurunan parameter COD, TSS, kekeruhan dan perubahan nilai pH. Hasil COD sebelum perlakuan adalah 491 mg/l, sedangkan setelah perlakuan didapatkan hasil COD yang berbeda sesuai dengan ketebalan dan variasi jenis media yang digunakan. Gambar 4.2 menunjukkan penurunan nilai COD yang memiliki efektivitas maksimum dan memenuhi baku mutu terdapat pada ketebalan media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, dan karbon aktif 20 cm dengan nilai 76,5 mg/l, atau dengan persentase penurunan sebesar 84,41%. Filtrasi terbukti dapat memberikan pengaruh yang signifikan dalam menurunkan kadar COD hingga lebih dari 50% jika dibandingkan dengan sampel air limbah sebelum perlakuan. Tingginya nilai COD pada air limbah menunjukkan banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam limbah (Pungus dkk., 2019). Bahan organik yang terdapat dalam air limbah dapat disisihkan dengan adanya kandungan daya serap pada media karbon aktif dan zeolit. Selain itu, kandungan tanin pada serabut kelapa juga mampu mengikat bahan-bahan organik yang ada dalam air limbah, sehingga kandungan COD menurun (Hidayah, 2016). Hasil analisis data menggunakan linear model *multivariate* yaitu untuk mengetahui pengaruh ketebalan dan jenis media terhadap penurunan parameter COD. Keluaran nilai hasil uji pengaruh media terhadap parameter COD adalah 1,000 lebih besar dari $<$ probabilitas 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh antara jenis media terhadap parameter COD. Sedangkan keluaran nilai pengaruh ketebalan media terhadap COD adalah 0,000 lebih kecil dari $<$ probabilitas 0,05, yang berarti bahwa adanya pengaruh antara ketebalan media terhadap parameter COD.



Gambar 4.2 Hasil pengukuran COD

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa kandungan TSS sebelum perlakuan adalah 264 mg/l, sedangkan setelah perlakuan kandungan TSS berbeda sesuai dengan ketebalan dan variasi jenis media yang digunakan. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa penurunan kandungan TSS yang paling efektif dan memenuhi baku mutu terdapat pada ketebalan media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm, dan karbon aktif 15 cm, dengan kandungan TSS sebesar 24 mg/l, atau dengan persentase penurunan sebesar 90,90%. TSS atau padatan tersuspensi merupakan padatan melayang dalam cairan limbah (Gultom dkk., 2018). Penurunan nilai TSS dapat disebabkan oleh tebalnya media zeolit yang digunakan. Daya serap yang dimiliki zeolit, mampu membuat sejumlah partikel padat dapat teradsorpsi. Menurut Silviani (2019), zeolit merupakan salah satu jenis media yang efektif dalam penyisihan parameter kekeruhan dan TSS. Hal ini disebabkan, karena kemampuan penyaringan dapat ditentukan oleh luas permukaan media filter. Media zeolit memiliki luas permukaan yang besar dalam menyerap, sehingga mampu mengadsorpsi sejumlah partikel padat dalam air. Selain zeolit, karbon aktif juga memiliki daya serap yang besar dalam menyerap partikel padat. Hal ini disebabkan, adanya sifat adsorpsi dari karbon aktif yang mempunyai sifat penukar kation sehingga mampu menyerap TSS (Sulistiyanti dkk., 2018). Hasil analisis data menggunakan linear model *multivariate* yaitu

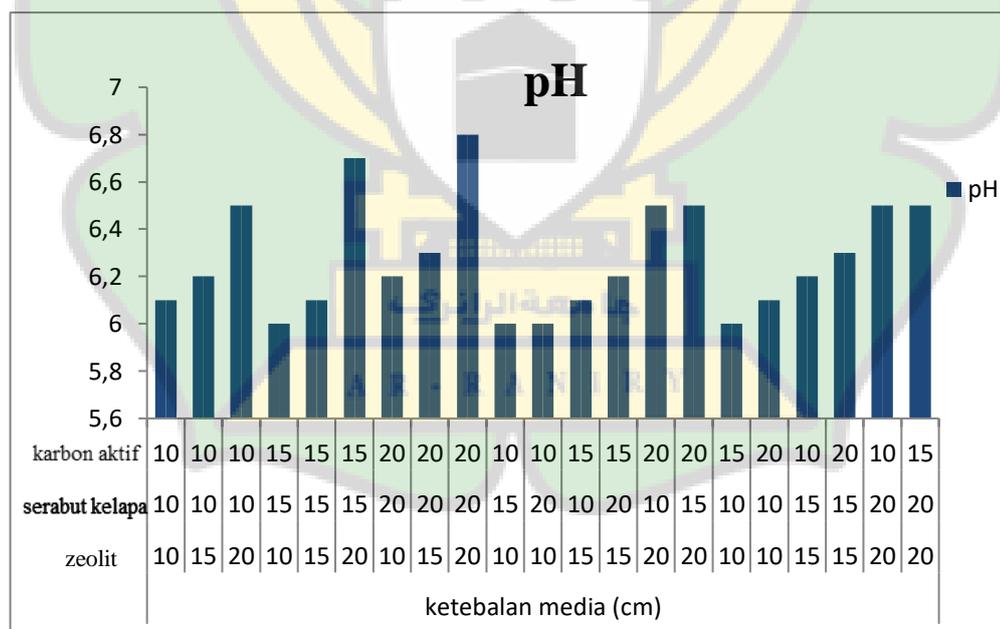
untuk mengetahui pengaruh ketebalan dan jenis media terhadap penurunan parameter TSS. Keluaran nilai hasil uji pengaruh jenis media terhadap parameter TSS adalah 1,000 lebih besar dari $<$ probabilitas 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh antara jenis media terhadap parameter TSS. Sedangkan keluaran nilai pengaruh ketebalan media terhadap TSS adalah 0,000 lebih kecil dari $<$ probabilitas 0,05, yang berarti bahwa adanya pengaruh antara ketebalan media terhadap parameter TSS.



Gambar 4.3 Hasil pengukuran TSS.

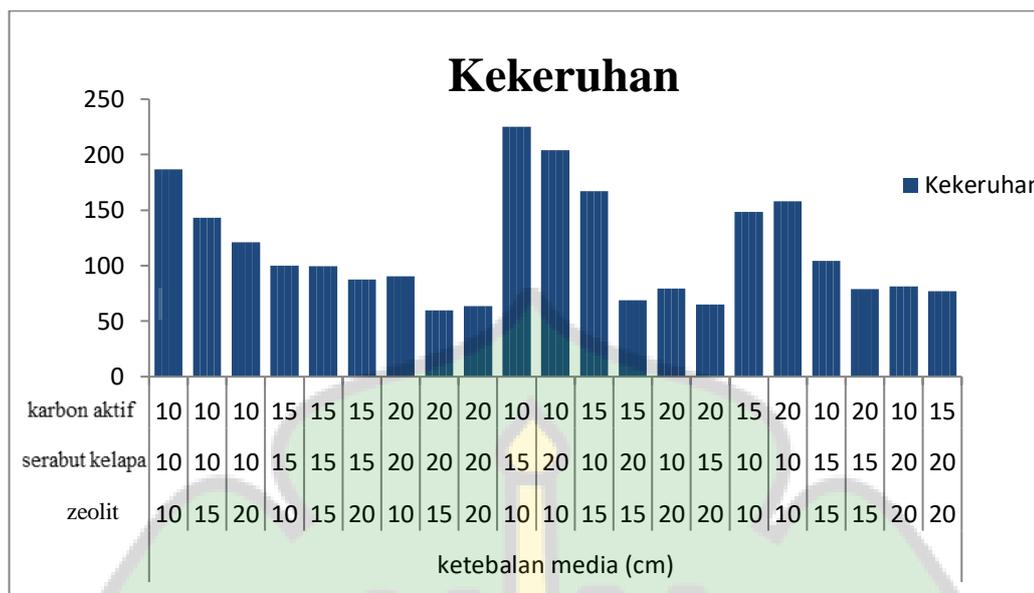
Hasil pengukuran nilai pH dapat dilihat Tabel 4.1. Hasil pH sebelum perlakuan adalah 5,5, yang berarti pH limbah mengandung tingkat asam yang tinggi. Keasaman limbah disebabkan oleh adanya bahan-bahan pencemar organik, seperti asam organik, organik karbon, nitrat dan fosfat (Hidayat, 2021). Sedangkan setelah perlakuan didapatkan hasil pH yang berbeda sesuai dengan ketebalan dan variasi jenis media yang digunakan. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa penurunan nilai pH yang paling efektif dan memenuhi baku mutu terdapat pada ketebalan media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, dan karbon aktif 20 cm dengan nilai sebesar 6,8. Variasi ketiga media memiliki efektivitas dalam menetralkan pH dari kondisi asam dan sudah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Kehutanan Republik

Indonesia Nomor: P. 68 Tahun 2016, dengan nilai pH yaitu sebesar 6-9. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan pH dipengaruhi oleh jenis dan ketebalan media, semakin tebal media yang digunakan maka semakin tinggi pula peningkatan pH. Jenis media yang digunakan juga berpengaruh terhadap penetralan pH, seperti karbon aktif dan zeolit yang mampu menyerap dan mengikat ion-ion logam (Heriyani dan Mugisidi, 2016). Selain itu, media serabut kelapa juga mampu menaikkan parameter pH, seperti hasil penelitian Utomo dkk. (2018), dengan persentase nilai pH naik sebesar 4,7%. Hasil analisis data menggunakan linear model *multivariate* yaitu untuk mengetahui pengaruh ketebalan dan jenis media terhadap penurunan parameter pH. Keluaran nilai hasil uji pengaruh jenis media terhadap parameter pH adalah 1,000 lebih besar dari < probabilitas 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh antara jenis media terhadap parameter pH. Sedangkan keluaran nilai pengaruh ketebalan media terhadap pH adalah 0,000 lebih kecil dari < probabilitas 0,05, yang berarti bahwa adanya pengaruh antara ketebalan media terhadap parameter pH.



Gambar 4.4 Hasil pengukuran pH.

Hasil analisis parameter kekeruhan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Hasil uji kekeruhan sebelum perlakuan adalah 409 NTU, sedangkan setelah perlakuan hasil kekeruhan didapat berbeda sesuai dengan ketebalan dan variasi jenis media yang digunakan. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa penurunan nilai kekeruhan yang paling efektif yaitu pada ketebalan media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm dengan nilai sebesar 59,5 NTU, atau dengan persentase penurunan sebesar 85,45%. Penurunan nilai kekeruhan ini masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.32 Tahun 2017, dengan nilai normal kekeruhan yaitu sebesar 25 NTU. Peraturan yang digunakan merupakan Peraturan Menteri Kesehatan untuk air bersih, dikarenakan belum adanya peraturan untuk air limbah terkait parameter kekeruhan. Hasil ini menunjukkan bahwa tingginya media filter mempunyai pengaruh terhadap penyisihan kekeruhan, karena semakin tinggi media bed maka semakin meningkat penyisihan turbiditasnya (Pamularsih dkk., 2013). Kekeruhan juga saling berhubungan dengan banyaknya jumlah padatan tersuspensi, karena semakin banyak jumlah padatan tersuspensi yang terdapat dalam air limbah, maka akan semakin besar nilai kekeruhan nya. Kekeruhan disebabkan oleh adanya air yang tersuspensi, seperti lumpur, lempung, zat organik, plankton dan zat-zat halus lainnya (Maryani dkk., 2014). Hasil analisis data menggunakan linear model *multivariate* yaitu untuk mengetahui pengaruh ketebalan dan jenis media terhadap penurunan parameter kekeruhan. Keluaran nilai hasil uji pengaruh jenis media terhadap parameter kekeruhan adalah 1,000 lebih besar dari $<$ probabilitas 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh antara jenis media terhadap parameter kekeruhan. Sedangkan keluaran nilai pengaruh ketebalan media terhadap kekeruhan adalah 0,000 lebih kecil dari $<$ probabilitas 0,05, yang berarti bahwa adanya pengaruh antara ketebalan media terhadap parameter kekeruhan.



Gambar 4.5 Hasil pengukuran kekeruhan

Berdasarkan Tabel 4.2, setiap parameter memiliki hubungan yang saling berkaitan dalam air limbah. Seperti parameter TDS dan DHL, dimana DHL (Daya hantar listrik) merupakan ukuran seberapa besar suatu larutan dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan TDS (*Total dissolved solid*) merupakan ukuran zat terlarut baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam suatu larutan. Hubungannya, semakin banyak zat terlarut yang terdapat dalam air limbah, maka akan semakin besar nilai daya hantar listriknya (Nikola dkk., 2015). Semakin tinggi konsentrasi zat padat tersebut larut, maka kandungan mineral mineralnya pun akan semakin tinggi. Sehingga, mineral mineral yang memiliki unsur kation dan anion tersebut akan mampu menghantarkan arus listrik. Selain itu, parameter DO dan TDS juga saling berkaitan dimana semakin besar suatu zat yang terlarut dalam air, maka akan semakin banyak jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh zat tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah:

1. Sistem filtrasi *upflow* dengan menggunakan media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm dan karbon aktif 20 cm mampu menurunkan parameter COD pada air limbah rumah tangga hingga 76,5 mg/l (baku mutu 100 mg/l), dengan persentase penurunan sebesar 84,41%.
2. Sistem filtrasi *upflow* dengan menggunakan media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm dan karbon aktif 15 cm mampu menurunkan parameter TSS pada air limbah rumah tangga sebesar 24 mg/l (baku mutu 30 mg/l), dengan persentase penurunan 90,90%.
3. Sistem filtrasi *upflow* dengan menggunakan media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm dan karbon aktif 20 cm mampu merubah nilai pH pada air limbah rumah tangga sebesar 6,8 (baku mutu yang ditetapkan 6-9).
4. Sistem filtrasi *upflow* dengan menggunakan media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm dan karbon aktif 20 cm mampu menurunkan parameter kekeruhan hingga 59,5 NTU dengan persentase 85,45% dan belum memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan (baku mutu 25 NTU).

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk mengolah limbah rumah tangga menggunakan sistem filtrasi *upflow* dengan menggunakan filter multimedia
2. Diharapkan penelitian terkait filtrasi *upflow* dapat dijadikan penelitian lanjutan dengan menggunakan limbah, parameter dan media yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Artiyani, A., dan Firmansyah, N. H. (2016). Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi UpFlow Dengan Media Pasir Zeolit Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Dan Deterjen Air Limbah Domestik. *Jurnal Industri Inovatif*, 6(1), 8–15.
- Dawud, M., Namara, I., dan Chayati, N. (2016). Analisis Sistem Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Berbasis Masyarakat. November, 1-8.
- Eryanto, B., Bakar, T. A., dan Musrizal, M. (2013). Domestik Studi Kasus Rusunawa Blok D Universitas Hasanuddin. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol. 13(2). Hal:156-163. ISSN 1411-4674
- Filliazati, M., Apriani, I., dan Titin Anita Zahara. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1.
- Gultom, S. O., Mess, T. N., dan Isak Silamba. (2018). Pengaruh Penggunaan Beberapa Jenis Media Filtrasi Terhadap Kualitas Limbah Cair Ekstraksi Sagu. *Jurnal Agrotek*, 12(No.2).
- Hasyim, M., dan Listiawan, T. (2015). Penerapan Aplikasi IBM SPSS untuk Analisis Data Bagi Pengajar Pondok Hidayatul Muhtadi'in Ngunut Tulungagung Demi Meningkatkan Kualitas. 2, 28–35.
- Heriyani, O., dan Mugisidi, D. (2016). Pengaruh Karbon Aktif Dan Zeolit Pada PH Hasil Filtrasi Air Banjir. *Seminar Nasional Teknoka_FT UHAMKA*. ISBN:978-602-73919-0-1.
- Herman, R. T., (2012). Penerapan Model Multivariate Analisis Of Variance Dalam Mengukur Persepsi Destinasi Wisata. *Binus Business Review*, 3(No.1), 461–472.
- Hidayah, N. (2016). Pemanfaatan Senyawa Sekunder Tanaman (Tanin dan Saponin) dalam Mengurangi Emisi Metan Ternak Ruminansia. *Jurnal Sains Peternakan Indonesia*. Vol.11(2). Hal: 89
- Hidayat, K. (2021). Sintesis Dan Pemanfaatan Nanopartikel Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Untuk Pengolahan Limbah Rumah Makan. *Skripsi*. Banda Aceh. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Khambhammettu. (2006). *Full Scale Evaluation of Upflow Filter A Catch Basin Insert for the Treatment of Stormwater at Critical Source Areas*.
- Khuluk, R. H. (2016). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. Program Studi Kimia,

Fakultas MIPA. Universitas Lampung: Bandar Lampung.

- Kusnaedi. (2010). *Mengolah Air Kotor Untuk Air Minum*. Bekasi: Penebar Swadaya.
- Maryani, D., Masduqi, A., dan Moesriati, A. (2014). Pengaruh Ketebalan Media Dan Rate Filtrasi Pada Sand Filter Dalam Menurunkan Kekeruhan Dan Total Coliform. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(No.2, ISSN: 2337-3539), 2301–9271.
- Masduqi, A., dan Slamet, A. (2002). “Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air.” Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- Metcalf, dan Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, Inc: USA.
- Mubin, F., Binilang, A., dan Halim, F. (2016). Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Jurnal Sipil Statistika*. 4(3). (211-223)
- Mukimin, A., Purwamnto, A., Syahroni, C., Moenir, M., Budiarto, A. (2017). Integrasi teknologi koagulasi-flokulasi dengan filter silika-karbon aktif up flow sebagai unit pengolah air limbah industri karpet. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*. Vol.8.(No.1)
- Nicola, F. Mintadi, M. Siswoyo. (2015). Hubungan Antara Konduktivitas, TDS (*Total Dissolved Solid*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) dengan Kadar Fe²⁺ dan Fe Total Pada Air Sumur Gali di Daerah Summersari, Puger dan Kencong Kabupaten Jember. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*
- Pamularsih, C., Choanji, D., dan I Nyoman Widiassa. (2013). Penyisihan Kekeruhan Pada Sistem Pengolahan Air Sungai Tembalang Dengan Teknologi Rapid Sand Filter. *Jurnal Teknologi Dan Industri*, 2(No. 4), 48–54.
- Priadie, B. (2012). Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol.10(1) 38–48.
- Pungus, M., Palilingan, S., & Early Tumimomor. (2019). Penurunan kadar BOD dan COD dalam Limbah Cair Laundry Menggunakan Kombinasi Adsorben Alam Sebagai Media Filtrasi. *Fullerene Journal Of Chem*, 4(No.2), 54–60.
- Rahman, A., dan Budi Hartono. (2004). Penyaringan Air Tanah Dengan Zeolit Alami Untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan. *Makara, Kesehatan*, 8(No.1), 1–6.
- Rahmawati, E., dan Leny Yuanita. (2013). Adsorpsi Pb²⁺ Oleh Arang Aktif Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer*). *Journal of Chemistry*. Vol.2(3).82–87.

- Said, N. I. (2005). Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Skala Individual “Tangki Septik Filter Upflow.” *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Santriyana, D. D., Ir. Rita Hayati, M. S., dan Isna Apriani, S. M. S. (2013). Eksplorasi Tanaman Fitoremediator Aluminium (Al) yang Ditumbuhkan Pada Limbah IPA PDAM Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. Vol. 1(1). Hal: 1–11
- Setiawati, E., & Suroto. (2010). Pengaruh Bahan Aktivator Pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(No.1), 21–26
- Silviani, A. (2019). Studi Penurunan Kekeruhan dan *Total Suspended Solid (TSS)* Dengan Menggunakan *Horizontal Roughing Filter*. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara
- South, A. E., & Nazir, E. (2016). Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga Pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas Di Tangerang Selatan. *Jurnal Ecolab*, 10(2), 80–88
- Sulistyanti, D., Antoniker, A., & Nasrokhah, N. (2018). Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi pada Pengolahan Limbah Laboratorium. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*. Vol.3(2), 147
- Utama, M. P., Kusdarwati, R., & Sahidu, A. M. (2017). Pengaruh Penggunaan Filtrasi Zeolit dan Arang Aktif terhadap Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) Air Tambak Kecamatan Jabon , Sidoarjo. *Journal of Marine and Coastal Science*, 6(1), 19–30.
- Utomo, K. P., Saziati, O., & Pramadita, S. (2018). Coco Fiber Sebagai Filter Limbah Cair Rumah Makan Cepat Saji. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. Vol.1(2). Hal: 030-039

LAMPIRAN I

PENGUJIAN PARAMETER AIR LIMBAH

1. Pengujian parameter TSS (SNI. 06.6989.3.2004)

TSS dari sampel air akan dibaca dengan menggunakan metode gravimetri. Metode tersebut akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut: dengan (SNI. 06.6989.3.2004)

1. Prosedur kerja pengujian TSS (SNI. 06.6989.3.2004)

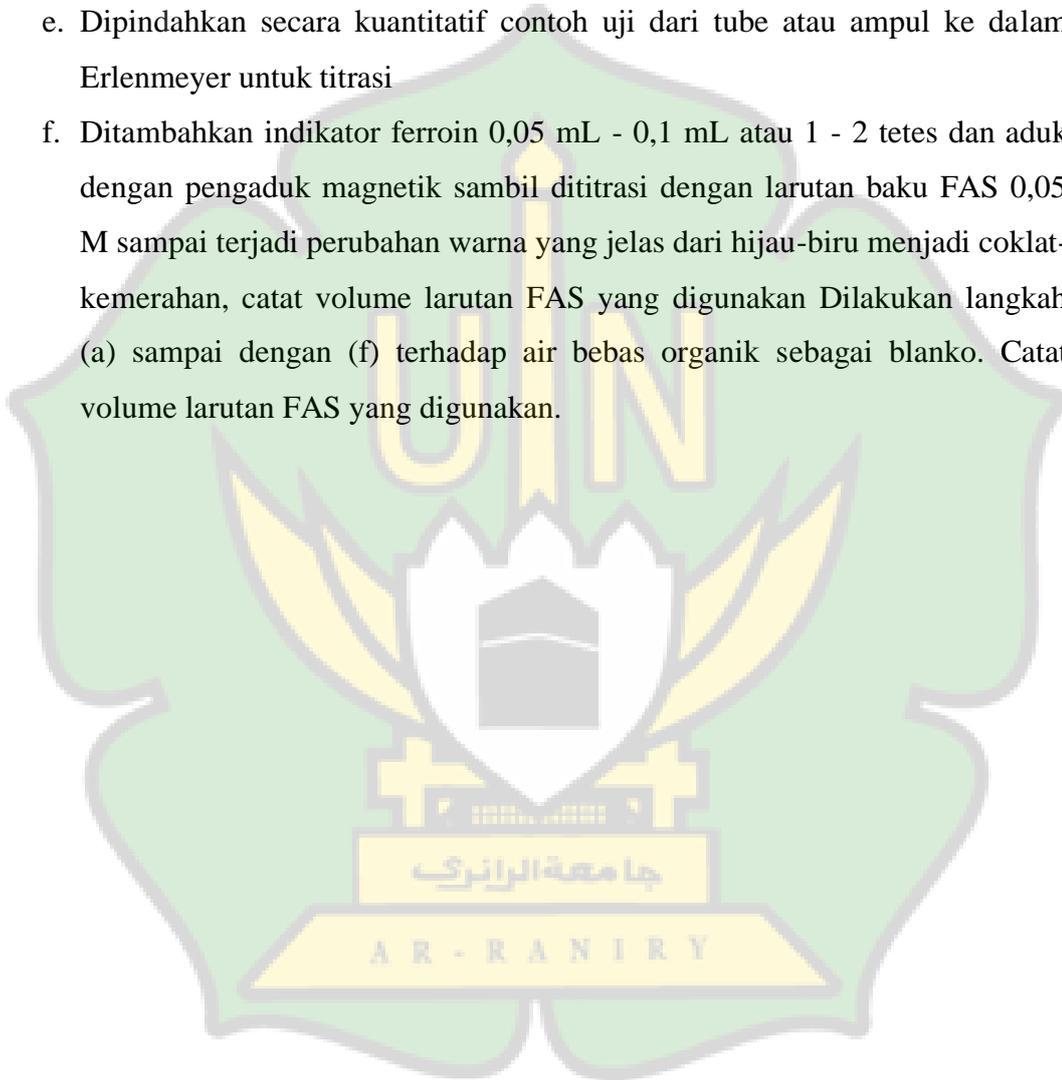
- a. Dilakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Dibasahi saringan dengan sedikit air suling.
- b. Diaduk sampel dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh sampel yang lebih homogen.
- c. Pipet sampel dengan volume tertentu, pada waktu sampel diaduk dengan pengaduk magnetik.
- d. Dicuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, dibiarkan kering sempurna, dan dilanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. sampel dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e. Dipindahkan kertas saring dengan penuh hati-hati dari peralatan penyaring dan dipindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Apabila digunakan cawan Gooch maka dipindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f. Dikeringkan dalam oven minimal selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan suhu 105°C, didinginkan dalam desikator guna untuk menyeimbangkan suhu kemudian ditimbang.
- g. Diulangi tahapan pada pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan dilakukan penimbangan sampai dengan diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

2. Pengujian Parameter COD (SNI. 06.6989.73.2009)

Cara pengujian parameter COD ditunjukkan sesuai (SNI. 06.6989.73.2009) ditunjukkan sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat
Dilarutkan 10,12 g serbuk atau kristal Ag_2SO_4 ke dalam 1000 mL H_2SO_4 pekat, kemudian aduk hingga merata.
2. Pembuatan larutan baku kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,01667 M ($\approx 0,1$ N) (digestion solution).
 - a. Dilarutkan 4,903 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 mL air bebas organik.
 - b. Ditambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 .
 - c. Dilarutkan dan didinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
3. Pembuatan larutan indikator ferroin
Dilarutkan 1,485 g 1,10 phenanthrolin monohidrat dan 695 mg $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam air bebas organik dan diencerkan sampai 100 mL.
4. Pembuatan larutan baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,05 M
 - a. Dilarutkan 19,6 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam 300 mL air bebas organik.
 - b. Ditambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat.
 - c. Didinginkan dan tepatkan sampai 1000 mL.
5. Pembuatan larutan asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$)
Ditambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg $\text{NO}_2\text{-N}$ yang ada dalam contoh uji.
6. Pembuatan larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat ($\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$, KHP) \approx COD 500 mg O_2/L
 - a. KHP digerus perlahan, lalu dikeringkan sampai berat konstan pada suhu 110°C .
 - b. Dilarutkan 425 mg KHP ke dalam air bebas organik sampai 1000 mL.
 - c. Disimpan dalam kondisi dingin pada temperatur $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ dan dapat digunakan sampai 1 minggu selama tidak ada pertumbuhan mikroba.
7. Prosedur kerja pengujian COD
 - a. Pipet volume contoh uji dan tambahkan digestion solution dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung atau ampul.
 - b. Ditutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen

- c. Diletakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C , lakukan digestion selama 2 jam
- d. Didinginkan perlahan-lahan contoh uji yang sudah direfluks sampai suhu ruang. Saat pendinginan sesekali tutup contoh uji dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas
- e. Dipindahkan secara kuantitatif contoh uji dari tube atau ampul ke dalam Erlenmeyer untuk titrasi
- f. Ditambahkan indikator ferroin 0,05 mL - 0,1 mL atau 1 - 2 tetes dan aduk dengan pengaduk magnetik sambil dititrasi dengan larutan baku FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan, catat volume larutan FAS yang digunakan Dilakukan langkah (a) sampai dengan (f) terhadap air bebas organik sebagai blanko. Catat volume larutan FAS yang digunakan.



LAMPIRAN II
DOKUMENTASI PERSIAPAN DAN PENGOLAHAN LIMBAH
RUMAH TANGGA

| | |
|---|--|
|  <p style="text-align: center;">Pengambilan sampel</p> |  <p style="text-align: center;">Sampel air limbah</p> |
|  <p style="text-align: center;">Reaktor filtrasi <i>upflow</i></p> |  <p style="text-align: center;">Proses memasukkan media ke dalam reaktor</p> |



Media Filtrasi



Proses filtrasi



Air setelah difiltrasi



Pengukuran COD



Pengukuran TSS



Pengukuran pH



Pengukuran kekeruhan

LAMPIRAN III
PERHITUNGAN

Perhitungan parameter TSS limbah rumah tangga

1. Perhitungan sampel awal parameter TSS

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2388 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 264 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

2. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2255 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 131 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

3. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2202 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 78 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

4. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2188 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 64 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

5. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2290 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 166 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

6. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2257 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 133 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

7. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2148 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 24 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

8. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2338 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 214 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

9. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2227 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 103 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

10. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2218 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 94 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

11. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2160 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 36 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

12. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2171 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 47 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

13. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2212 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 88 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

14. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2221 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 97 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

15. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2311 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 187 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

16. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2250 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 126 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

17. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2312 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 188 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

18. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2221 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 97 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

19. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2311 - 0,2127) \times 1000}{0,1} = 187 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

20. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2290 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 166 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

21. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2342 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 218 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

22. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2219 - 0,2124) \times 1000}{0,1} = 95 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efektivitas penurunan COD, TSS dan kekeruhan pada limbah rumah tangga

A. Efektivitas Penurunan TSS

1. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264 - 131)}{264} 100\% \\ &= 50,37\% \end{aligned}$$

2. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264 - 78)}{264} 100\% \\ &= 70,45\% \end{aligned}$$

3. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264 - 64)}{264} 100\% \\ &= 75,75\% \end{aligned}$$

4. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-166)}{264} 100\% \\ &= 37,12\% \end{aligned}$$

5. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-133)}{264} 100\% \\ &= 49,62\% \end{aligned}$$

6. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-24)}{264} 100\% \\ &= 90,90\% \end{aligned}$$

7. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-214)}{264} 100\% \\ &= 18,93\% \end{aligned}$$

8. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-103)}{264} 100\% \\ &= 60,98\% \end{aligned}$$

9. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-94)}{264} 100\% \\ &= 64,39\% \end{aligned}$$

10. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-36)}{264} 100\% \\ &= 86,36\% \end{aligned}$$

11. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-47)}{264} 100\% \\ &= 82,19\% \end{aligned}$$

12. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-88)}{264} 100\% \\ &= 66,66\% \end{aligned}$$

13. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-97)}{264} 100\% \\ &= 63,25\% \end{aligned}$$

14. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-187)}{264} 100\% \\ &= 29,16\% \end{aligned}$$

15. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-126)}{264} 100\% \\ &= 52,27\% \end{aligned}$$

16. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-188)}{264} 100\% \\ &= 28,78\% \end{aligned}$$

17. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-97)}{264} 100\% \\ &= 63,25\% \end{aligned}$$

18. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-187)}{264} 100\% \\ &= 29,16\% \end{aligned}$$

19. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-166)}{264} 100\% \\ &= 37,12\% \end{aligned}$$

20. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-218)}{264} 100\% \\ &= 17,42\% \end{aligned}$$

21. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(264-95)}{264} 100\% \\ &= 64,01\% \end{aligned}$$

B. Efektivitas Penurunan COD

1. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-220)}{491} 100\% \\ &= 55,19\% \end{aligned}$$

2. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-309)}{491} 100\% \\ &= 37,06\% \end{aligned}$$

3. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-291)}{491} 100\% \\ &= 40,73\% \end{aligned}$$

4. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-260)}{491} 100\% \\ &= 47,04\% \end{aligned}$$

5. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-150)}{491} 100\% \\ &= 69,45\% \end{aligned}$$

6. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-259)}{491} 100\% \\ &= 47,25\% \end{aligned}$$

7. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-260)}{491} 100\% \\ &= 47,04\% \end{aligned}$$

8. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-259)}{491} 100\% \\ &= 47,25\% \end{aligned}$$

9. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-76,5)}{491} 100\% \\ &= 84,41\% \end{aligned}$$

10. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-259)}{491} 100\% \\ &= 58,48\% \end{aligned}$$

11. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-204)}{491} 100\% \\ &= 58,45\% \end{aligned}$$

12. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-177)}{264} 100\% \\ &= 69,95\% \end{aligned}$$

13. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-296)}{491} 100\% \\ &= 39,71\% \end{aligned}$$

14. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-260)}{491} 100\% \\ &= 47,04\% \end{aligned}$$

15. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-262)}{491} 100\% \\ &= 46,63\% \end{aligned}$$

16. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-176)}{491} 100\% \\ &= 64,15\% \end{aligned}$$

17. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-240)}{491} 100\% \\ &= 51,12\% \end{aligned}$$

18. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD\text{ Awal} - COD\text{ Akhir})}{COD\text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-309)}{491} 100\% \\ &= 37,06\% \end{aligned}$$

19. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-169,5)}{491} 100\% \\ &= 65,47\% \end{aligned}$$

20. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-220)}{491} 100\% \\ &= 55,19\% \end{aligned}$$

21. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(491-232)}{491} 100\% \\ &= 52,74\% \end{aligned}$$

C. Efektivitas Penurunan kekeruhan

1. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{COD Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-186,7)}{409} 100\% \\ &= 54,35\% \end{aligned}$$

2. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-143,2)}{409} 100\% \\ &= 64,98\% \end{aligned}$$

3. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-121,3)}{409} 100\% \\ &= 70,34\% \end{aligned}$$

4. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-99,8)}{409} 100\% \\ &= 75,59\% \end{aligned}$$

5. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-99,5)}{409} 100\% \\ &= 75,67\% \end{aligned}$$

6. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-87,5)}{409} 100\% \\ &= 78,60\% \end{aligned}$$

7. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-90,6)}{409} 100\% \\ &= 77,84\% \end{aligned}$$

8. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-59,5)}{409} 100\% \\ &= 85,45\% \end{aligned}$$

9. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-63,8)}{409} 100\% \\ &= 84,40\% \end{aligned}$$

10. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-225)}{409} 100\% \\ &= 44,98\% \end{aligned}$$

11. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-204)}{409} 100\% \\ &= 50,12\% \end{aligned}$$

12. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-167,1)}{409} 100\% \\ &= 59,14\% \end{aligned}$$

13. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-68,7)}{409} 100\% \\ &= 83,20\% \end{aligned}$$

14. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-79,2)}{409} 100\% \\ &= 80,63\% \end{aligned}$$

15. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-65,2)}{409} 100\% \\ &= 84,05\% \end{aligned}$$

16. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-148,4)}{409} 100\% \\ &= 63,71\% \end{aligned}$$

17. Media zeolit 10 cm, serabut kelapa 10 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-157,9)}{409} 100\% \\ &= 61,39\% \end{aligned}$$

18. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-104,1)}{409} 100\% \\ &= 74,54\% \end{aligned}$$

19. Media zeolit 15 cm, serabut kelapa 15 cm, karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-78,7)}{409} 100\% \\ &= 80,75\% \end{aligned}$$

20. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-81,5)}{409} 100\% \\ &= 80,07\% \end{aligned}$$

21. Media zeolit 20 cm, serabut kelapa 20 cm, karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir})}{\text{kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(409-77,2)}{409} 100\% \\ &= 81,12\% \end{aligned}$$

LAMPIRAN IV

1. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan republik Indonesia Nomor: P. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik

| No. | Parameter | Satuan | Kadar maksimum |
|-----|-----------------------|--------------|----------------|
| 1. | Ph | - | 6-9 |
| 2. | BOD | Mg/l | 30 |
| 3. | COD | Mg/l | 100 |
| 4. | TSS | Mg/l | 30 |
| 5. | Minyak dan lemak | Mg/l | 5 |
| 6. | Amoniak | Mg/l | 10 |
| 7. | <i>Total coliform</i> | Jumlah/100Ml | 3000 |

2. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

| No. | Parameter | Satuan | Kadar Maksimum yang Diperbolehkan |
|-----------|--|--------|------------------------------------|
| A. | Fisika | | |
| 1 | Kekeruhan | NTU | 25 |
| 2 | Warna | NTU | 50 |
| 3 | Zat padat terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>) | Mg/l | 1000 |
| 4 | Suhu | °C | Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$ |
| 5 | Rasa | - | Tidak berasa |
| 6 | Bau | - | Tidak berbau |

LAMPIRAN V
RENCANA ANGGARAN BIAYA

| No. | Jenis | Jumlah | Harga |
|-----------------------------|------------------------|---------|---------|
| Bahan Desain Reaktor | | | |
| 1. | Pipa PVC 4 inchi | 1 Meter | 75.000 |
| 2. | Pipa PCV ¾ inchi | 1 Meter | 20.000 |
| 3. | Jerigen | 1 | 50.000 |
| 4. | Lem pipa | 1 | 10.000 |
| 5. | Gayung | 1 | 10.000 |
| 6. | Penutup pipa | 3 | 45.000 |
| Media filter | | | |
| 1. | Karbon aktif | 2 kg | 50.000 |
| 2. | Zeolit | 2 kg | 20.000 |
| 3. | Serabut kelapa | 2 kg | 10.000 |
| Uji Parameter | | | |
| 1. | Aquades | 1 liter | 10.000 |
| 2. | Tisu | 2 pak | 20.000 |
| 3. | Larutan, kertas saring | - | 200.000 |
| 4. | DII | | 100.000 |
| TOTAL | | | 620.000 |

LAMPIRAN VI
HASIL ANALISIS SPSS

Multivariate Tests^a

| Effect | | Value | F | Hypothesis df | Error df | Sig. |
|----------------------|--------------------|----------|------------------------|---------------|----------|-------|
| Intercept | Pillai's Trace | 1,000 | 39515,501 ^b | 4,000 | 51,000 | ,000 |
| | Wilks' Lambda | ,000 | 39515,501 ^b | 4,000 | 51,000 | ,000 |
| | Hotelling's Trace | 3099,255 | 39515,501 ^b | 4,000 | 51,000 | ,000 |
| | Roy's Largest Root | 3099,255 | 39515,501 ^b | 4,000 | 51,000 | ,000 |
| Media | Pillai's Trace | ,000 | ,000 | 8,000 | 104,000 | 1,000 |
| | Wilks' Lambda | 1,000 | ,000 ^b | 8,000 | 102,000 | 1,000 |
| | Hotelling's Trace | ,000 | ,000 | 8,000 | 100,000 | 1,000 |
| | Roy's Largest Root | ,000 | ,000 ^c | 4,000 | 52,000 | 1,000 |
| Ketebalan | Pillai's Trace | ,562 | 5,079 | 8,000 | 104,000 | ,000 |
| | Wilks' Lambda | ,508 | 5,132 ^b | 8,000 | 102,000 | ,000 |
| | Hotelling's Trace | ,829 | 5,181 | 8,000 | 100,000 | ,000 |
| | Roy's Largest Root | ,598 | 7,774 ^c | 4,000 | 52,000 | ,000 |
| Media * Ketebalan | Pillai's Trace | ,211 | ,750 | 16,000 | 216,000 | ,740 |
| | Wilks' Lambda | ,796 | ,759 | 16,000 | 156,445 | ,729 |
| | Hotelling's Trace | ,249 | ,770 | 16,000 | 198,000 | ,719 |
| | Roy's Largest Root | ,214 | 2,889 ^c | 4,000 | 54,000 | ,031 |

a. Design: Intercept + Media + Ketebalan + Media * Ketebalan

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.