

**EFEKTIVITAS FILTRASI PASIR CEPAT PADA PENGOLAHAN
LIMBAH RUMAH MAKAN DENGAN MEDIA SABUT KELAPA DAN
KARBON AKTIF**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

SUCI MUHARRAMI

NIM. 170702055

**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

**EFEKTIVITAS FILTRASI PASIR CEPAT PADA PENGOLAHAN LIMBAH
RUMAH MAKAN DENGAN MEDIA SABUT KELAPA DAN KARBON
AKTIF**

TUGAS AKHIR

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

Diajukan Oleh:

SUCI MUHARRAMI

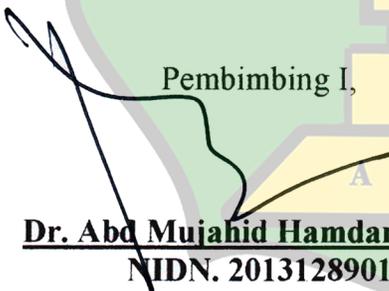
NIM. 170702055

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry**

Banda Aceh, 31 Juli 2021
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


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


Husnawati Yahya, M.Sc.
NIDN. 2009118301

Mengetahui,

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



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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS FILTRASI PASIR CEPAT PADA PENGOLAHAN LIMBAH
RUMAH MAKAN DENGAN MEDIA SABUT KELAPA DAN KARBON
AKTIF**

TUGAS AKHIR

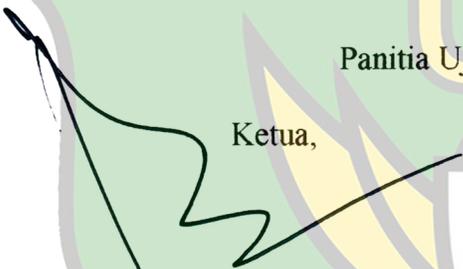
Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

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

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,


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


Husnawati Yahya M.Sc.
NIDN. 2009118301

Penguji I,

Penguji II,


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


Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

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 : Suci Muharrami
NIM : 170702055
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Efektivitas Filtrasi Pasir Cepat pada Pengolahan Limbah
Rumah Makan dengan Media Sabut Kelapa dan Karbon Aktif

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.

AR - RANIRY Banda Aceh, 31 Juli 2021
Yang Menyatakan,


Suci Muharrami

10000
SERBUK BIRU RUPAH
METERAI TEMPEL
E28A6AJX242553195

ABSTRAK

Nama : Suci Muharrami
NIM : 170702055
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Efektivitas Filtrasi Pasir Cepat pada Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Media Sabut Kelapa dan Karbon Aktif
Tanggal Sidang : 31 Juli 2021
Jumlah Halaman : 89
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Pembimbing II : Husnawati Yahya, M.Sc.
Kata Kunci : Sabut kelapa, karbon aktif, filtrasi, limbah rumah makan

Limbah cair domestik telah menjadi penyebab utama pencemaran perairan dengan persentasenya mencapai 60-70%. Selain menyebabkan pencemaran perairan, limbah domestik juga dapat menimbulkan bau, penyakit dan merusak estetika lingkungan. Salah satu media yang berpotensi mengolah air adalah sabut kelapa. Namun, penggunaan sabut kelapa pada pengolahan limbah rumah makan perlu dioptimalkan dengan kombinasi karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas kedua media tersebut dalam mereduksi limbah rumah makan. Eksperimen dilakukan dengan variasi ketebalan media sabut kelapa dan karbon aktif 10, 15 dan 20 cm dan pasir 40 mesh 10 cm. Hasil penelitian dengan *single media* mampu menurunkan kadar pencemar, namun tidak mampu memenuhi baku mutu. Perlakuan dengan media kombinasi sabut kelapa dan karbon aktif mampu menurunkan COD hingga memenuhi baku mutu. Perlakuan dengan penambahan media pasir terbukti lebih efektif hingga memenuhi baku mutu dengan efektivitas penurunan TSS, COD dan kekeruhan yang paling tinggi didapatkan pada ketebalan media sabut kelapa 20 cm dan karbon aktif 20 cm dan pasir 40 mesh 10 cm yaitu masing-masing sebesar 95,78, 93,04 dan 98,72% yang dipengaruhi oleh ketebalan dan waktu kontak limbah dengan media.

AR - RANIRY

ABSTRACT

Name : Suci Muharrami
NIM : 170702055
Department : Environmental Engineering
Title : *The Effectiveness of Rapid Sand Filter in Restaurant Waste Treatment with Coco Fiber and Activated Carbon Media*
Date of Session : 31st July 2021
Number of Pages : 89
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Advisor II : Husnawati Yahya, M.Sc.
Keywords : *Coco fiber, activated carbon, filtration, restaurant waste*

Domestic liquid waste has become the main cause of aquatic pollution with a percentage of 60-70%. In addition to causing water pollution, domestic waste can also cause odors, diseases and damage the aesthetics of the environment. One of the media that has the potential to process water is coco fiber. However, the use of coco fiber in the treatment of food wasted need to be optimized with a combination of activated carbon. This study aimed to analyze the effectiveness of both media in reducing restaurant waste. The experiment was conducted with variations in the thickness of coco fiber and activated carbon media of 10, 15, and 20 cm and sand 40 mesh of 10 cm. The results of the study with single media were able to lower the level of pollutants but were not able to meet quality standards. Treatment with a combination of coco fiber and activated carbon media is able to reduce COD to meet quality standards. The addition of sand media proved more effective in meeting quality standards with the effectiveness of the reduction of TSS, COD, and turbidity the highest obtained at the thickness of coco fiber media 20 cm activated carbon 20 cm, and sand 40 mesh 10 cm, which is respectively 95.78, 93.04, and 98.72%, which is influenced by the thickness and time of contact of waste with the media.

جامعة الرانري

AR - RANIRY

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan Hidayah-Nyalah sampai saat ini penulis masih diberi kesehatan serta kesempatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat dan salam tak lupa disanjungkan kepada Nabi besar Muhammad SAW, yang mana oleh beliau telah membawa umat manusia dari alam kebodohan ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Dengan pertolongan dan hidayah dari Allah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Selama persiapan dan pelaksanaan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapat bantuan, dukungan, bimbingan, motivasi serta do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan untaian do'anya selama ini.
2. Dr. Azhar Amsal, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si, selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh dan selaku koordinator tugas akhir serta selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc., selaku Penasehat Akademik yang telah banyak memberi arahan dan dukungan selama masa perkuliahan.
6. Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Arief Rahman, M.T., selaku ketua Laboratorium Teknik Lingkungan.
8. Ibu Ida Royani yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
9. Ibu Nurul Huda, S.Pd. yang telah membantu dan memberikan dukungan selama masa penelitian berlangsung.

10. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah mengajarkan banyak ilmu.
11. Seluruh staff tata usaha yang telah membantu dalam pengurusan administrasi.
12. Teman-teman seperjuangan angkatan 2017 yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.
13. Teman-teman tercinta Refsi Reka Saputri, Cut Taffazani Fithrian Nazla, Wilda Nurfajri, Rachmita Geubrina Raszky, Meri Selfia dan Sofia Zahara yang telah banyak membantu dan menemani hari-hari penyelesaian tugas akhir ini.
14. Dan semua pihak yang telah terlibat dan membantu dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
15. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all time.*

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas do'a dan keikhlasan. Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis menyadari, walaupun tugas akhir ini telah penulis susun dengan semaksimal mungkin namun tidak terlepas dari kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu penulis memohon maaf dan menerima segala saran dan kritik dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca dan semoga Allah selalu meridhai dan melimpahkan ilmunya kepada kita semua.

A R - R A N I R Y

Banda Aceh, 31 Juli 2021

Penulis,

Suci Muharrami

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Limbah Cair Domestik	6
2.2. Filtrasi	7
2.3. Sabut Kelapa dan Karbon Aktif	8
2.4. Penelitian Terdahulu	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1. Tahapan Penelitian	12
3.2. Lokasi Penelitian	13
3.2.1 Lokasi penelitian sampel.....	13
3.2.2 Teknik pengambilan sampel.....	14
3.3. Eksperimen Filtrasi.....	14
3.4. Pengukuran Parameter.....	16
3.2.1 Pengukuran parameter pH.....	17
3.2.2 Pengukuran parameter TSS.....	17
3.2.3 Pengukuran parameter COD	19
3.2.4 Pengukuran parameter kekeruhan.....	19
3.2.5 Pengukuran parameter TDS	20
3.2.6 Pengukuran parameter DHL	20
3.2.7 Pengukuran parameter DO.....	20
3.5. Analisa Data	20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil	22
4.2 Pembahasan	25
4.2.1 Pengaruh ketebalan media terhadap perubahan pH dan penurunan parameter TSS, COD, dan kekeruhan	25
4.2.2 Efektivitas media sabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filtrasi dalam merubah pH dan menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan	35
4.2.3 Pengaruh ketebalan media terhadap parameter TDS, DHL dan DO	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	49
RIWAYAT HIDUP PENULIS	74



DAFTAR GAMBAR

Halaman

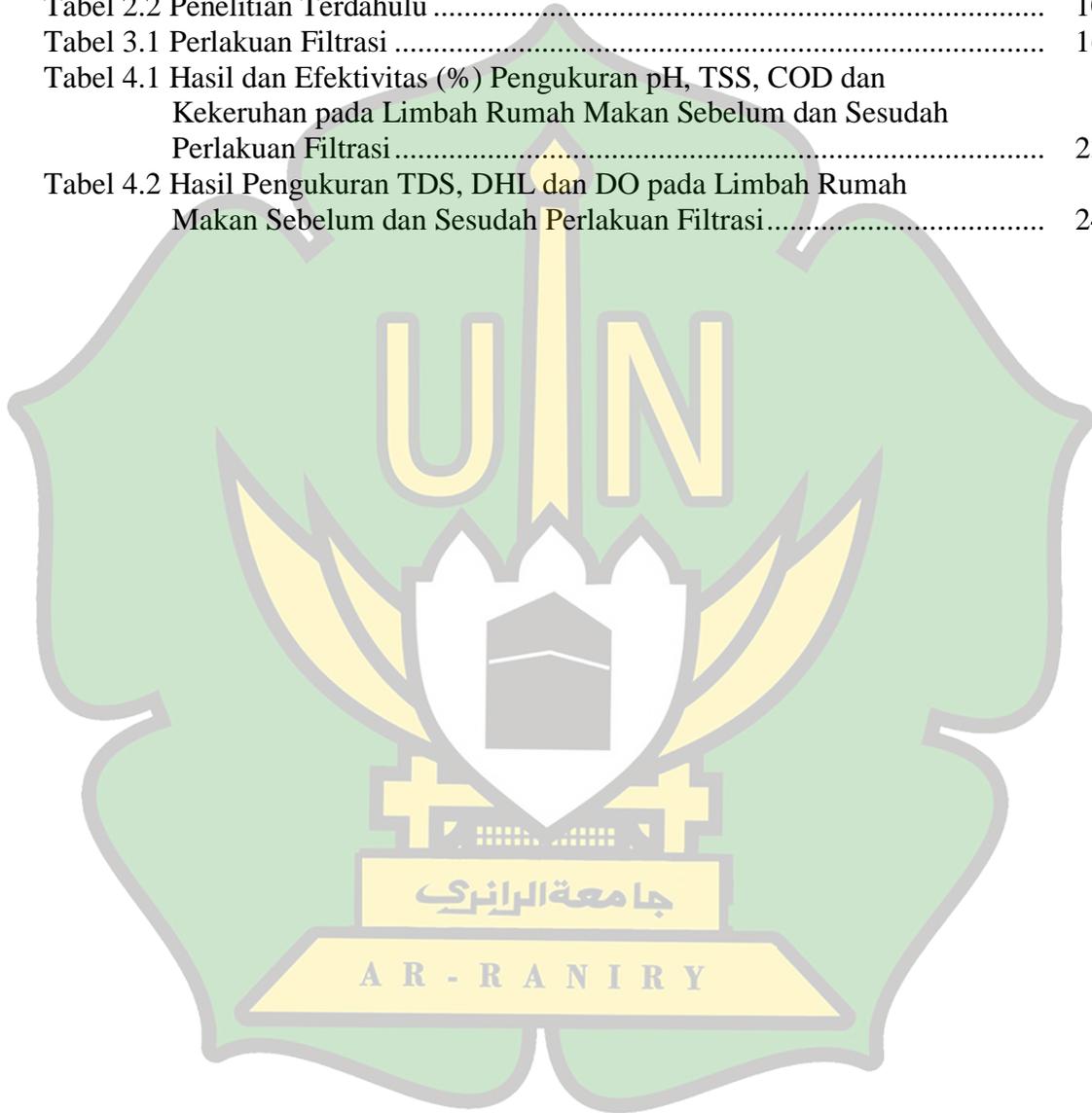
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	13
Gambar 3.2	Lokasi Pengambilan Sampel.....	14
Gambar 3.3	Reaktor Filtrasi.....	15
Gambar 3.4	pH Meter	17
Gambar 3.5	Pompa Vakum TSS.....	18
Gambar 3.6	Alat COD	19
Gambar 3.7	Turbidimeter.....	19
Gambar 4.1	Sampel limbah.....	22
Gambar 4.2	Diagram peningkatan pH pada <i>single media filter</i>	26
Gambar 4.3	Diagram peningkatan pH pada media kombinasi	27
Gambar 4.4	Diagram penurunan TSS pada <i>single media filter</i>	28
Gambar 4.5	Diagram penurunan TSS pada media kombinasi	30
Gambar 4.6	Diagram penurunan COD pada <i>single media filter</i>	31
Gambar 4.7	Diagram penurunan COD pada media kombinasi	32
Gambar 4.8	Diagram penurunan kekeruhan pada <i>single media filter</i>	33
Gambar 4.9	Diagram penurunan kekeruhan pada media kombinasi	34
Gambar 4.10	Diagram pengaruh waktu terhadap pH	36
Gambar 4.11	Diagram pengaruh waktu terhadap TSS	37
Gambar 4.12	Diagram pengaruh waktu terhadap COD.....	37
Gambar 4.13	Diagram pengaruh waktu terhadap kekeruhan.....	38

جامعة الرانري

AR - RANIRY

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Standar Baku Mutu	7
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3.1 Perlakuan Filtrasi	16
Tabel 4.1 Hasil dan Efektivitas (%) Pengukuran pH, TSS, COD dan Kekeruhan pada Limbah Rumah Makan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Filtrasi	23
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran TDS, DHL dan DO pada Limbah Rumah Makan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Filtrasi	24



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Standar Baku Mutu.....	49
Lampiran 2 Dokumentasi Tahapan Perlakuan dan Pengukuran	50
Lampiran 3 Perhitungan Parameter TSS Limbah Rumah Makan.....	57
Lampiran 4 Efisiensi Penurunan TSS, COD dan Kekeruhan Limbah Rumah Makan	60
Lampiran 5 Analisis SPSS	72



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan/Lambang	Kepanjangan/Makna	Halaman
BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>	2
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	3
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	4
Ph	<i>Power of Hydrogen</i>	4
Permen	Peraturan Menteri	7
Permenkes	Peraturan Menteri Kesehatan	7
LHK	Lingkungan Hidup dan Kehutanan	7
Fe	Besi	11
SNI	Standar Nasional Indonesia	14
Cm	Centi Meter	15
ml	Mili Liter	18
°C	Derajat Celcius	18
Mg	Mili Gram	18
K ₂ Cr ₂ O ₇	Kalium Dikromat	19
H ₂ SO ₄	Asam Sulfat	19
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>	19
Dtk	Detik	22
Ef	Efektivitas	22
m ³ /jam	Meter kubik per jam	22
mg/l	Milligram per liter	22
Ppm	<i>Parts per million</i>	23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini usaha rumah makan kian meningkat. Peningkatan ini tentu tidak terlepas dari adanya dampak negatif yang akan ditimbulkan seperti peningkatan produksi air limbah yang berpengaruh terhadap kualitas lingkungan sekitar apabila tidak ditangani dengan baik. Air limbah yang dibuang langsung ke lingkungan dapat menimbulkan permasalahan yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan, bahkan saat ini telah menjadi ancaman yang serius mengingat semakin meningkatnya jumlah produksi (Pranita dkk., 2020). Mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, maka limbah usaha rumah makan termasuk dalam kategori limbah cair domestik (Utomo dkk., 2018). Menurut Andiese (2011), limbah rumah makan merupakan bahan sisa dari aktivitas rumah makan, seperti sisa bahan makanan, sisa pencucian peralatan makan, peralatan memasak dan sisa pencucian bahan makanan juga dari sisa-sisa makanan dan sajian olahan makanan.

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik yaitu sisa buangan cair dari usaha dan atau kegiatan pemukiman, perniagaan, perkantoran, rumah makan, apartemen dan asrama. Kandungan zat pencemar yang dominan pada limbah cair domestik adalah bahan organik, minyak, lemak dan padatan tersuspensi, yang apabila langsung dialirkan ke perairan dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan karena adanya pencemaran. Kandungan bahan organik yang tinggi dalam limbah domestik dapat menyebabkan meningkatnya pencemaran badan air (Wirosoedarmo dkk., 2016). Akhir-akhir ini limbah cair domestik menjadi penyebab utama pencemaran perairan dengan persentasenya mencapai 60-70% (Filliazati dkk., 2013). Selain menyebabkan pencemaran perairan, limbah domestik yang dibuang langsung ke lingkungan dapat menimbulkan bau, menimbulkan berbagai penyakit dan merusak estetika lingkungan.

Menurut Safitri (2016), rumah makan adalah salah satu usaha yang menghasilkan buangan cair domestik yang cukup besar dengan persentase mencapai 17,8%. Menurut Zahra dkk. (2015) limbah cair rumah makan yang belum dilakukan pengolahan memiliki kandungan organik yang tinggi yang dapat membusuk dan terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga jika dialirkan ke perairan dapat menaikkan populasi mikroorganisme dan dapat meningkatkan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dalam perairan tersebut. Selain itu, deterjen sisa pencucian peralatan berpotensi mengandung fosfor dan juga dapat menaikkan pH air. Pemilik usaha harus melakukan pengolahan terhadap limbah cair domestik yang dihasilkan sebelum dialirkan ke badan air, hal ini telah dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Andiese, 2011).

Tujuan pengolahan limbah cair domestik adalah untuk meminimalisir kadar pencemar yang ada pada perairan (Pramita dkk., 2020). Proses pengolahan limbah rumah makan telah dilakukan dengan beberapa teknik, namun teknik tersebut memiliki beberapa kendala yaitu memerlukan tempat yang luas dan besar, pengoperasiannya sulit, dan menimbulkan bau tak sedap akibat proses degradasi. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan adanya teknologi yang mampu memecahkan permasalahan tersebut serta dapat memenuhi baku mutu air limbah domestik yang berlaku saat ini.

Menurut Puspawati dkk. (2017), filtrasi merupakan metode pengolahan limbah cair domestik yang sederhana, murah, dan efektif. Filtrasi adalah proses pengolahan limbah dengan cara memisahkan zat padat dari fluida dengan memanfaatkan media berpori untuk menghilangkan koloid dan material tersuspensi serta zat lainnya yang ada pada limbah. Tujuannya adalah untuk menyaring sebanyak mungkin zat-zat pencemar yang ada pada air limbah dengan menggunakan media filter. Sistem filtrasi mampu menyisihkan warna, bau, rasa, logam berat juga mampu menghilangkan bakteri-bakteri patogen yang ada pada limbah.

Salah satu media filter yang dapat digunakan adalah serat alam. Serat alam ramah lingkungan dan tersedia banyak di alam. Selain itu, serat alam juga memiliki keunggulan seperti murah, awet, ringan, dan tidak beracun. Serat kelapa merupakan salah satu contoh media filter yang berasal dari serat alam. Keunggulan yang dimiliki serat kelapa yaitu memiliki nilai volume, luas permukaan kuat dan ketahanan yang tinggi terhadap degradasi biologis. Serat kelapa juga memiliki kemampuan menurunkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebesar 98,58%, dan *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 83,51% pada limbah cair rumah makan (Utomo dkk., 2018).

Menurut Wirosoedarmo dkk. (2016), karbon aktif mampu menyerap zat terlarut dalam air, baik organik maupun anorganik. Penggunaan karbon aktif pada pengolahan air limbah termasuk metode yang efektif, mudah diterapkan dan relatif murah karena dapat diproduksi dari bahan-bahan alami seperti limbah pertanian yang banyak mengandung selulosa. Karbon aktif mampu menurunkan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) limbah pencucian umbi dengan efektivitas sebesar 93,93%. Penelitian yang lain, penggunaan karbon aktif pada pengolahan limbah cair batik dengan ketinggian tumpukan 80 cm dan waktu tinggal 75 menit dalam menurunkan kadar BOD dan TSS menunjukkan tingkat efisiensi sebesar 82,3% dan 86,5%.

Penggunaan sabut kelapa pada pengolahan limbah rumah makan dapat dioptimalkan bila dikombinasikan dengan karbon aktif. Sabut kelapa memiliki komponen penjerat yang aktif yaitu lignin dan tanin sehingga mampu menghilangkan zat-zat organik dan material tersuspensi seperti TSS dan BOD. Sedangkan karbon aktif mampu menghilangkan bau, warna kuning, serta unsur-unsur merugikan lainnya yang terkandung pada limbah rumah makan. Hasil penelitian yang telah dilakukan juga menunjukkan bahwa pengolahan limbah rumah makan dengan media sabut kelapa, karbon aktif dan pasir mampu menurunkan beberapa pencemar pada limbah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, filtrasi pasir cepat dengan media sabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filter berpotensi merubah pH dan menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan pada pengolahan limbah rumah makan secara ekonomis, efektif, dan efisien. Namun, belum ada penelitian untuk mengetahui efektivitasnya dalam pengolahan limbah rumah makan. Dengan demikian, pertanyaan yang akan dijawab pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh ketebalan media lapisan sabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filtrasi dalam merubah pH dan menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan?
2. Bagaimana efektivitas media lapisan sabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filtrasi dalam merubah pH dan menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh ketebalan media lapisan sabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filtrasi dalam merubah pH dan menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan.
2. Untuk mengetahui efektivitas media sabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filtrasi dalam merubah pH dan menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

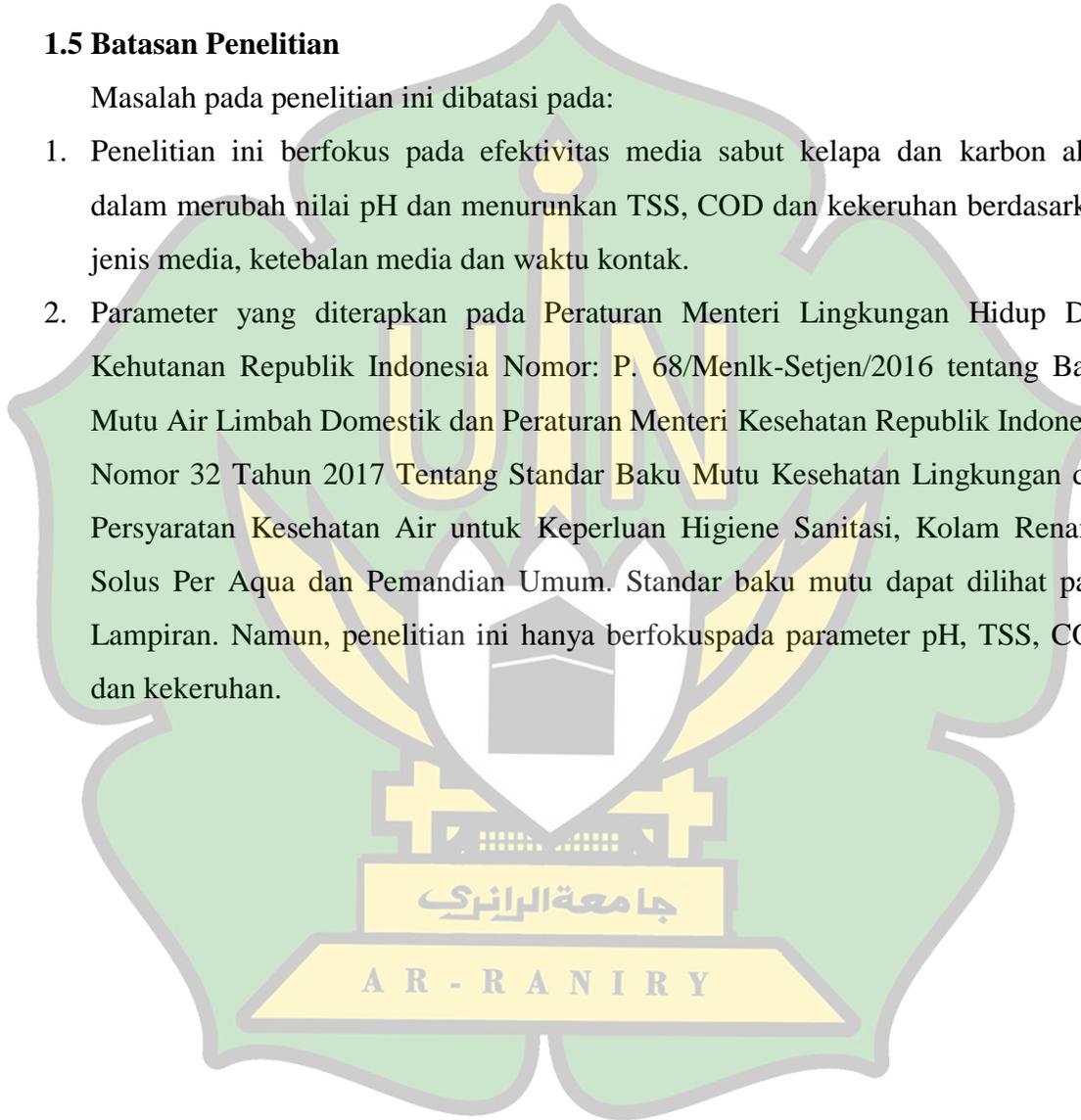
1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya dan landasan pembuatan kebijakan pada bidang lingkungan khususnya penelitian-penelitian terkait pencemaran lingkungan oleh limbah domestik dan teknik remediasinya.

2. Hasil penelitian ini dapat meningkatkan wawasan dan pengetahuan tentang dampak yang ditimbulkan dari aktivitas rumah makan serta meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan sekitar.

1.5 Batasan Penelitian

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada:

1. Penelitian ini berfokus pada efektivitas media sabut kelapa dan karbon aktif dalam merubah nilai pH dan menurunkan TSS, COD dan kekeruhan berdasarkan jenis media, ketebalan media dan waktu kontak.
2. Parameter yang diterapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 68/Menlk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan 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. Standar baku mutu dapat dilihat pada Lampiran. Namun, penelitian ini hanya berfokus pada parameter pH, TSS, COD dan kekeruhan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Domestik

Limbah cair adalah air sisa yang bersumber dari segala aktivitas manusia yang berkenaan dengan penggunaan air sehari-hari baik berasal dari industri, rumah tangga, maupun berasal dari tempat umum yang di dalamnya terdapat zat-zat pencemar yang berbahaya bagi lingkungan. Sebagian besar kandungan limbah cair adalah air (99,7%), sisanya adalah padatan terlarut dan tidak terlarut (0,3%). Limbah cair domestik dibagi menjadi dua jenis yaitu *black water* dan *grey water*. *Black water* merupakan buangan cair domestik yang bersumber dari kakus seperti air seni dan tinja. *Grey water* merupakan buangan cair domestik yang bersumber dari sisa cucian seperti deterjen, sabun, pestisida, dan minyak (Hibatullah, 2019).

Limbah cair rumah makan merupakan *grey water* yang bersumber dari buangan kegiatan usaha rumah makan. Buangan cair dari kegiatan rumah makan ini bersumber dari kegiatan-kegiatan di dapur, seperti proses produksi makanan, air buangan dari kegiatan mencuci baik bahan maupun peralatan yang digunakan dan lain sebagainya. Kandungan limbah cair rumah makan yaitu lemak, minyak, deterjen hasil pencucian, dan zat organik sisa bahan makanan. Sisa lemak dan minyak yang dibuang biasanya akan menggumpal dan menghambat saluran pembuangan limbah karena merupakan trigliserida yang tersusun dari rantai asam lemak dan dapat berdampak buruk bagi lingkungan perairan karena dapat menyebabkan pencemaran (Zahra dkk., 2015).

Baku mutu adalah ambang batas atau kadar unsur pencemar yang diperbolehkan keberadaannya dalam suatu limbah cair dari suatu usaha dan atau kegiatan yang akan dialirkan ke perairan. Standar baku mutu parameter pH, TSS dan COD mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sedangkan standar baku mutu parameter kekeruhan mengacu 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. Standar baku mutu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Sumber
1	pH	-	6-9	Permen LHK No. 68 Tahun 2016
2	TSS	mg/L	30	Permen LHK No. 68 Tahun 2016
3	COD	mg/L	100	Permen LHK No. 68 Tahun 2016
4	Kekeruhan	NTU	25	Permenkes No. 32 Tahun 2017

2.2 Filtrasi

Salah satu metode yang paling penting dalam proses pengolahan air limbah adalah filtrasi. Filtrasi terbukti efektif dalam menyisihkan zat-zat organik yang ada pada air limbah. Filtrasi adalah satu teknologi tepat guna yang sederhana, efektif, efisien dan murah (Khairunnisa, 2021). Filtrasi adalah metode pengolahan limbah dengan menggunakan media berpori sebagai media filter untuk memisahkan padatan dari cairan dan menghilangkan koloid, material tersuspensi dan zat lainnya yang terkandung dalam air limbah. Proses filtrasi bertujuan untuk menghilangkan zat-zat pencemar seperti koloid dan material tersuspensi dengan menyaringnya menggunakan media filter. Proses pemisahan dengan filtrasi dapat dilakukan karena adanya perbedaan tekanan antara tekanan di dalam dan tekanan di luar. Perbedaan tekanan ini akan mendorong padatan pencemar melewati lapisan media filter, sehingga padatannya akan tertahan pada media filter (Kuesnaedi, 2010). Prinsip kerja filtrasi yaitu dengan menyaring partikel-partikel pencemar yang lebih besar daripada pori-pori media filter (Auzar, 2016). Karakteristik media filter yang baik untuk proses filtrasi adalah media yang memiliki luas permukaan yang besar per volume bak, awet, dan murah (Puspawati dkk., 2017).

Media filter yang biasa digunakan adalah pasir ataupun kombinasi dari pasir, kerikil, arang aktif dan ijuk. Media filter yang digunakan masing-masing mempunyai

fungsi yang sama, yaitu untuk menyaring padatan pencemar yang ada pada limbah. Media filter bahkan juga mampu menghilangkan zat-zat organik maupun anorganik yang ada pada limbah seperti menghilangkan kekeruhan, warna, lemak dan minyak (Sulastri dan Nurhayati, 2014). Menurut (Enuari, 2016), jenis media filter digolongkan menjadi: (i) *Single media filter*. *Single media filter* adalah media filter yang menggunakan satu jenis media dalam proses penyaringan air limbah seperti pasir silika atau dolomit. (ii) *Dual media filter*. *Dual media filter* merupakan media filter dengan menggunakan dua jenis media yang berbeda. *Dual media filter* memiliki kesamaan dengan *single media filter* yaitu ukuran partikel media yang satu dengan media yang lain berbeda. *Dual media filter* memiliki beberapa keuntungan yaitu memiliki kecepatan filtrasi yang tinggi, periode pencucian lebih lama, dan merupakan peningkatan dari *Single media filter*. (iii) *Multimedia filter*. *Multimedia filter* mempunyai kesamaan dengan *dual media filter*. *Multimedia filter* biasanya mempunyai tiga lapis media atau bahkan lebih. Pengaplikasian *multimedia filter* yaitu dari atas ke bawah dengan ketinggian tertentu. *Multimedia filter* merupakan peningkatan dari *dual media filter*.

Untuk mendapatkan hasil pengolahan limbah yang baik dan memenuhi standar baku mutu, maka perlu pertimbangan dalam pemilihan jenis media filter. Dengan media filter yang tepat maka akan menghasilkan kualitas pengolahan yang optimal sesuai dengan yang diharapkan (Purwono dan Karbitto, 2013). Dalam prosesnya, filtrasi memiliki kombinasi proses yang berbeda yaitu proses menyaring partikel tersuspensi yang terlalu besar, proses pengendapan partikel tersuspensi yang berukuran lebih kecil, proses adsorpsi melalui gaya tarik-menarik antar muatan yang berbeda, proses kimia, dan proses biologi karena adanya mikroorganisme yang hidup dalam media filtrasi (Pratiwi dkk., 2017).

2.3 Sabut Kelapa dan Karbon Aktif

Serat alam merupakan serat yang berasal dari alam (tumbuhan dan hewan). Serat alam mempunyai keunggulan yaitu ramah lingkungan, ketersediaanya di alam

melimpah, murah, kaku, awet, tidak beracun, dan ringan. Dengan berbagai keunggulan tersebut serat alam dapat dijadikan alternatif dalam pengolahan limbah. Salah satu pohon penghasil serat alam adalah pohon kelapa (*Cocos nucifera*) yang menghasilkan sabut kelapa. Pemilihan sabut kelapa (*Coco fiber*) pada pengolahan air limbah dikarenakan serat kelapa mudah diperoleh dan mempunyai sifat yang menguntungkan dalam menyaring zat-zat pencemar dalam air limbah juga tetap awet setelah digunakan (Utomo dkk., 2018).

Sabut kelapa mampu menurunkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah juga berpotensi menjadi biosorben dan bioakumulator logam berat, diantaranya memiliki material dinding sel dalam pengikatan logam yang tinggi dan juga biomassa (Pinandari, 2011). Sabut kelapa memiliki beberapa kelebihan yaitu dapat berfungsi sebagai anti bakteri dan bersifat asam sehingga bahan organik dapat dihancurkan, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap degradasi biologis, mempunyai volume dan luas permukaan yang lebih kuat.

Karbon aktif merupakan material yang bersumber dari material yang mengandung karbon seperti batubara dan tempurung kelapa yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka dan memiliki daya serap yang tinggi sehingga dapat dijadikan adsorben pada pengolahan air. Menurut Sulistyanti (2018), sifat karbon aktif sangatlah aktif terhadap partikel yang kontak dengannya. Ruang pori karbon aktif sangat banyak dengan ukuran tertentu yang berfungsi untuk menangkap partikel-partikel pencemar yang sangat halus dan menjebakanya di sana. Karbon aktif memiliki komposisi yang terdiri dari selulosa, karbon, kadar air, dan kadar debu sehingga mampu menjernihkan limbah (Elvida, 2021). Fungsi karbon aktif yaitu untuk menghilangkan rasa, bau, warna, dan zat-zat organik dan anorganik yang masih tersisa pada limbah cair (Andrie dkk., 2016).

Karbon aktif memiliki daya serap yang bergantung ada jumlah senyawa karbonnya yang biasanya berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas. Penggunaan karbon aktif sebagai media filter memiliki beberapa keuntungan, yaitu prosesnya berlangsung dengan mudah dan cepat karena air mengalir dalam media

karbon dan ukuran partikel karbon relatif lebih besar, dan karbon tidak bercampur dengan lumpur, sehingga dapat dilakukan regenerasi (Asadiya, 2018). Sebagian karbon aktif harus dilakukan aktivasi untuk memperbesar diameter pori dan meningkatkan volume yang terserap dalam pori serta dapat meningkatkan kinerja adsorpsi (Elmariza dkk., 2015). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi penyerapan polutan oleh karbon aktif, yaitu sifat larutan, sifat karbon aktif, sifat adsorbat dan waktu kontak. Sifat karbon aktif juga dipengaruhi oleh aktivasinya (Rahardianti, 2016).

2.4 Penelitian Terdahulu

Berbagai pemanfaatan menggunakan karbon aktif telah dilakukan untuk mengurangi kadar pencemar di lingkungan. Diantaranya adalah untuk mengolah limbah domestik dan industri. Namun, pemanfaatan sabut kelapa masih jarang digunakan, padahal keberadaan sabut kelapa di alam sangatlah banyak sehingga mudah didapat, murah dan ramah lingkungan. Tabel 2.2 menunjukkan beberapa penelitian yang telah dilakukan menggunakan media sabut kelapa dan karbon aktif dalam mereduksi beberapa parameter pencemar pada beberapa limbah dan air baku.

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu

Media	Limbah	Efektivitas		Penulis
		Parameter	Persentase (%)	
Sabut kelapa	Air Rawa	pH	7,89	Auzar, 2018
		BOD	13,29	
		Minyak Lemak	3,40	
Sabut kelapa	Rumah Makan	pH	21,8	Utomo dkk., 2018
		BOD	78,33	
		TSS	81,19	
Pasir silica, karbon aktif, zeolit, ijuk dan kerikil	Grey water	BOD	15,75	Sulianto dkk.,
		TSS	39,64	
		COD	15,44	

		Fosfat	31,04	2020
		Kekeruhan	41,67	
Pasir, zeolit dan Karbon aktif	Hotel	BOD	93,56	Sattuang dkk., 2020
		COD	96,21	
		Fosfat	72,5	
		Minyak	100	
		Amoniak	79,45	
		TSS	97,23	
		pH	7,5	
Karbon aktif	Binatu dan nutrisi rasio 50% :50%	TSS	76,61	Astuti dkk., 2018
		COD	53,67	
		Fosfat	74,32	
		Surfaktan	53,54	
Pasir, zeolit dan karbon aktif	Grey water	Deterjen	62,78	Artiyani dan Firmansyah, 2018
		Fosfat	67,71	
Karbon aktif	Air payau	pH	97	Hamidah dan Rahmayanti, 2015
Cangkang kerang, zeolit, dan karbon aktif	Air sumur gali	Fe (UpFlow)	87,72	Purwonugroho dan Nasruddin, 2013
		Fe (Downflow)	84,06	

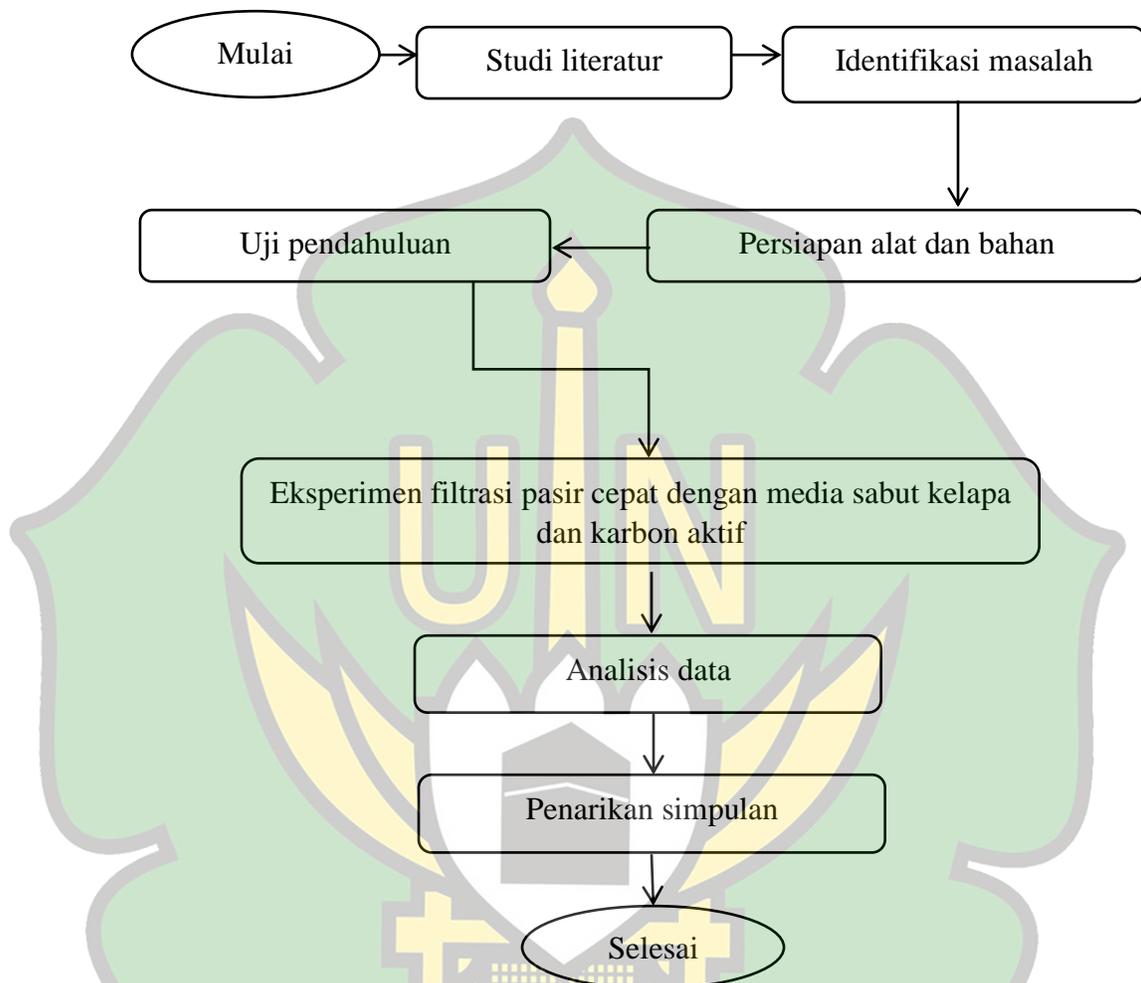
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi pendahuluan, merupakan studi yang dilakukan untuk mengetahui informasi terkait proses penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur pada penelitian ini menggunakan literatur dari buku, jurnal, dan skripsi terdahulu.
2. Identifikasi masalah, merupakan langkah awal yang diteliti dari suatu masalah.
3. Perancangan reaktor sederhana untuk penelitian skala laboratorium.
4. Pengambilan sampel air limbah domestik rumah makan.
5. Uji pendahuluan sampel air limbah meliputi parameter pH, TSS, COD dan kekeruhan untuk mengetahui tingkat pencemaran awal sebelum dilakukan pengolahan.
6. Eksperimen filtrasi pasir lambat dengan media sabut kelapa dan karbon aktif dalam menurunkan parameter pH, TSS, COD dan kekeruhan pada air limbah rumah makan sehingga mencapai baku mutu yang berlaku.
7. Pengukuran parameter pH, TSS, COD dan kekeruhan setelah pengolahan dan membandingkannya dengan hasil uji pendahuluan.
8. Analisis data, merupakan tahap yang dilakukan apabila sampel limbah telah diukur parameternya sehingga menjadi informasi dan bisa dipergunakan untuk penarikan simpulan.
9. Penarikan simpulan, yaitu untuk menjawab tingkat efektivitas penggunaan filtrasi pasir cepat dengan media sabut kelapa dan karbon aktif dalam menurunkan parameter pH, TSS, COD dan kekeruhan pada air limbah rumah makan.

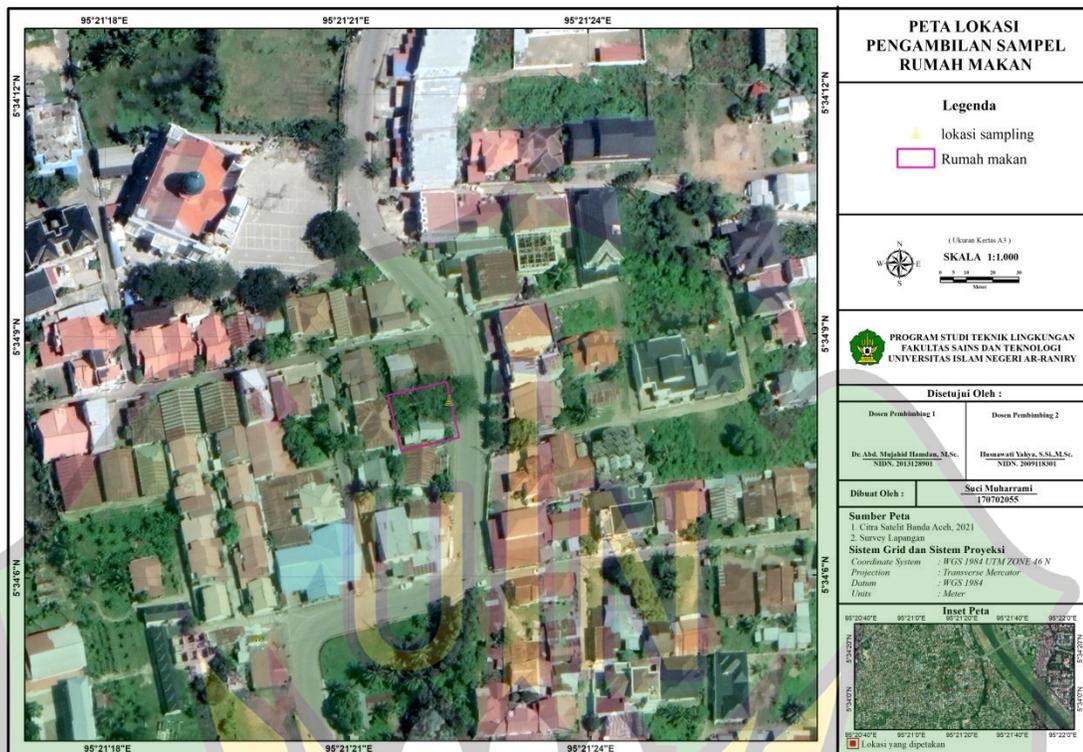


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

3.2.1 Lokasi penelitian sampel

Sampel limbah diambil pada saluran pusat pembuangan air limbah rumah makan yang berada di Gampong Lamgugob, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Sampel limbah selanjutnya akan diukur kandungan pH, TSS, COD dan kekeruhan pada Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry yang berlokasi di Jalan Lingkar Kampus UIN Ar-Raniry, Rukoh, Darussalam, Banda Aceh. Lokasi Pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel.

3.2.2 Teknik pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *grab sampling* atau sesaat. Pengambilan sampel limbah dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan (SNI 6989.59.2008) dengan tahapan sebagai berikut:

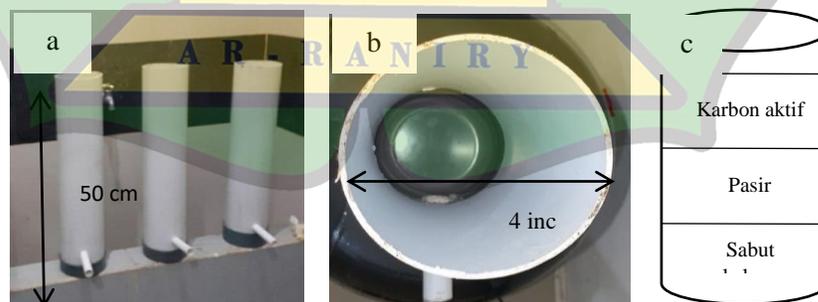
1. Pengambilan sampel dilakukan langsung pada tempat pembuangan akhir limbah domestik rumah makan yang berada di Gampong Lamgugob, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari jam 07.00 sampai 10.00 WIB. Pemilihan jam tersebut dikarenakan intensitas aktivitas jam masak, mencuci piring, dan pekerjaan lainnya bagi pekerja di rumah makan tersebut (Filliziati dkk., 2013).
2. Pengambilan sampel dilakukan dengan gayung bertangkai lalu dituangkan ke dalam wadah atau drum dengan kapasitas 10 liter dengan ketentuan berdasarkan (SNI 6989.59.2008) berikut:

- a. Wadah terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat.
- b. Wadah terbuat dari bahan yang mudah dicuci dari bekas sebelumnya.
- c. Wadah yang digunakan mudah untuk memindahkan sampel ke dalam botol penampung tanpa menyisakan bahan tersuspensi.
- d. Wadah nyaman dan mudah dibawa.
- e. Kapasitas wadah tergantung dari tujuan penelitian.

3.3 Eksperimen Filtrasi

Eksperimen terdiri dari dua jenis variabel, yaitu variabel bebas (jenis dan ketebalan media) dan variabel terikat (parameter pH, TSS, COD dan kekeruhan). Untuk mengetahui kemampuan media sabut kelapa dan karbon aktif dalam proses filtrasi limbah rumah makan. Filtrasi dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Unit filtrasi pasir cepat dengan media sabut kelapa dan karbon aktif dirancang menggunakan pipa PVC berdiameter 4 inci dan panjang 50 cm dengan lubang keluaran berukuran $\frac{3}{4}$ inc dan panjang 20 cm dengan jarak 5 cm dari dasar (Muqarromah, 2017).
2. Perlakuan pertama dengan menggunakan satu media yaitu sabut kelapa 10, 15, 20 cm kemudian karbon aktif 10, 15, 20 cm.
3. Media filter disusun secara vertikal. Lapisan penyaringan pertama sabut kelapa dengan ketebalan 10 cm, 15, 20 cm. Lapisan penyaringan kedua terdiri dari karbon aktif dengan ketebalan 10 cm, 15 cm, dan 20 cm (Utomo dkk., 2018).



Gambar 3.3 Reaktor filtrasi a). Tampak depan, b). Tampak atas, c). Penyusunan media.

4. Limbah rumah makan dimasukkan ke dalam unit filtrasi sebanyak satu liter.

5. Perlakuan dilakukan dengan mengalirkan limbah dalam reaktor.
6. Waktu dan debit limbah yang keluar dicatat lalu limbah ditampung (Hanafi dkk., 2017).
7. Diulangi perlakuan dengan menambahkan media pasir 40 mesh sebanyak 10 cm, dengan ketebalan sabut kelapa dan karbon aktif sama dengan sebelumnya.
8. Jenis dan Ketebalan media pada perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perlakuan filtrasi.

No	Volume (L)	Ketebalan Media (cm)		
		Sabut Kelapa	Karbon Aktif	Pasir 40 Mesh
1	1	10	0	0
2		15		
3		20		
4		0	10	
5			15	
6			20	
7			10	
8			15	
9			20	
10		10	10	
11			15	
12			20	
13			10	
14			15	
15			20	
16		20	10	
17			15	
18			20	
19			10	
20			15	
21			20	
22			10	
23			15	
24		20		

3.4 Pengukuran Parameter

Parameter-parameter yang akan diukur pada penelitian ini adalah pH, *Total Suspended Solid* (TSS), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Kekeruhan.

Pengukuran juga dilakukan terhadap parameter-parameter pendukung yaitu *Total Dissolved Solid* (TDS), Daya Hantar Listrik (DHL) dan *Dissolved Oxygen* (DO) Parameter-parameter tersebut dilakukan pengukuran untuk mengetahui tingkat pencemarannya sebelum dan sesudah dilakukan eksperimen dan pengujian efektivitas.

3.4.1 Pengukuran parameter pH

Pengukuran pH merupakan hal yang mutlak dilakukan pada pengolahan air limbah. pH menunjukkan konsentrasi ion hidrogen di dalam larutan. Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui kandungan asam basa. Pengukuran pH dilakukan langsung menggunakan pH meter. Pengukuran pH dilakukan sebagai berikut:

Cara pengukuran pH dijelaskan dalam (SNI 6898.11:2004) sebagai berikut:

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

Gambar 3.4 pH meter.

3.4.2 Pengukuran parameter TSS

Total Suspended Solid (TSS) atau padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan organik dan anorganik. Pengukuran TSS merujuk pada (SNI 06-6989.3-2004). Tahapan pengujian TSS dilakukan sebagai berikut:

- a. Kertas saring whatman nomor 42 diambil dan ditimbang.
- b. Kertas saring dimasukkan ke dalam alat vakum dan dibilas kertas saring dengan aquades sebanyak 100 ml, selama dua menit.

- c. Kertas saring dipindahkan ke dalam oven untuk dipanaskan dengan suhu 103-105°C selama 1 jam.
- d. Kertas saring didinginkan ke dalam desikator selama 15 menit.
- e. Kertas saring ditimbang setelah didinginkan dan dicatat.
- f. Kertas saring dicuci dengan 3x10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan dilanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan yang sempurna.
- g. Kertas saring dibilas dengan aquades lalu dimasukkan sampel 100 ml kedalam vakum.
- h. Kertas saring dipindahkan dengan hati-hati dari peralatan penyaring dan dipindah ke wadah, jika digunakan cawan porselen atau gooch pindahkan cawan dari rangkaian alat.
- i. Kertas saring dikeringkan dalam oven pada suhu 103°-105°C selama 1 jam.
- j. Kertas saring didinginkan dalam desikator dan ditimbang, hingga diperoleh berat konstan.
- k. Kadar TSS dihitung dalam mg/L, dengan persamaan I.

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \quad (1)$$

dengan A adalah kertas saring + residu kering (mg) dan B adalah berat kertas saring (mg).

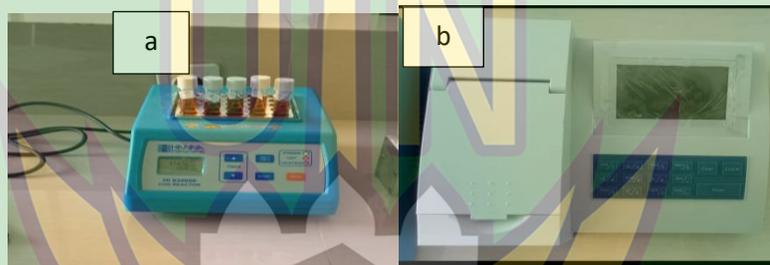


Gambar 3.5 Pompa Vakum TSS.

3.4.3 Pengukuran parameter COD

Pengukuran COD dilakukan untuk mengetahui jumlah total bahan organik yang ada dengan menggunakan COD meter. Pengukuran COD mengacu pada (SNI.6989.73:2009). Tahapan pengujian COD dilakukan sebagai berikut:

- Sampel dimasukkan ke dalam tabung COD 2,5 ml, selanjutnya ditambahkan 1,5 ml larutan campuran $K_2Cr_2O_7$ dan 3,5 ml larutan H_2SO_4 dan ditutup.
- Diambil COD Reaktor, ditekan tombol start dan ditunggu suhu naik sampai $150^\circ C$ lalu dimasukkan tabung sampel selama dua jam.
- Tabung COD didinginkan, kemudian dilakukan pengukuran sampel menggunakan COD Meter.



Gambar 3.6 Alat COD a) COD Reaktor, b) COD Meter.

3.4.4 Pengukuran parameter kekeruhan

Parameter kekeruhan 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. 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).



Gambar 3.7 Turbidimeter.

3.4.5 Pengukuran parameter TDS

Pengukuran TDS dilakukan dengan menggunakan alat Multiparameter. Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Multiparameter dipasang dan dibuka penutup *probe*-nya.
- b. Multiparameter dicelupkan ke dalam sampel dan ditekan tombol ppm untuk membaca nilai TDS.
- c. Hasil dari pembacaan skala atau angka dicatat pada tampilan dari multiparameter.

3.4.6 Pengukuran parameter DHL

Pengukuran DHL dilakukan dengan menggunakan alat Multiparameter. Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Multiparameter dipasang dan dibuka penutup *probe*-nya.
- b. Multiparameter dicelupkan ke dalam sampel dan ditekan tombol mS/cm untuk membaca nilai DHL.
- c. Hasil dari pembacaan skala atau angka dicatat pada tampilan dari multiparameter.

3.4.7 Pengukuran parameter DO

Pengukuran DO dilakukan dengan menggunakan alat DO Meter. Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- d. DO Meter dipasang dan dibuka penutup probenya.
- e. DO Meter dihidupkan dengan cara ditekan tombol *on/off*.
- f. DO dicelupkan ke dalam sampel dan dibiarkan sampai angka yang terbaca stabil.
- g. Hasil dari pembacaan skala atau angka dicatat pada tampilan dari DO Meter.

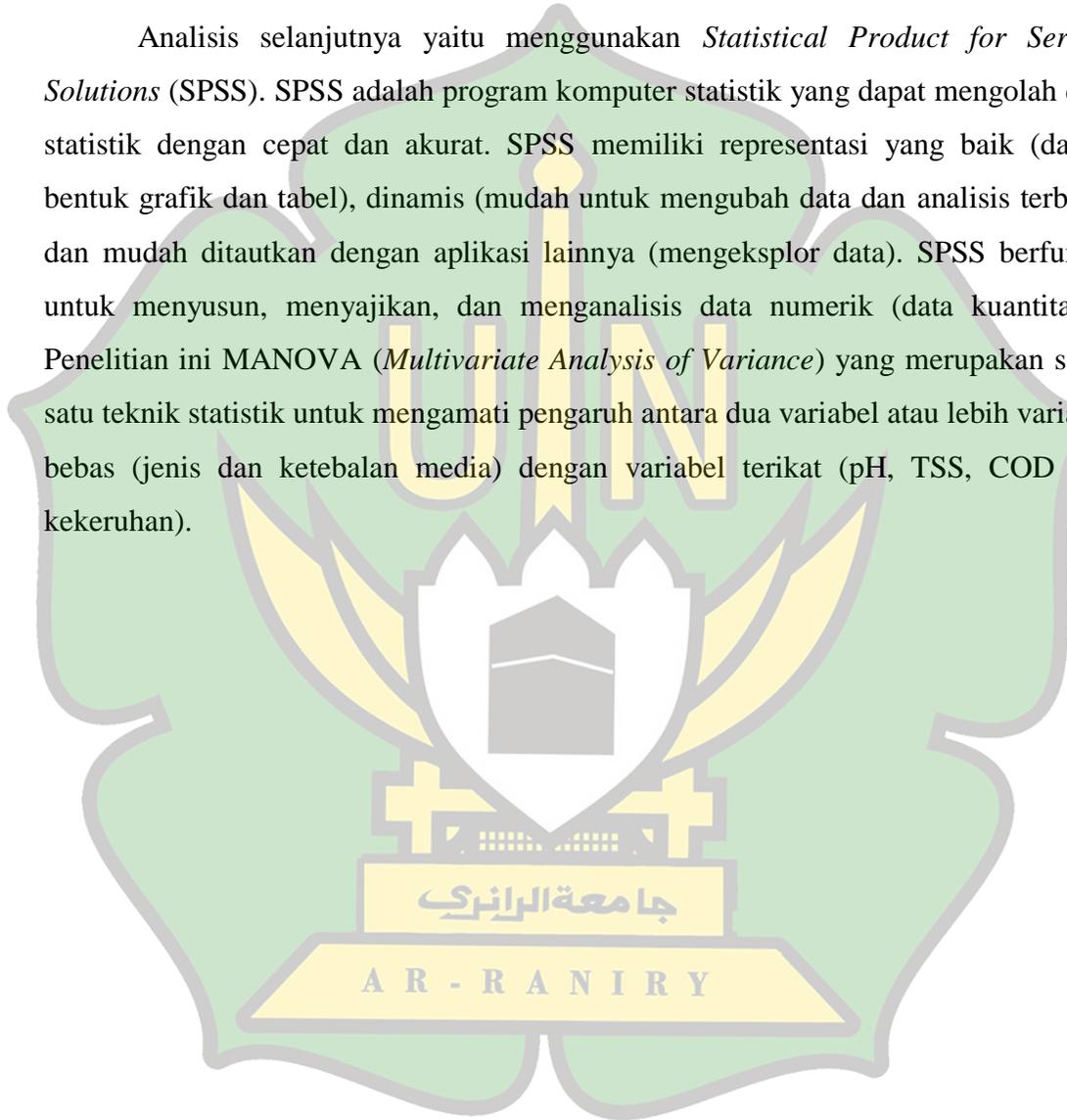
3.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menghitung efektivitas penurunan parameter TSS, COD dan Kekeruhan pada air limbah sebelum dan sesudah perlakuan. Efektivitas proses adalah nilai yang menunjukkan perbandingan antara besarnya nilai parameter yang masuk ke suatu proses dengan nilai yang keluar dari proses tersebut. Besarnya efektivitas dinyatakan dalam bentuk persentase (%), menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Efektivitas (\%) = \frac{(A_0 - A_n)}{A_0} \times 100\%, \quad (2)$$

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

Analisis selanjutnya yaitu menggunakan *Statistical Product for Service Solutions* (SPSS). SPSS 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 (mengeksplor data). SPSS berfungsi untuk menyusun, menyajikan, dan menganalisis data numerik (data kuantitatif). Penelitian ini MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*) yang merupakan salah satu teknik statistik untuk mengamati pengaruh antara dua variabel atau lebih variabel bebas (jenis dan ketebalan media) dengan variabel terikat (pH, TSS, COD dan kekeruhan).

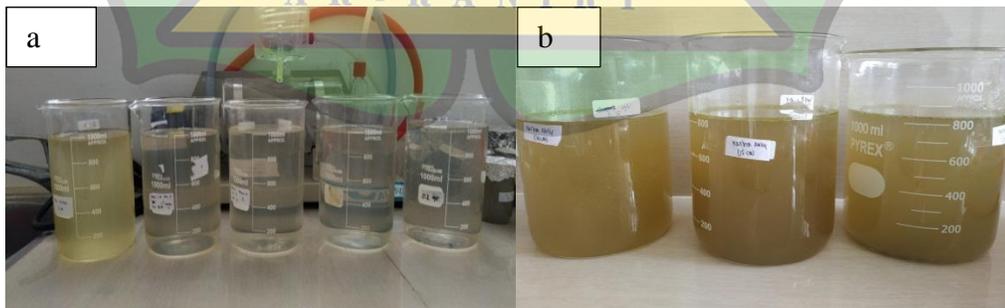


BAB 1V

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil pengukuran sampel dengan parameter pH, COD, TSS dan kekeruhan sebelum dan setelah perlakuan filtrasi serta persentase penurunannya ditunjukkan pada Tabel 4.1. Air limbah yang akan diolah berasal dari salah satu rumah makan yang berada di Gampong Lamgugob, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh yang memiliki nilai pH 4,6. Nilai pH tersebut menunjukkan tingkat keasaman dan belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga diperlukan pengolahan untuk merubah nilai pH. Nilai TSS limbah rumah makan sebelum perlakuan sebesar 237 mg/l. Angka tersebut menunjukkan bahwa kadar TSS pada limbah juga melebihi baku mutu yang diperbolehkan. Begitu pula dengan kandungan COD yang mencapai angka 482 mg/l sehingga kandungan tersebut berkontribusi terhadap pencemaran perairan. Pengukuran awal kekeruhan air limbah sebesar 878 NTU. Nilai kekeruhan limbah tersebut menunjukkan tingkat kekeruhan yang sangat tinggi. Hasil pengukuran pH yang paling baik didapatkan pada ketebalan media sabut kelapa 10 cm, karbon aktif 20 cm dan pasir 10 cm dengan efektivitas penurunan TSS mencapai 95,78%, COD mencapai 93,04% dan kekeruhan mencapai 98,72%. Hasil pengukuran limbah secara fisik ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan hasil pengukuran parameter serta efektivitasnya ditunjukkan pada Tabel 4.1. Hasil pengukuran parameter pendukung ditunjukkan pada Tabel 4.2.



Gambar 4.1 Sampel limbah a) Hasil perlakuan filtrasi, b) Sisa residu karbon aktif

Tabel 4.1 Hasil dan Efektivitas (%) pengukuran pH, TSS, COD dan Kekeruhan sebelum dan setelah perlakuan filtrasi

Ketebalan Media (cm)			Waktu (Dtk)	Debit (m ³ /jam)	Parameter						
Sabut Kelapa	Karbon Aktif	Pasir 40 Mesh			PH	TSS (Mg/l)	Ef TSS (%)	COD (Mg/l)	Ef COD (%)	Kekeruhan (NTU)	Ef Kekeruhan (%)
Pengukuran Awal					4,6	237	-	482	-	878	-
10	0	0	150	237,6	4,8	228	3,78	416	13,69	622	29,15
15			207	172,8	5,0	220	7,17	404	16,18	509	42,02
20			232,2	154,8	5,2	172	27,42	335	30,49	411	53,18
0	10		120	298,8	4,9	184	22,36	411	14,73	449	48,86
	15		137,4	259,2	5,1	212	10,54	296	38,58	476	45,78
	20		154,2	230,4	5,2	199	54,00	220	54,35	328	62,64
10	10		285	126	5,3	109	16,03	240	50,20	414	52,84
	15		315	111,6	5,2	216	8,86	212	46,05	495	43,62
	20		423,2	82,8	5,3	169	28,69	150	68,89	383	59,37
15	10	294	122,4	5,0	100	57,80	138	71,36	308	64,92	
	15	358,8	100,8	5,4	194	18,14	129	73,23	440	49,88	
	20	450	79,2	5,5	217	8,43	110,8	77,01	507	42,25	
20	10	363,6	97,2	5,2	93	60,75	103	78,63	302	65,60	
	15	462,8	75,6	5,5	139	41,35	92,6	80,58	398	54,66	
	20	586,2	61,2	5,6	137	42,19	93,8	80,74	393	55,23	
10	10	1080	32,4	6,5	84	64,55	205	57,48	32,4	96,30	
	15	1200	28,8	6,6	53	67,39	130	73,02	25,4	97,10	
	20	1380	25,2	6,7	41	81,70	101,5	78,94	15,6	98,22	
15	10	1560	21,6	6,5	78	67,08	71,3	85,20	28,0	96,81	
	15	1950	18	6,6	70	70,46	61,6	87,21	25,5	97,09	
	20	2022	14,4	6,7	20	91,59	54,8	91,55	11,5	98,69	
20	10	2531	10,8	6,6	82	65,40	64,4	86,21	29,3	96,66	
	15	3488	7,2	6,7	30	87,34	56,4	88,29	13,9	98,41	
	20	3725	7,2	6,8	10	95,78	53,7	93,04	11,2	98,72	
Standar Baku Mutu					6-9	30	-	100	-	25	-

Tabel 4.2 Hasil pengukuran parameter TSS, DO dan DHL sebelum dan setelah perlakuan filtrasi.

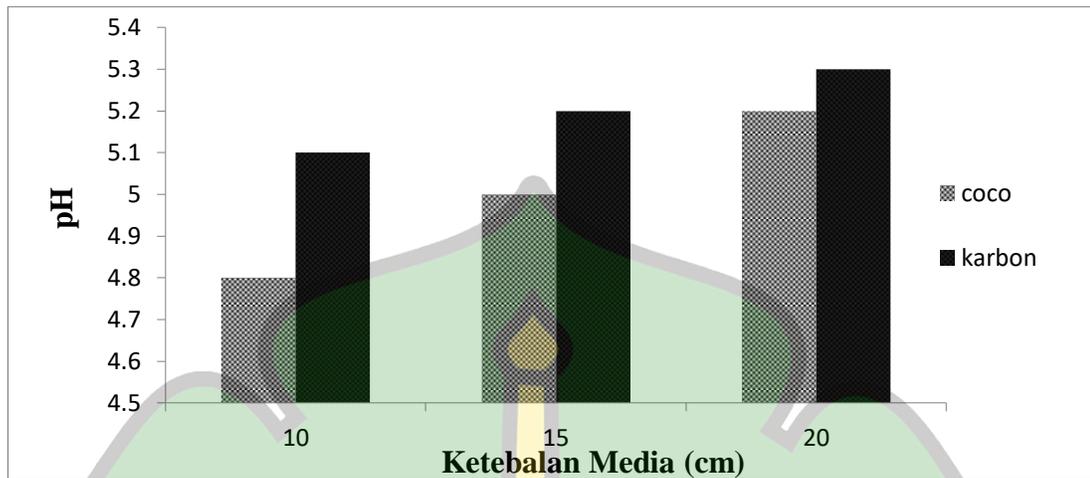
Ketebalan Media (cm)			Parameter		
Sabut Kelapa	Karbon Aktif	Pasir 40 Mesh	TDS (ppm)	DHL (mS/cm)	DO (Mg/l)
Pengukuran Awal			901	1,25	7,5
10	0		781	1,12	9,9
15			771	1,12	10,1
20			969	1,13	10,9
0	10		936	1,13	10,0
	15		964	1,09	10,9
	20		969	1,14	11,5
10	10	0	820	1,12	9,8
	15		759	1,14	11,0
	20		910	0,97	10,8
15	10		789	1,13	10,3
	15		863	1,12	10,2
	20		834	1,12	11,3
20	10		811	1,11	10,8
	15		812	1,12	10,2
	20		868	1,12	11,8
10	10		700	1,09	10,0
	15		674	1,12	10,5
	20		703	1,14	12,2
15	10	10	735	0,98	11,2
	15		699	1,05	12,5
	20		698	1,10	10,4
20	10		716	1,12	11,9
	15		702	1,13	10,5
	20		708	1,13	10,2
Standar Baku Mutu			200	0,5-3	0-6

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh ketebalan media terhadap peningkatan pH dan penurunan parameter TSS, COD dan kekeruhan

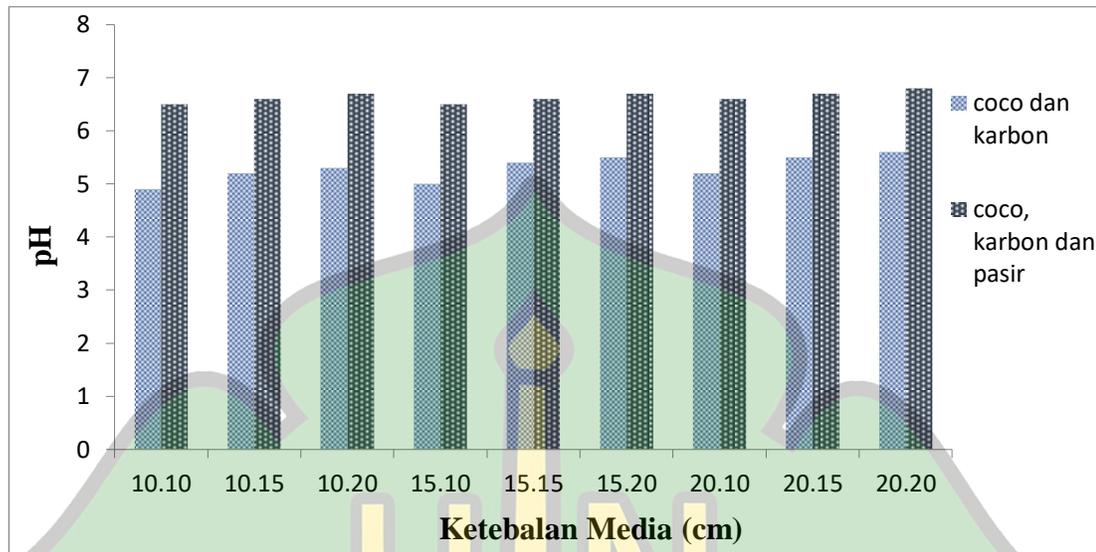
a. Parameter pH

Ketebalan media mempengaruhi perubahan nilai pH. Berdasarkan Tabel 4.1, semakin tebal media maka penyisihan pencemar semakin besar pula. Hal ini juga didukung oleh hasil analisis statistik dengan sig. $pH < 0,000 < 0,05$, yang artinya ketebalan media mempengaruhi perubahan nilai pH. Semakin tebal media yang digunakan maka akan semakin banyak pula penyerapan zat-zat organik yang menyebabkan asam atau basa pada limbah. Berdasarkan hasil pada Tabel 4.1, nilai pH hasil pengukuran tersebut cenderung bersifat asam. Hal ini dikarenakan limbah rumah makan banyak mengandung zat-zat asam organik ataupun asam-asam lemak yang berasal dari bahan ataupun hasil olahan makanan. Menurut Prasetyo dkk. (2018) dan Pramita dkk. (2020), keasaman pada limbah rumah makan disebabkan oleh zat-zat organik yang berupa molekul-molekul asam organik, karbon organik nitrat dan fosfat. Zat-zat tersebut mampu menurunkan pH dalam limbah sehingga menyebabkan limbah bersifat asam. Dengan adanya filtrasi beberapa zat penyebab keasaman ini teradsorpsi pada media. Menurut Quddus (2014), ketebalan media pada proses filtrasi mempengaruhi hasil proses filtrasi. Hal ini dikarenakan semakin tebal media filtrasi maka semakin luas juga permukaan penahan atau pengikat kontaminan dan jarak yang ditempuh limbah semakin panjang sehingga hasil pengolahannya semakin optimal. Gambar 4.2 menunjukkan bahwa adanya perbedaan hasil perlakuan dengan media sabut kelapa dan karbon aktif dengan variasi ketebalan.



Gambar 4.2. Diagram peningkatan pH pada *single media filter*.

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2, filtrasi dengan sabut kelapa dan karbon aktif mampu merubah nilai pH, walaupun belum memenuhi baku mutu. Kemampuan sabut kelapa dalam mengikat zat-zat organik tidak begitu optimal. Hal ini mengindikasikan bahwa, filtrasi dengan media tersebut memerlukan media tambahan untuk memperoleh hasil yang lebih optimal. Hasil ini sesuai dengan temuan Pinandari (2011), yang menyatakan bahwa filter dengan media sabut kelapa mampu meningkatkan pH air limbah. Namun nilai tersebut belum memenuhi baku mutu. Hasil ini juga menguatkan temuan dari Utomo dkk. (2018), yang melaporkan bahwa penggunaan sabut kelapa sebagai *single media* tidak optimal dalam mereduksi kandungan polutan dalam limbah rumah makan. Hal ini mengindikasikan bahwa filtrasi dengan sabut kelapa memerlukan media lain untuk mengoptimasi efektivitas filtrasi. Gambar 4.2 juga menunjukkan media karbon aktif mampu meningkatkan pH lebih optimal daripada sabut kelapa. Hal ini mengindikasikan bahwa karbon aktif memiliki kemampuan penyerapan terhadap zat-zat asam organik lebih baik dibandingkan sabut kelapa. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan pH dipengaruhi oleh jenis dan ketebalan media, semakin tebal media yang digunakan semakin tinggi pula peningkatan pH. Menurut Saputra (2010), semakin besar jumlah atau volume karbon aktif yang digunakan pada proses adsorpsi, maka semakin baik pula kualitas adsorpsinya.



Gambar 4.3 Diagram peningkatan pH pada media kombinasi.

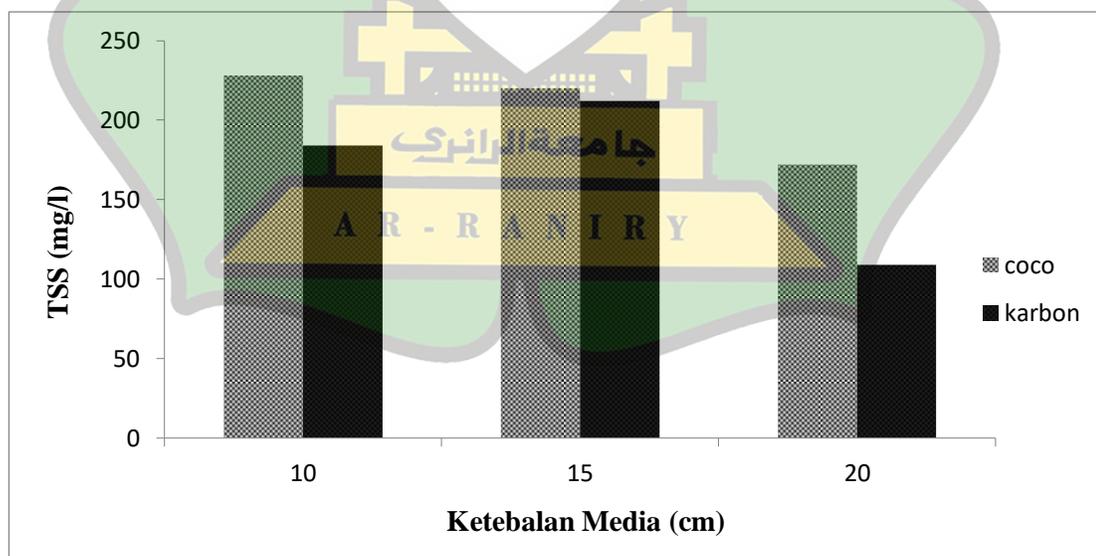
Berdasarkan Gambar 4.3, kombinasi media sabut kelapa dan karbon aktif mampu meningkatkan nilai pH lebih baik daripada *single media*, namun masih belum memenuhi baku mutu. Masih berdasarkan Gambar 4.2, penambahan media pasir terhadap sabut kelapa dan karbon aktif lebih efektif meningkatkan pH dibandingkan dengan hasil perlakuan tanpa adanya pasir. Berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.3, akibat penambahan media pasir nilai pH berubah dari 4,6 menjadi 6,8, yang jika dibandingkan tanpa penambahan pasir hanya mampu merubah dari 4,6 menjadi 5,6. Meningkatnya efektivitas setelah penambahan pasir kemungkinan disebabkan oleh dua faktor, yaitu: (i) meningkatnya waktu kontak, dan (ii) adsorpsi pasir terhadap polutan di dalam limbah. Penambahan media pasir membuat laju aliran semakin lambat dan waktu kontak limbah dengan karbon aktif semakin lama sehingga penyerapan zat-zat asam organik oleh karbon aktif semakin optimal. Semakin lama waktu kontak, semakin besar juga perubahan nilai pH. Menurut Asnaning dan Saputra (2018), semakin besar jumlah, volume dan waktu kontak karbon aktif pada proses adsorpsi, maka akan semakin baik pula kualitas adsorpsinya.

Selain itu, media pasir juga memiliki kemampuan untuk menahan partikel-partikel pencemar yang ada pada limbah. Semakin kecil ukuran pasir maka akan

semakin banyak polutan-polutan yang akan tertahan pada pori-porinya. Hal ini mengindikasikan bahwa, dalam penerapannya ketebalan media perlu dipertimbangkan, agar filtrasi menjadi efektif. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, pH yang diperbolehkan adalah 6-9. Maka, hasil perlakuan dengan media kombinasi sabut kelapa-karbon aktif-pasir telah memenuhi baku mutu.

b. Parameter TSS

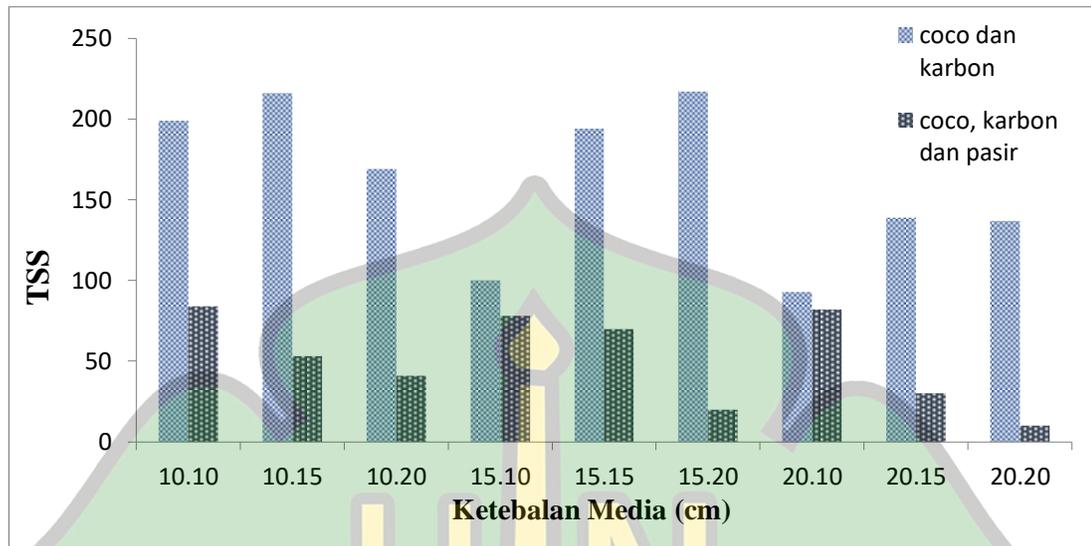
TSS ataupun padatan tersuspensi merupakan zat-zat yang tidak terlarut dalam air (Sumarni, 2012). TSS menjadi salah satu pencemar organik ataupun anorganik yang sering ditemukan pada limbah cair yang membuat air jadi keruh dan menghalangi cahaya matahari masuk ke perairan sehingga dapat mengganggu proses fotosintesis. Nilai TSS ditentukan oleh banyaknya partikel padat pada air limbah (Jannah, 2019). Berdasarkan Tabel 4.1, konsentrasi kandungan TSS dalam limbah rumah makan sebelum dilakukannya filtrasi sebesar 273 mg/l. Gambar 4.4 menunjukkan penurunan TSS dengan media sabut kelapa secara berturut-turut seiring dengan penambahan ketebalannya.



Grafik 4.4 Diagram penurunan TSS pada *single media* filter.

Sabut kelapa mengandung lignin dan tanin yang mampu menjerap zat-zat organik sehingga dapat menyisihkan kandungan TSS pada limbah (Utomo dkk., 2018). Semakin tebal dan banyak sabut kelapa yang digunakan, maka akan semakin banyak pula zat penjerat yang mampu mengikat zat-zat organik penyebab TSS dan menyebabkan kekeruhan pada air. Hasil ini juga diperkuat dengan analisis statistik yang menunjukkan nilai sig TSS $0,000 < 0,05$, yang artinya penyisihan TSS dipengaruhi oleh ketebalan media. Namun, penyisihan TSS oleh media karbon aktif terjadi secara fluktuatif, hal ini diduga karena adanya sisa-sisa karbon aktif dan menyebabkan zat-zat tersuspensi pada limbah meningkat, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Hal ini juga terjadi pada media kombinasi sabut kelapa dan karbon aktif yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.6.

Menurut Asadiya (2018), besarnya TSS pada limbah selain disebabkan oleh banyaknya partikulat yang tersuspensi juga dipengaruhi oleh zat-zat yang terlarut dalam air, seperti warna yang terdapat dalam bahan-bahan yang digunakan. Karbon aktif yang digunakan sebagai media filter perlu diperhatikan kualitas dan juga bahan baku serta proses pembuatannya, karena hal tersebut berpengaruh terhadap hasil daripada proses filtrasi yang dilakukan. Penggunaan karbon aktif sebagai media filter perlu dikombinasikan dengan media yang lain, hal ini diperuntukkan supaya media tambahan tersebut mampu menangkap maupun menahan sisa-sisa dari residu karbon aktif. Selain karena adanya residu, menurut Utomo dkk. (2018), berkurangnya efektivitas penyerapan TSS oleh karbon aktif juga dapat dikarenakan distribusi molekul adsorbat yang masuk ke dalam partikel media filtrasi sebagai adsorben tidak diserap secara maksimal dan waktu kontak yang terlalu singkat.

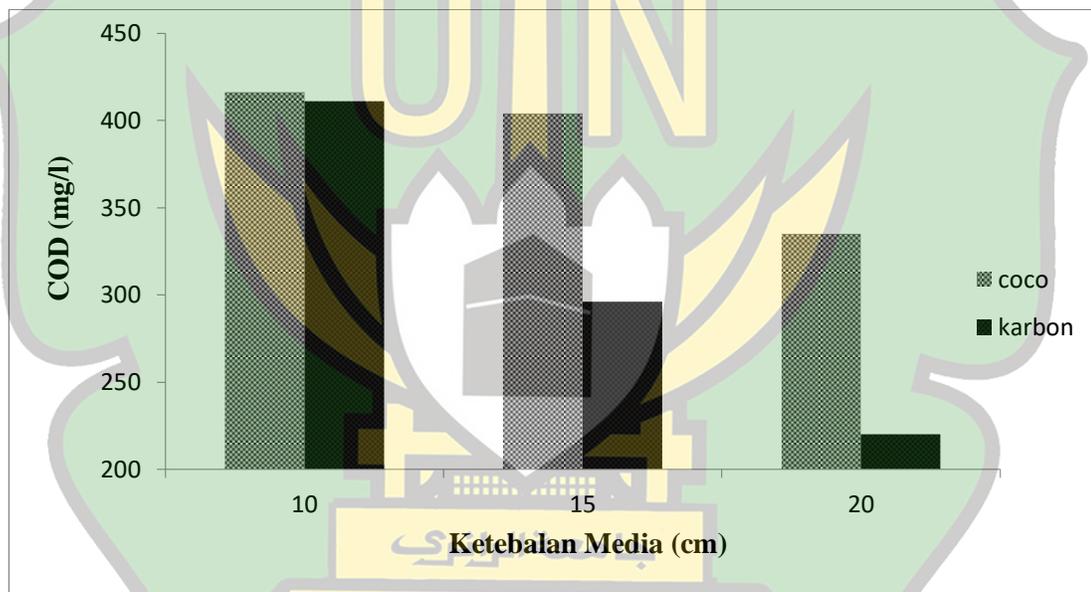


Gambar 4.5 Diagram penurunan TSS pada media kombinasi.

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.5, hasil perlakuan dengan penambahan media pasir mampu menurunkan TSS lebih optimal. Penurunan yang paling optimal terjadi pada ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm dan pasir 10 cm yaitu sebesar 10 mg/l dengan efektivitas sebesar 95,78%. Hal ini mengindikasikan bahwa media pasir mampu menyisihkan TSS pada limbah dan partikel-partikel residu dari karbon aktif yang menyebabkan tingginya TSS. Penyisihan partikel pencemar oleh pasir ini dipengaruhi oleh bentuk ukuran pasir yang digunakan. Bentuk ukuran inilah yang berfungsi dalam menahan partikel-partikel tertentu yang menyebabkan adanya TSS ketika melewati media. Semakin kecil ukuran pasir struktur agregat atau kelompok mineral akan semakin rapat sehingga hasil saring akan semakin baik. Menurut Ardiatma dkk. (2020), pasir merupakan media penyaring yang baik dan bisa digunakan dalam proses penjernihan karena sifatnya yang berupa butiran bebas yang porous, berdegradasi dan *uniformity*. Butiran pasir yang mempunyai pori-pori dan celah mampu menyerap dan menahan partikel dalam air. Selama penyaringan, koloid atau zat-zat tersuspensi dalam air akan ditahan dalam media *porous* tersebut sehingga kualitas air meningkat. Namun, pasir perlu dioptimalkan dengan karbon aktif untuk menghilangkan bau dan rasa.

c. Parameter COD

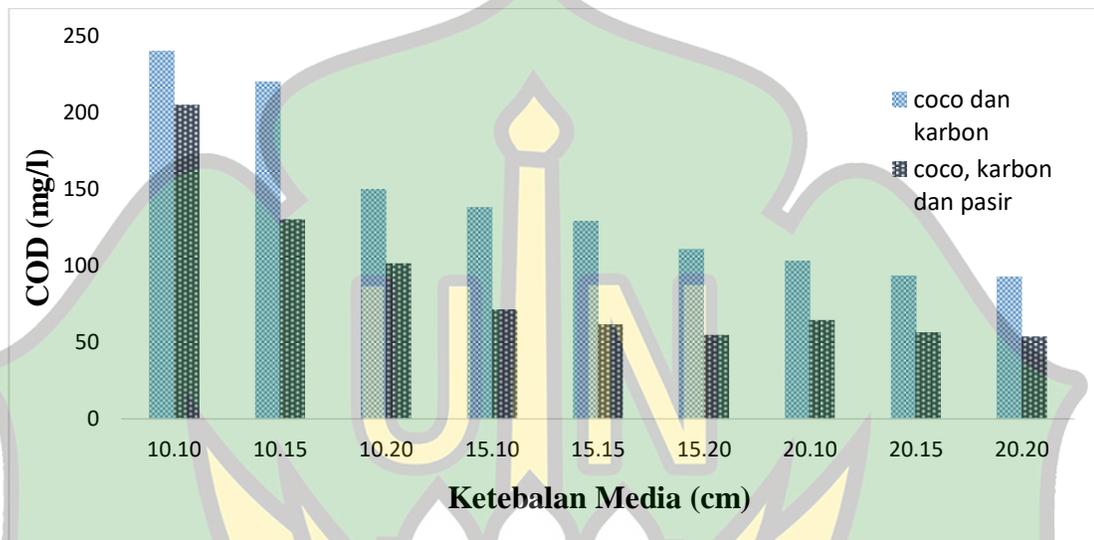
Chemical oxygen demand (COD) merupakan kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi yang ada pada pengairan (Hasanah dan Sugito, 2017). Berdasarkan Tabel 4.1, limbah rumah makan sebelum perlakuan memiliki nilai COD sebesar 482 mg/l. Nilai tersebut tidak memenuhi baku mutu sehingga diperlukan pengolahan untuk menurunkan kadar COD pada limbah. Tingginya COD pada air limbah dipengaruhi oleh adalah zat-zat organik yang dihasilkan dari aktivitas rumah makan. Perlakuan dengan menggunakan media sabut kelapa dan karbon aktif mampu menurunkan kandungan COD pada limbah secara berkala seiring dengan ketebalannya. Hasil perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Diagram penurunan COD pada *single media* filter.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa media sabut kelapa dan karbon aktif mampu menurunkan COD secara berkala seiring dengan penambahan ketebalannya. Penurunan parameter COD dengan *single media* sebanding dengan peningkatan pH pada Gambar 4.2, dimana media karbon aktif mampu mengadsorpsi zat-zat organik lebih baik daripada media sabut kelapa. Zat-zat organik yang diadsorpsi diasumsikan merupakan zat-zat yang menyebabkan keasaman pada limbah. Hal ini

mengindikasikan bahwa semakin besar penyisihan COD maka akan semakin tinggi pula peningkatan pH. Perlakuan dengan kombinasi media sabut kelapa dan karbon aktif mampu menurunkan COD lebih optimal hingga memenuhi baku mutu. Penurunan COD dengan kombinasi media tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram penurunan COD pada media kombinasi.

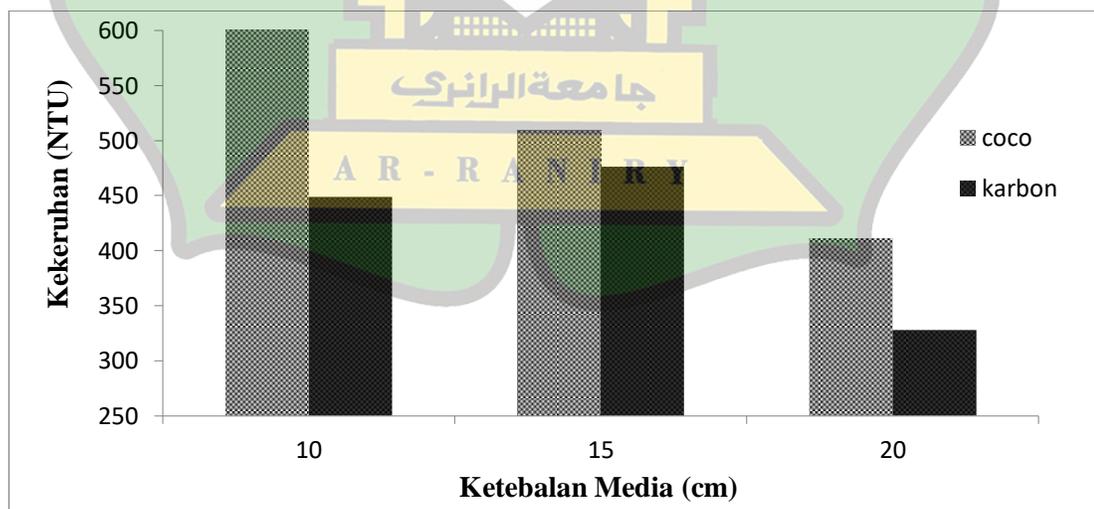
Gambar 4.7 menunjukkan bahwa media kombinasi sabut kelapa dan karbon aktif mampu menurunkan COD hingga memenuhi baku mutu sebesar 92,8 mg/l pada ketebalan sabut kelapa 20 cm dan karbon 15 cm. Perlakuan dengan ketebalan sabut kelapa 20 cm dan karbon 20 cm mampu menurunkan COD sebesar 93,6 mg/l. Perlakuan ini menunjukkan kombinasi sabut kelapa dan karbon aktif efektif menurunkan COD. Sabut kelapa memiliki kandungan yang mampu mengikat bahan-bahan organik pada limbah. Selain itu, serat-serat pada sabut kelapa juga memiliki kemampuan menyerap zat-zat organik, sedangkan karbon aktif mampu mengadsorpsi zat-zat pencemar menggunakan pori-porinya. Menurut (Utomo dkk., 2018), tanin yang dikandung sabut kelapa mampu mengikat bahan-bahan organik sehingga mampu menyisihkan kandungan COD pada air limbah.

Gambar 4.7 juga menunjukkan perlakuan dengan menggunakan media pasir. Penurunan COD pada perlakuan ini semakin besar yaitu 53,7 mg/l pada ketebalan sabut kelapa 20 cm dan karbon aktif 20 cm dengan efektivitas penyisihan COD

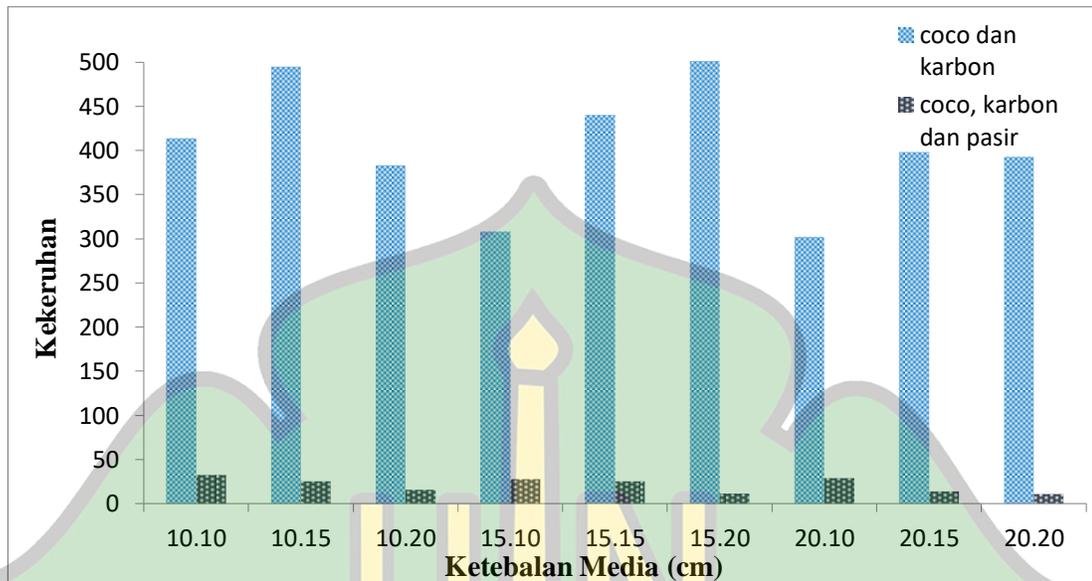
sebesar 93,04%. Penambahan media pasir membuat media lebih tebal sehingga limbah memiliki waktu tempuh yang lebih panjang dan penyerapan pencemar oleh media juga semakin optimal. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tebal media yang digunakan, semakin lama waktu kontak limbah dengan media dan semakin tinggi pula penyisihannya, sehingga persentase penurunan kadar pencemar akan semakin besar. Penelitian sesuai dengan penelitian Maryani dkk. (2014), yang menyatakan penambahan media pasir akan menyebabkan aliran air limbah menjadi lebih lama sehingga zat-zat pencemar semakin banyak yang menempel pada media.

d. Parameter kekeruhan

Pengukuran kekeruhan pada penelitian ini dilakukan dengan Turbidimeter dengan skala NTU (*Nephelometrix Turbidity Unit*). Kekeruhan pada air limbah disebabkan adanya partikel-partikel tersuspensi di dalam air limbah. Berdasarkan Tabel 4.1, limbah rumah makan sebelum diolah memiliki nilai kekeruhan sebesar 878 NTU, setelah pengolahan terjadi penurunan. Dimana semakin tebal media, semakin besar pula penyisihan kekeruhan. Hasil penelitian ini diperkuat dengan analisis statistik yang memperoleh nilai sig kekeruhan $0,000 < 0,05$ yang menunjukkan bahwa adanya hubungan antara ketebalan media dengan penurunan kekeruhan. Hasil perlakuan dan pengukuran kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Diagram penurunan Kekeruhan pada *single media* filter.



Gambar 4.9 Diagram penurunan kekeruhan pada media kombinasi.

Berdasarkan Gambar 4.8 dan Gambar 4.9, penurunan kekeruhan dengan media karbon aktif serta kombinasi sabut kelapa dan karbon aktif terjadi secara fluktuatif. Hal ini diasumsikan adanya pengaruh dari residu karbon aktif itu sendiri yang menyebabkan meningkatnya kadar TSS dan kekeruhan pada limbah. Masih berdasarkan Gambar 4.9, penambahan media pasir mampu menurunkan kekeruhan lebih optimal. Penurunan kekeruhan dengan penambahan media pasir terjadi secara signifikan. Penurunan kekeruhan yang paling optimal yaitu pada ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm dan pasir 10 cm mencapai 11,2 NTU dengan efektivitas sebesar 98,72% dan sudah memenuhi baku mutu. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa penambahan media pasir sebagai media filter membuat laju aliran semakin lambat dan waktu kontak semakin lama sehingga kapasitas adsorpsi juga semakin baik. Selain itu, hal ini diduga karena kemampuan pasir dalam menahan partikel-partikel tersuspensi pada limbah. Menurut Ariani dkk. (2014), Penurunan kekeruhan pada air limbah salah satunya disebabkan karena adanya kemampuan media filtrasi karbon aktif membentuk ikatan kompleks antara selulosa dengan tingkat kekeruhan. Ikatan yang terbentuk sangatlah kuat sehingga sulit dilepaskan.

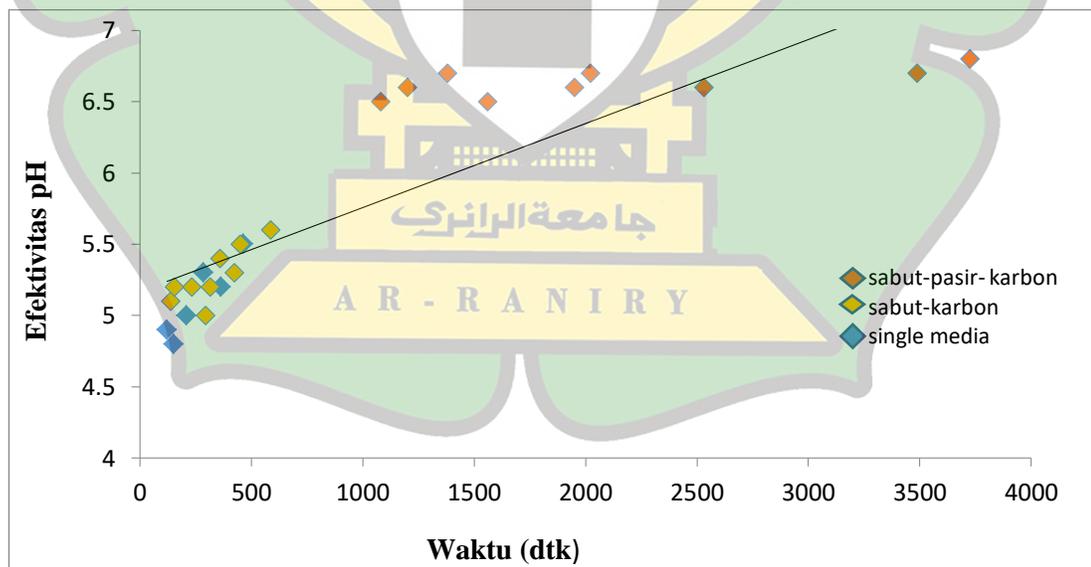
Berdasarkan Gambar 4.9, penurunan kekeruhan pada perlakuan dengan menggunakan media sabut kelapa dan karbon aktif jika dibandingkan dengan penurunan TSS pada Gambar 4.5 memiliki bentuk penurunan yang sama. Hal ini menunjukkan adanya hubungan secara linear antara parameter TSS dengan kekeruhan. Semakin besar TSS maka semakin besar pula nilai kekeruhan, karena salah satu penyebab kekeruhan adalah adanya padatan tersuspensi. Penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Wulandari dkk. (2018), pada penelitian ini TSS mempengaruhi kekeruhan, sehingga TSS dan kekeruhan memiliki hubungan yang linear satu sama lain, sedangkan penelitian Wulandari dkk. (2018), menyatakan bahwa hubungan antara TSS dengan kekeruhan tidak selalu linear, karena belum tentu kadar TSS yang lebih kecil akan memiliki nilai kekeruhan yang kecil pula, selain padatan tersuspensi penyebab kekeruhan juga dapat disebabkan oleh warna dan lain-lain.

4.2.2 Efektivitas media sabut kelapa dan karbon aktif sebagai media filtrasi dalam meningkatkan pH dan menurunkan parameter TSS, COD dan kekeruhan

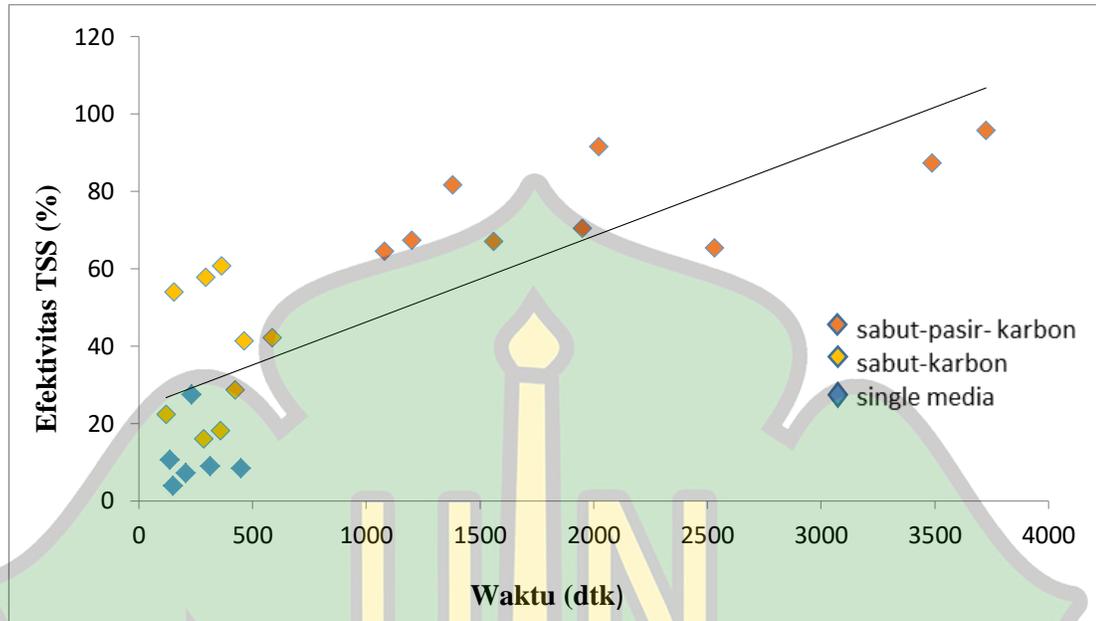
Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ketebalan media mempengaruhi penurunan parameter pencemar. Ketebalan media mempengaruhi laju aliran dan waktu kontak sehingga hasil adsorpsi juga semakin optimal. Menurut Maryani dkk. (2014), ketebalan media yang digunakan akan mempengaruhi lamanya pengaliran limbah dan besarnya daya saring. Waktu kontak antara limbah dan media akan lebih lama sehingga penyisihan pencemar berlangsung lebih optimal. Dengan kata lain, ketebalan media mempengaruhi waktu filtrasi, semakin tebal media yang digunakan maka akan semakin lama waktu filtrasi yang dibutuhkan dan semakin optimal hasil yang akan didapatkan (Sulianto dkk., 2019). Sebagaimana pada perlakuan dengan penambahan media pasir 40 mesh 10 cm, laju filtrasi menjadi lambat sehingga limbah memiliki waktu kontak yang lebih lama

dengan karbon aktif dan penyerapan adsorbat oleh karbon aktif akan semakin optimal.

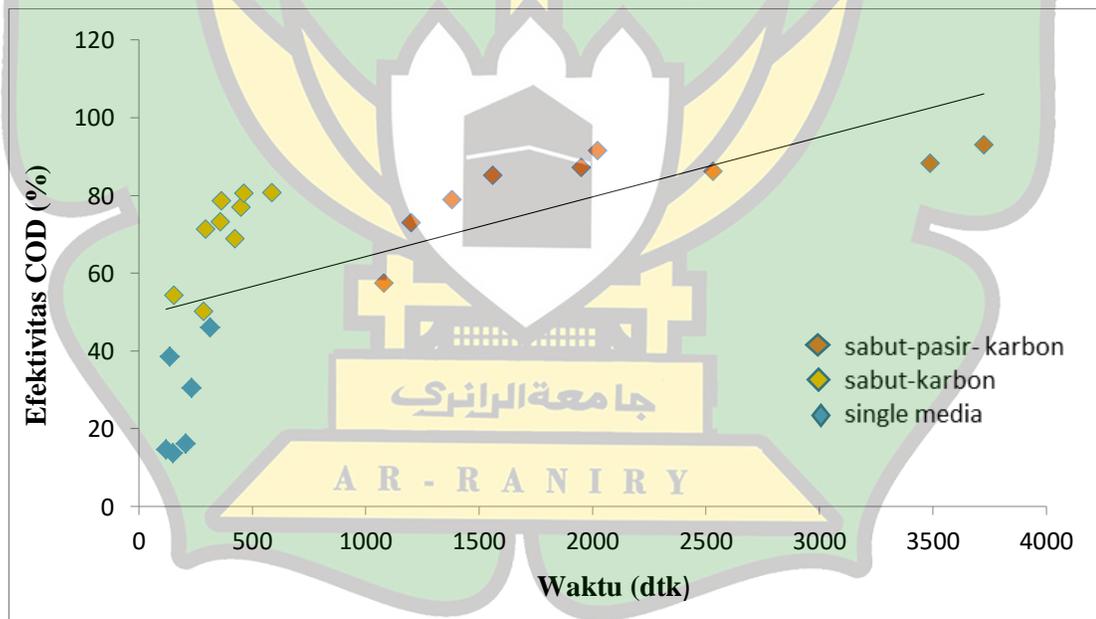
Selain pengaruh ketebalan media yang digunakan, waktu kontak juga berperan penting dalam proses adsorpsi adsorbat oleh adsorben. Secara tidak langsung, ketebalan dan ukuran pori media mempengaruhi laju filtrasi dan waktu kontak dan mempengaruhi efektivitas penurunan kadar pencemar. Berdasarkan hal itu, perlu diperhatikan pemilihan media serta ukuran pori-porinya untuk mendapatkan hasil yang optimal. Menurut Maryani dkk. (2014), ketebalan media akan berpengaruh pada kecepatan aliran dan waktu kontak. Besarnya kecepatan ini akan berpengaruh pada proses filtrasi. Semakin tinggi kecepatan aliran maka akan menyebabkan partikel-partikel yang terlalu halus akan mudah lolos. Pergerakan butiran media akan menutup lubang pori sehingga akan mempercepat terjadinya penyumbatan. Kecepatan waktu filtrasi dipengaruhi oleh ketebalan media dan mempengaruhi hasil pengolahan limbah. Hasil perlakuan yang paling optimal yaitu pada ketebalan media sabut kelapa 20 cm, karbon aktif 20 cm pasir 10 cm memiliki nilai pH 6,8, mampu mereduksi TSS hingga 10 mg/l, COD 53,7 mg/l dan kekeruhan 11,2 NTU.



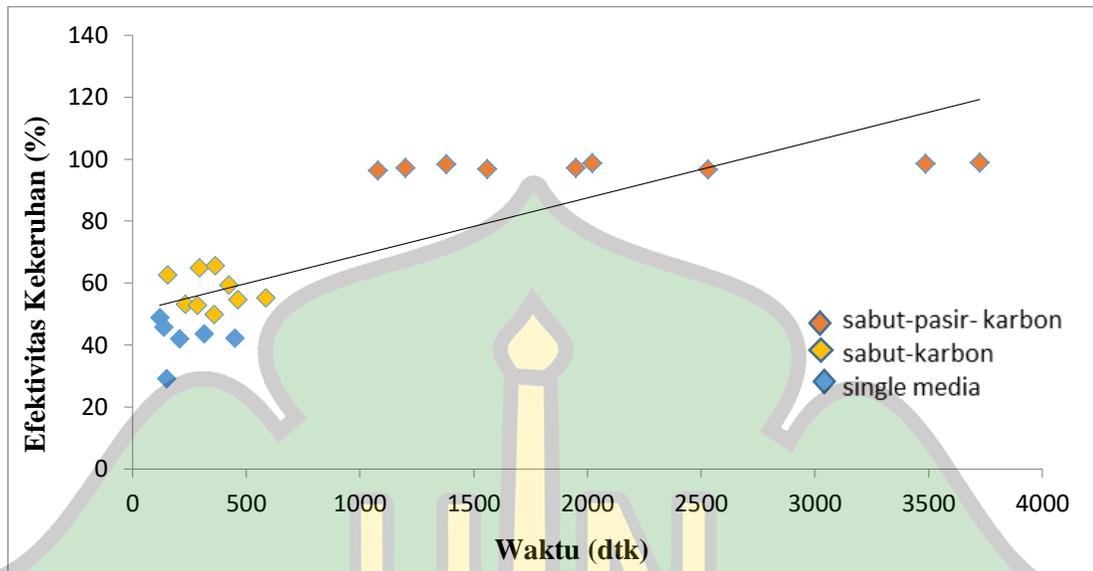
Gambar 4.10 Grafik pengaruh waktu terhadap pH.



Gambar 4.11 Grafik pengaruh waktu terhadap efektivitas penurunan TSS.



Gambar 4.12 Grafik pengaruh waktu terhadap efektivitas penurunan COD.



Gambar 4.13 Grafik pengaruh waktu terhadap efektivitas penurunan Kekeruhan.

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya waktu kontak efektivitas penyisihan material pencemar juga semakin tinggi. Penambahan media pasir terhadap media sabut kelapa dan karbon aktif mampu menyisihkan TSS, COD dan kekeruhan hingga efektivitas 95,78%, 93,04% dan 98,72% pada ketebalan media sabut kelapa 20 cm dan karbon aktif 20 cm. Hal ini disebabkan karena penambahan media pasir membuat media semakin tinggi dan aliran menjadi lambat sehingga limbah memiliki waktu kontak yang semakin lama, sehingga penyerapan polutan oleh karbon semakin tinggi. Hasil perlakuan ini hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Khairunnisa (2021), hasilnya menunjukkan semakin tinggi media filtrasi, maka waktu penyerapan akan semakin lama. Sehingga efektivitas daya penyerapan terhadap polutan juga akan semakin tinggi. Menurut Wulandari dkk. (2018), yang menyatakan bahwa efektivitas penurunan parameter TSS, COD dan kekeruhan dalam limbah akan semakin berkurang seiring dengan semakin lamanya waktu operasi proses filtrasi. Hal ini dikarenakan kemampuan karbon aktif dalam menyerap parameter pencemar yang terkandung dalam limbah semakin lama semakin berkurang. Dalam penelitian ini juga dapat disimpulkan berkurangnya kemampuan karbon aktif disebabkan karena pori-pori pada permukaan

karbon aktif yang semula kosong terisi oleh zat-zat pencemar yang diserapnya. Efektivitas penurunan parameter ini juga dipengaruhi dengan penggunaan media pasir, dimana media pasir mempunyai pori-pori dan celah yang mampu menyerap dan menahan partikel dalam pencemar dalam limbah. Selama penyaringan koloid atau zat-zat tersuspensi dalam air akan ditahan dalam media porous tersebut sehingga kualitas air meningkat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa media sabut kelapa dan karbon aktif mampu menurunkan kadar pencemar dalam limbah, namun akan lebih optimal dan efektif apabila dikombinasikan dengan media pasir. Kinerja karbon aktif akan lebih optimal apabila tingkat ketebalan medianya lebih tinggi ataupun apabila dikombinasikan dengan media lain yang memiliki ukuran butiran yang kecil seperti pasir, penambahan media dapat menahan laju filtrasi dan limbah memiliki waktu kontak yang lama dengan karbon aktif sehingga penyerapannya berlangsung secara optimal. Pasir selain berfungsi untuk menahan laju aliran, juga mampu menahan partikel-partikel pencemar di dalam limbah pada pori-porinya. Namun, perlu diperhatikan bahwa penggunaan karbon aktif dapat meninggalkan residu dari materialnya dan menyebabkan naiknya kadar TSS seperti pada perlakuan dengan media sabut kelapa dan karbon aktif. Penambahan pasir mampu menangkap residu karbon aktif sehingga hasil penyaringan lebih jernih.

Penelitian ini menggunakan analisis multivarian untuk melihat pengaruh jenis dan ketebalan media serta waktu kontak terhadap peningkatan pH dan penurunan parameter TSS, COD dan kekeruhan. Hasil uji analisis multivarian menunjukkan bahwa ketebalan media mempengaruhi peningkatan pH dan penurunan COD. Dimana semakin tebal media maka akan semakin besar penyerapan pencemar dan semakin optimal hasil pengolahannya. Namun, parameter TSS dan kekeruhan tidak dipengaruhi oleh ketebalan media, melainkan disebabkan oleh adanya media pasir yang membuat aliran semakin panjang dan lambat sehingga limbah memiliki waktu kontak yang lama dengan media. Waktu kontak mempengaruhi kemampuan adsorpsi dalam menyerap adsorbat sehingga hasilnya akan lebih optimal dan memenuhi

standar baku mutu. Selain itu, juga dipengaruhi oleh kemampuan media pasir yang digunakan. Semakin kecil ukuran pasir yang digunakan semakin lama waktu kontak dan semakin banyak partikel yang mampu tertahan sehingga hasil filtrasi semakin optimal.

Sebelum analisis MANOVA dilakukan, terlebih dahulu diuji homogenitas varian dan uji homogenitas varian matrik/covarian. Uji homogenitas varian dapat dilihat pada Tabel 4.2. Uji *Levene's Test of Equality of Error Variances* digunakan untuk mengetahui apakah varian antar kelompok data adalah sama. Jika *Sig.* < 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa varian kelompok data adalah berbeda, namun sebaliknya jika *Sig.* >0,05 maka dapat disimpulkan bahwa varian kelompok data adalah sama. Hasil uji didapati signifikansi pH $0,000 < 0,05$, TSS $0,000 < 0,05$, Kekeruhan $0,000 < 0,05$, dan COD $0,330 > 0,05$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa varian kelompok data pH, TSS, Kekeruhan adalah berbeda dan H_0 tidak dapat ditolak yang dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara ketebalan dan penurunan parameter. Sedangkan varian kelompok COD adalah sama, maka H_0 ditolak dan dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara ketebalan media dengan penurunan COD. Setelah itu, dilakukan Uji *Homogenitas Varian Matrik/Covarian*. Hasil uji ini didapati nilai *Box's M* = 176,756 dengan signifikansi 0,000. Jika taraf signifikansi penelitian adalah 0,05, maka dapat dituliskan $0,000 < 0,05$, yang menunjukkan bahwa H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *matrik varian/covarian* dari variabel dependen adalah beda.

Setelah pengujian kedua homogenitas tersebut, selanjutnya dilakukan uji MANOVA. Hasil keputusan uji MANOVA diambil dari analisis *Pillai Trace*, *Wilk Lambda*, *Hotelling's Trace*, dan *Roy's Largest Root*. Analisis ini dilakukan dengan bantuan SPSS 16.0 yaitu dengan *General Linear Model-Multivariate*. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa harga F kelas untuk *Pillai Trace*, *Wilk Lambda*, *Hotelling's Trace*, dan *Roy's Largest Root* memiliki nilai signifikansi berbeda-beda. Pada media signifikansi >0,05. Hal ini menunjukkan bahwa harga F jenis media

semuanya tidak berpengaruh terhadap peningkatan pH dan penurunan parameter TSS, COD dan kekeruhan. Sedangkan pada ketebalan signifikansi $<0,05$, sehingga menunjukkan harga F ketebalan media semuanya berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan pH dan penurunan parameter TSS, COD dan kekeruhan. Untuk mengetahui perbedaan jenis dan ketebalan media pada peningkatan pH dan penurunan TSS, COD dan kekeruhan dapat menggunakan analisis *Tests of Between Subjects Effects*. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara jenis media dengan parameter pH, dan COD yang ditunjukkan dengan nilai *sig.* $0,023 < 0,05$ dan $0,003 < 0,05$. Selain itu juga terdapat hubungan antara ketebalan media dengan parameter pH, TSS, COD dan kekeruhan ditunjukkan dengan nilai *sig.* $0,000 < 0,05$.

4.2.3 Pengaruh ketebalan media terhadap parameter TDS, DHL dan DO

Berdasarkan Tabel 4.2, air limbah sebelum pengolahan memiliki kadar TDS sebesar 901 mg/l. Kandungan TDS pada limbah disebabkan oleh banyaknya aktivitas rumah makan yang menghasilkan zat-zat organik terlarut dari sisa olahan makanan. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa setelah perlakuan terjadinya penurunan dan juga peningkatan kadar TDS pada perlakuan dengan berbagai media. Perlakuan dengan media sabut kelapa penurunan terjadi pada ketebalan 10 cm dan 15 cm. Pada ketebalan 20 cm kadar TDS meningkat melebihi kandungan pada sampel awal. Hal ini diduga karena adanya pengaruh dari media yang digunakan. Sabut kelapa meninggalkan zat-zat terlarut dalam air sehingga meningkatkan kadar TDS pada limbah. Sama halnya pada penggunaan media karbon aktif, dimana terjadi peningkatan TDS melebihi kandungan awal pada limbah. Peningkatan TDS ini diduga bersumber dari zat-zat terlarut yang dihasilkan dari karbon aktif itu sendiri. Penurunan secara fluktuatif juga terjadi pada filtrasi dengan media kombinasi sabut kelapa dan karbon aktif serta pada perlakuan dengan penambahan media pasir. Hal ini dikarenakan TDS merupakan zat-zat terlarut terlarut yang tidak bisa tertahan oleh media filtrasi. Media filtrasi yang digunakan memiliki ukuran pori lebih besar

daripada zat-zat terlarut sehingga TDS mampu melewati media penyaring dan tidak dapat tersisihkan. Menurut Irwan dan Afdal (2016), TDS merupakan jumlah padatan yang berasal dari zat-zat terlarut yang mampu melewati media penyaring.

Tabel 4.2 juga menunjukkan nilai DHL sebelum pengolahan sebesar 1.25 mS/cm. Masih berdasarkan Tabel 4.2 kadar DHL setelah perlakuan terjadi penurunan pada media sabut kelapa dan karbon aktif. Penurunan pada media kombinasi sabut kelapa dan karbon aktif serta pada penambahan media pasir terjadi secara fluktuatif. Penurunan DHL ataupun konduktivitas ini sama halnya dengan penurunan kandungan TDS pada limbah. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan TDS berpengaruh terhadap peningkatan nilai DHL, begitupun sebaliknya. Dimana ion-ion terlarut yang dihasilkan pada aktivitas rumah makan dapat meningkatkan konduktivitas pada limbah. Ion-ion tersebut mengandung komposisi kimia yang dapat menghantarkan listrik. Hal ini memperkuat temuan Irwan dan Afdal (2016), yang menyatakan bahwa nilai konduktivitas listrik meningkat seiring dengan meningkatnya nilai TDS. Berdasarkan hal tersebut, pengukuran TDS pada air limbah dapat diwakilkan dengan mengukur DHL. DHL adalah kemampuan menghantarkan listrik melalui ion-ion terlarut yang terkandung dalam limbah. Ion-ion penghantar listrik tersebut dipengaruhi oleh padatan terlarut di dalamnya. Semakin besar jumlah padatan terlarut maka semakin besar pula jumlah ion penghantar listrik pada limbah. Antara TSS dan DHL keduanya memiliki hubungan yang kompleks tergantung daripada komposisi kimia dan kekuatan ion dalam limbah rumah makan.

Berdasarkan Tabel 4.2, kandungan DO sebelum pengolahan sebesar 7,5 mg/l, setelah perlakuan dengan filtrasi terjadi penurunan. Seperti halnya TDS dan DHL, penurunan DO juga berlangsung secara fluktuatif. Namun, secara keseluruhan setelah perlakuan limbah rumah makan memiliki kandungan DO yang tinggi. Semakin tinggi nilai DO yang dikandung suatu limbah maka akan semakin baik pula kualitas limbah tersebut. Oksigen terlarut ataupun DO merupakan kebutuhan oksigen bagi organisme perairan untuk pernapasan dan proses metabolisme. Menurut Ashar (2020), oksigen juga dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik maupun anorganik dalam

proses aerobik. Oksigen terlarut berasal dari proses difusi dari atmosfer dan proses fotosintesis. Menurut baku mutu kadar oksigen air limbah yang baik berkisar 0–6 mg/l. Suhu limbah mempengaruhi jumlah oksigen yang terlarut. Semakin tinggi suhu air limbah maka kelarutan oksigen di dalamnya akan semakin rendah sehingga jumlah oksigen terlarut akan semakin rendah. Nilai DO pada suatu limbah juga dipengaruhi oleh kandungan BOD pada limbah, semakin tinggi nilai BOD maka akan semakin rendah kandungan DO suatu limbah. Menurut Fauziah (2016), tingginya BOD dikarenakan meningkatnya jumlah bahan organik dalam limbah yang akan menyebabkan penurunan kandungan DO. Jika kebutuhan oksigen untuk oksidasi zat-zat organik oleh mikroorganisme tinggi, maka ketersediaan oksigen terlarut akan semakin rendah.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah:

1. Ketebalan media berpengaruh terhadap peningkatan pH dan penurunan TSS, COD dan kekeruhan. Semakin tebal media maka semakin besar pula peningkatan pH dan penurunan TSS, COD dan kekeruhan. Namun, penggunaan media karbon aktif perlu diperhatikan karena dapat meninggalkan residu sehingga mempengaruhi TSS dan kekeruhan pada limbah.
2. Perlakuan dengan *single media* mampu menurunkan kadar pencemar, namun tidak mampu memenuhi baku mutu. Perlakuan dengan media kombinasi sabut kelapa dan karbon aktif mampu menurunkan COD hingga memenuhi baku mutu. Perlakuan dengan penambahan media pasir terbukti lebih efektif hingga memenuhi baku mutu dengan efektivitas penurunan TSS, COD dan kekeruhan yang paling tinggi pada ketebalan media sabut kelapa 20 cm dan karbon aktif 20 cm dan pasir 40 mesh 10 cm yaitu masing-masing sebesar 95,78, 93,04 dan 98,72%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh, peneliti mengajukan saran-saran sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pemanfaatan sabut kelapa untuk dimanfaatkan sebagai media penyaringan sederhana yang mudah diterapkan.
2. Penggunaan media karbon aktif, sebaiknya dikombinasikan dengan jenis media yang lain sehingga mampu menangkap residu dari karbon aktif tersebut.
3. Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan ragam jenis media yang lain yang mampu berperan serupa dengan sabut kelapa dan karbon aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Andiese, V. W. (2011). *Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga dengan Metode Kolam. Infrastruktur*, 1(2).
- Andrie, A., Fatmawati, S., dan Tehuayo, H. (2016). Rancangan Sistem Penjernihan Air Baku Dengan Sistem Slow Sand Filter Di Desa Lekopancing Kab. Maros Sulawesi Selatan. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 11(01), 1523–1530.
- Ardiatma, D., Ilyas, N. I., dan Hanif. (2020). Pengaruh Diameter Media Filtrasi Zeolit Terhadap Turbidity, Total Disolved Solids Dan Total Suspended Solids Pada Reaktor Filter. *Jurnal Pelita Teknologi*, 15(2), 95–105.
- Ariani, W., Sumiyati, S., dan Wardana, I. W. (2014). Studi Penurunan Kadar Cod Dan Tss Pada Limbah Cair Rumah Makan Dengan Teknologi Biofilm Anaerob - Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 1–10.
- 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*, Vol. 6, No. 1.
- Asadiya, A. (2018). Pengolahan Air Limbah domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Tugas Akhir*. Departemen Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, Dan Kebumihan. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Ashar, Y. K. (2020). Analisis Kualitas (BOD, COD, DO) Air Sungai Pesangrahan Desa Rawadenok Kelurahan Rangkaan Jaya Baru Kecamatan Mas Kota Depok. *Skripsi*
- Asnaning, A. R., dan Saputra, E. (2018). *Uji Kualitas Air Hujan Hasil Filtrasi untuk Penyediaan Air Bersih Rainwater Quality Test From Filtration Result for Clean Water Supply*.
- Auzar (2016). Upaya Meningkatkan Baku Mutu Air Rawa dengan Melakukan Penyaringan Menggunakan Media Arang Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa *Tugas Akhir*. Departemen Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan. Universitas Pasir pangarayan.
- Elvida, D. (2021). Uji Efektivitas Nanopartikel Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) untuk Pengolahan Air Bersih. *Skripsi*. Teknik Lingkungan

Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

- Elmariza, J., Zaharah, T., dan Arreneuz, S. (2015). *Optimasi Ukuran Partikel, Massa dan Waktu Kontak Karbon Aktif Berdasarkan Efektivitas Adsorpsi*.
- Enuari. (2016). *Aplikasi Biofilter Untuk Pengolahan Air dan Air Limbah*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung.
- Filliazati, M., Apriani, I., dan Zahara, T. A. (2013) *Pengolahan limbah cair domestik dengan biofilter aerob menggunakan media bioball dan tanaman kiambang*. 1–10.
- Fauziah, S. (2016) Kemampuan Isolat Bakteri C₁F (*Klebsiella* sp.) dalam menurunkan Kadar Fenol pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Alauddin Makassar. *Skripsi*.
- Hanafi, Zahara, T. A., dan Yusuf, W. (2017). *Optimasi Filter Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) untuk Meningkatkan pH Air Gambut*.
- Hasanah, U., dan Sugito, S. (2017). Removal Cod Dan Tss Limbah Cair Rumah Potong Ayam Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 15(1), 61–69.
- Hibatullah, H. F. (2019). Fitoremediasi Limbah Domestik (Grey Water) menggunakan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dengan Menggunakan Sistem Batch. *Skripsi*.
- Irwan, F., dan Afdal (2016). Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fisika Unand*. 5 (1).
- Jannah, F. H. S. (2019). *Pengaruh Tinggi Media Pasir Silika Terhadap Penyisihan Kekeruhan Pada Unit Filtrasi Pengolahan Air Minum*.
- Khairunnisa. (2021). Pengolahan air bersih dengan metode filtrasi menggunakan media arang aktif kulit durian. *Skripsi*. Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Kuesnaedi. (2010). Mengolah Air Kotor untuk Air Minum. *Rineka Cipta*.
- Maryani, D., 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 ITS*, 3(2), D76–D81.

- Muqarromah. (2017). Penurunan Kaa Besi (Fe) pada Air Sumur Gali di Sumur Gali di Desa Batoh, Kecamatan Lueng Bata Kota Banda Aceh dengan Menggunakan Briket Kulit Durian. *Skripsi Kesehatan Masyarakat*.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001. *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemara Air*.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. *Perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*.
- Pinandari. (2011). *Uji Efektifitas dan Efisiensi Filter Biomassa Menggunakan Sabut Kelapa (Cocos nucifera) Sebagai Bioremoval Untuk Menurunkan Kadar Logam (Cd, Fe, Cu), Total Padatan Tersuspensi (TSS) dan Meningkatkan pH pada Limbah Air Asam Tambang Batubara*.
- Pramita, A., Prasetyanti, D. N., dan Fauziah, D. N. (2020). Penggunaan Media Bioball dan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) sebagai Biofilter Aerobik pada Pengolahan Limbah Cair Rumah. *Journal of Research and Technology*, 6(1), 131–136.
- Prasetyo, R. I., Mashadi, A., dan Amin, M. (2018). Pengaruh Filtrasi Dengan Metode Up Flow Terhadap Kekeruhan , Besi (Fe) Dan Derajat Keasaman (pH). *World of Civil and Enviromental Engineering*, 1 (1), 9–13.
- Pratiwi, N. E., Husaini, H., dan Suhartono, E. (2017). Filtrasi Campuran Pasir Dan Ampas Tahu Kering Sebagai Adsorben Logam Besi Dan Mangan Pada Air Gambut. *Jurnal Berkala Kesehatan*, 1(2), 139.
- Purwonugroho dan Nasruddin. (2013). Keefektifan Kombinasi Media Filter Zeolit dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn). *Artikel Publikasi Ilmiah*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Purwono dan Karbito. (2013). Pengolahan Air Sumur Gali Menggunakan Saringan Pasir Bertekanan (Pressure Sans Filter) untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn). *Kesehatan*, 4(1), 305–314.
- Puspawati, S. W., Ilmu, S., Universitas, L., Pusat, K. J., dan Khusus, D., (2017). *Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan*. 129–136.
- Quddus, R. (2014). Teknik Pengolahan Air Bersih dengan Sistem Saringan Pasir Lambat (Downflow) Yang Bersumber dari Sungai Musi. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(4).

- Rahardianti, E. S. (2016). Pengurangan Kadar Pencemar pada Air Lindi Sampah Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian. *Unmuha Palembang*.
- Safitri. (2016). Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Filtrasi Membran Sintesis Zeolit dan Kitosan untuk Menurunkan Kadar TSS dan Zat Organik. *Skripsi*.
- Sattuang, H., Mustari, K., dan syahrul, M. (2020). Analisis Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Studi Kasus Batikite Resort Jenepono.
- SNI 06-6989.3.2004. *Tentang Metode Pengujian Kandungan TSS*.
- SNI 06-6989.11.2004. *Tentang Metode Pengujian Kandungan pH*.
- SNI 06-6989.25.2005. *Tentang Metode Pengujian Kandungan Kekeruhan*.
- SNI 06-6989.59.2008. *Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah*.
- SNI 06-6989.73.2009. *Tentang Metode Pengujian Kandungan COD*.
- Sulastri, dan Nurhayati. (2014). Pengaruh Media Filtrasi Arang Aktif Terhadap Kekeruhan, Warna dan TSS pada Air Telaga di Desa Balong Panggang. *Jurnal Teknik*, 12(01).
- Sulianto, A. A., Kurniati, E., dan Hapsari, A. A. (2020). *Perancangan Unit Filtrasi untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem Downflow Design of Domestic Waste Filtration Unit with Downflow System*. 31–39.
- Sulistyanti, D. (2018). *Penerapan metode filtrasi dan adsorpsi dalam pengolahan limbah laboratorium*. 3(2), 147–156.
- Sumarni. (2012). Adsorpsi Zat warna dan Zat Padat Tersuspensi dalam Limbah Cair Batik. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi (SNAST) Periode III*. Yogyakarta.
- Utomo, K. P., Saziati, O., dan Pramadita, S. (2018). Sabut kelapa Sebagai Filter Limbah Cair Rumah Makan Cepat Saji. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 6(2), 30.
- Wirosoedarmo, R., Haji, A. T. S., dan Hidayati, E. A. (2016). Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Kontak pada Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung untuk Menurunkan BOD dan COD. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 3(2), 31–38.

Wulandari, M., Astuti, A., dan Muldarisnur, M. (2018). Sintesis Nanopartikel TiO₂-SiO₂ Berpori Sebagai Fotokatalis untuk Penjernihan Air Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Fisika Unand*, 7(1), 33–38.

Zahra, L. Z., Pembimbing, D., Purwanti, I. F., dan Dan, S. (2015). Restaurant Wastewater Treatment With Aerobic Biofilter Process. *Jurnal Teknik*.



LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Baku Mutu

- a. Permen LHK: P. 68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum
1	pH	-	6-9
2	COD	mg/L	100
3	BOD	mg/L	30
4	TSS	mg/L	30
5	Minyak dan Lemak	mg/L	5
6	Amoniak	mg/L	10
7	Total Coliform	Jumlah/100MI	3000

- b. Permeskes Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi.

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
A. Fisika			
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat padat terlarut	mg/l	1000
4	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
5	Rasa	-	Tidak berasa
6	Bau	-	Tidak berbau
B. Kimia (wajib)			
1	pH	mg/l	6,5-8,5
2	Besi	mg/L	1
3	Fluorida	mg/L	1,5
4	Kesadahan (CaCO_3)	mg/L	500
5	Mangan	mg/L	0,5
6	Nitrat, sebagai N	mg/L	10
7	Nitrit sebagai N	mg/L	1
8	Sianida	mg/L	0,1
9	Deterjen	mg/L	0,05
10	Pestisida total	mg/L	0,1
Kimia (Tambahan)			
1	Air raksa	mg/L	0,001
2	Arsen	mg/L	0,05
3	Kadmium	mg/L	0,005
4	Kromium (valensi 6)	mg/L	0,05
5	Selenium	mg/L	0,01
6	Seng	mg/L	15
7	Sulfat	mg/L	400
8	Timbal	mg/L	0,05
9	Benzena	mg/L	0,01
C Biologi			
1	Total coliform	CFU/100ml	50
2	E. coli	CFU/100ml	0

Lampiran 2. Dokumentasi Tahapan Perlakuan dan Pengukuran**2.1 Tahap Persiapan**

	
Media sabut kelapa	Media karbon aktif
	
Pengambilan sampel limbah	Sampel limbah rumah makan
	
Sampel limbah rumah makan	Pengukuran awal limbah

2.2 Tahap Perlakuan

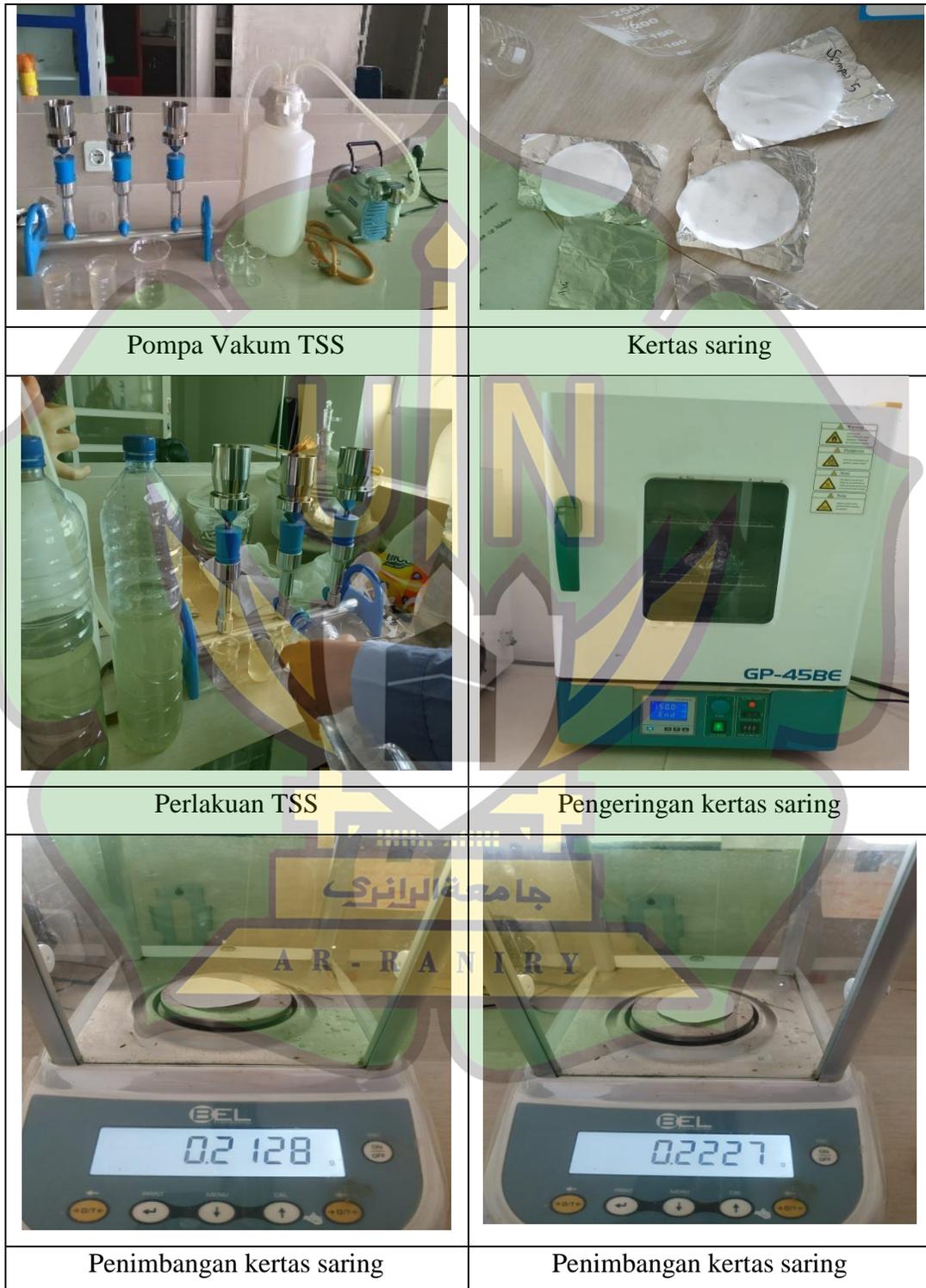
	
Penyusunan media	Perlakuan filtrasi
	
Filtrasi dengan sabut kelapa	Filtrasi dengan karbon aktif
	
Filtrasi sabut kelapa-karbon aktif	Filtrasi sabut kelapa-karbon aktif-pasir

2.3 Tahap pengukuran

1. Pengukuran pH

	
Alat pH Meter	Persiapan pH Meter
	
Pengukuran pH sampel	Pengukuran pH sampel
	
Pengukuran pH sampel	Pencucian pH Meter

2. Pengukuran TSS



3. Pengukuran COD

	
COD Reaktor dan pemanasan sampel	COD Meter
	
Perlakuan COD	Sampel
	
Kuvet sampel	Perhitungan nilai COD

4. Pengukuran Kekeruhan

	
Turbidimeter	Turbidimeter
	
Nilai kekeruhan media sabut kelapa	Nilai kekeruhan media karbon aktif
	
Nilai kekeruhan media sabut kelapa-karbon aktif	Nilai kekeruhan media sabut kelapa-karbon aktif-pasir

Lampiran 3. Perhitungan parameter TSS limbah rumah makan

1. Sampel Awal

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2355 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 237 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

2. Media Sabut kelapa 10 cm

a. ketebalan 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2348 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 228 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

b. ketebalan 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2388 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 220 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

c. ketebalan 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2290 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 172 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

3. Media Karbon aktif

a. ketebalan 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2302 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 184 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

b. ketebalan 15 cm

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}}$$

c. ketebalan 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2227 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 109 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

4. Media Sabut Kelapa dan Karbon Aktif

a. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2317 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 199 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2334 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 216 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2287 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 169 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

d. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2218 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 100 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

e. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2311 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 194 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

f. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2335 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 217 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

g. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2215 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 93 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

h. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2257 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 139 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

i. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2255 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 137 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

5. Media Sabut Kelapa, Karbon Aktif dan Pasir**a. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 10 cm dan pasir 10**

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2202 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 84 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2171 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 53 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2159 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 41 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

d. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 10 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2196 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 78 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

e. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2188 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 70 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

f. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2138 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 20 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

g. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 10 cm dan pasir 10

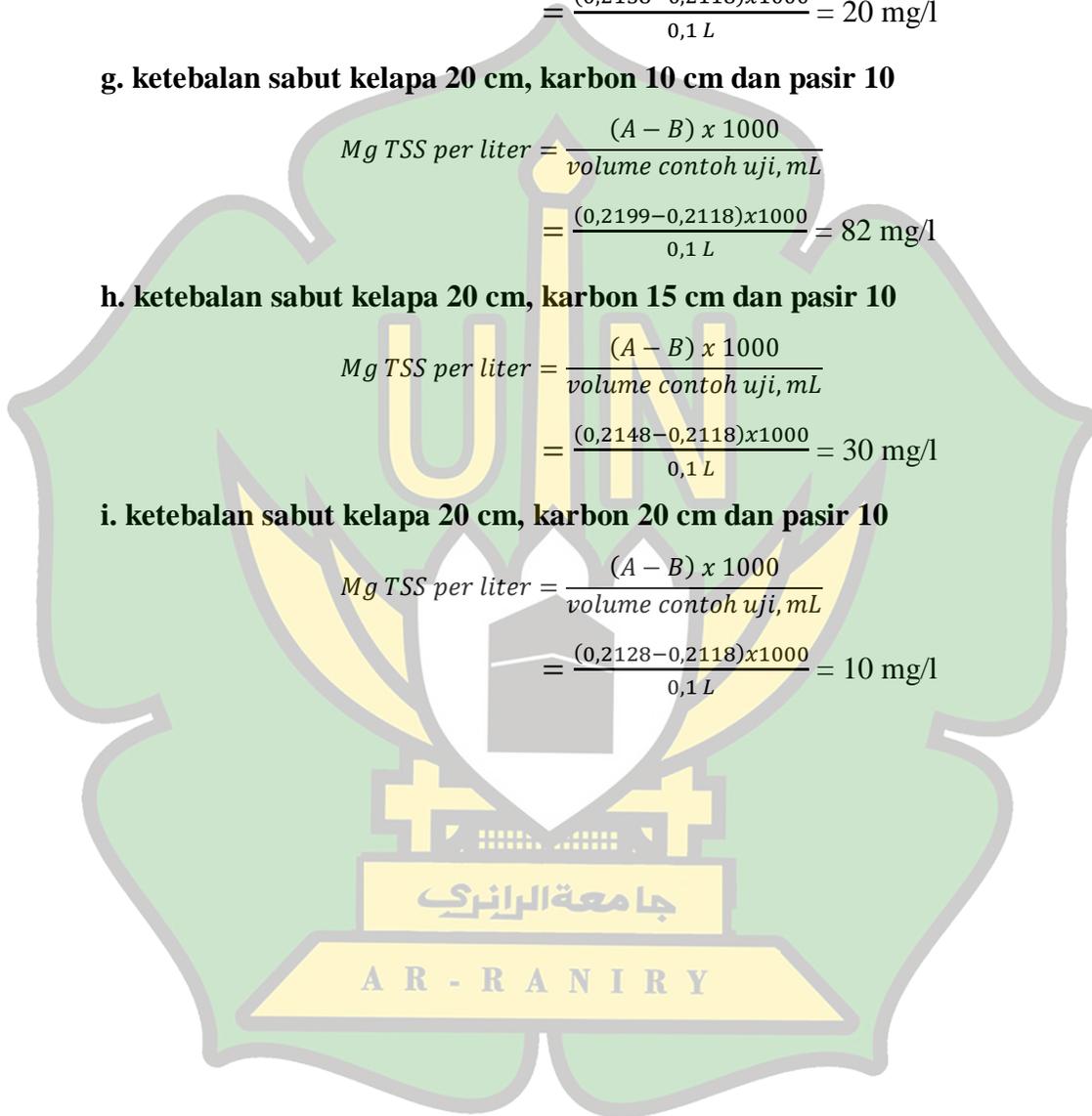
$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2199 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 82 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

h. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2148 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 30 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

i. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \\ &= \frac{(0,2128 - 0,2118) \times 1000}{0,1 \text{ L}} = 10 \text{ mg/l} \end{aligned}$$



Lampiran 4. Efisiensi penurunan TSS, COD dan Kekeruhan pada limbah rumah makan

A. Efisiensi penurunan TSS pada limbah

1. Media Sabut Kelapa

a. ketebalan sabut kelapa 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-228)}{237} 100\% \\ &= 3,78\% \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-220)}{237} 100\% \\ &= 7,17\% \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-172)}{237} 100\% \\ &= 27,42\% \end{aligned}$$

2. Media Karbon Aktif

a. ketebalan karbon aktif 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-184)}{237} 100\% \\ &= 22,36\% \end{aligned}$$

b. ketebalan karbon aktif 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-212)}{237} 100\% \\ &= 10,54\% \end{aligned}$$

c. ketebalan karbon aktif 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-199)}{237} 100\% \\ &= 54,00\% \end{aligned}$$

3. Media Sabut kelapa dan Karbon Aktif

a. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-109)}{237} 100\% \\ &= 16,03\% \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-216)}{237} 100\% \\ &= 8,86\% \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-169)}{237} 100\% \\ &= 28,69\% \end{aligned}$$

d. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-100)}{237} 100\% \\ &= 57,80\% \end{aligned}$$

e. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-194)}{237} 100\% \\ &= 18,14\% \end{aligned}$$

f. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-217)}{237} 100\% \\ &= 8,43\% \end{aligned}$$

g. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-93)}{237} 100\% \\ &= 60,75\% \end{aligned}$$

h. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-139)}{237} 100\% \\ &= 41,35\% \end{aligned}$$

i. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-137)}{237} 100\% \\ &= 42,19\% \end{aligned}$$

4. Media Sabut kelapa, Karbon Aktif dan Pasir**a. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 10 cm dan pasir 10**

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-84)}{237} 100\% \\ &= 64,55\% \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-53)}{237} 100\% \\ &= 67,08\% \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-41)}{237} 100\% \\ &= 81,70\% \end{aligned}$$

d. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 10 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-78)}{237} 100\% \\ &= 67,08\% \end{aligned}$$

e. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-70)}{237} 100\% \\ &= 70,46\% \end{aligned}$$

f. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-20)}{237} 100\% \\ &= 91,59\% \end{aligned}$$

g. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 10 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-82)}{237} 100\% \\ &= 65,40\% \end{aligned}$$

h. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-30)}{237} 100\% \\ &= 87,34\% \end{aligned}$$

i. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(TSS \text{ Awal} - TSS \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(237-10)}{237} 100\% \\ &= 95,78\% \end{aligned}$$

B. Efisiensi penurunan COD pada limbah

1. Media Sabut Kelapa

a. ketebalan sabut kelapa 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD \text{ Awal} - COD \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-416)}{482} 100\% \\ &= 13,69\% \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 15

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD \text{ Awal} - COD \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-404)}{482} 100\% \\ &= 16,18\% \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 20

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD \text{ Awal} - COD \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-335)}{482} 100\% \\ &= 30,49\% \end{aligned}$$

2. Media Karbon Aktif

a. ketebalan karbon aktif 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD \text{ Awal} - COD \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-411)}{482} 100\% \\ &= 14,49\% \end{aligned}$$

b. ketebalan karbon aktif 15

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(COD \text{ Awal} - COD \text{ Akhir})}{TSS \text{ Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-296)}{482} 100\% \\ &= 38,58\% \end{aligned}$$

c. ketebalan karbon aktif 20

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-220)}{482} 100\% \\ &= 54,35\% \end{aligned}$$

3. Media Sabut kelapa dan Karbon Aktif

a. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-240)}{482} 100\% \\ &= 50,20\% \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-212)}{482} 100\% \\ &= 46,05\% \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-150)}{482} 100\% \\ &= 68,89\% \end{aligned}$$

e. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-138)}{482} 100\% \\ &= 71,36\% \end{aligned}$$

f. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482-129)}{482} 100\% \\ &= 73,23\% \end{aligned}$$

g. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 110,8)}{482} 100\% \\ &= 77,01\% \end{aligned}$$

h. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 103)}{482} 100\% \\ &= 78,63\% \end{aligned}$$

i. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 93,6)}{482} 100\% \\ &= 80,58\% \end{aligned}$$

j. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 92,8)}{482} 100\% \\ &= 80,74\% \end{aligned}$$

4. Media Sabut Kelapa, Karbon Aktif dan Pasir**a. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 10 cm dan pasir 10**

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 205)}{482} 100\% \\ &= 57,48\% \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 130)}{482} 100\% \\ &= 73,02\% \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 101,5)}{482} 100\% \\ &= 78,94\% \end{aligned}$$

d. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 10 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 71,3)}{482} 100\% \\ &= 85,20\% \end{aligned}$$

e. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 61,6)}{482} 100\% \\ &= 87,21\% \end{aligned}$$

f. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 54,8)}{482} 100\% \\ &= 91,55\% \end{aligned}$$

g. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 10 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 64,4)}{482} 100\% \\ &= 86,21\% \end{aligned}$$

h. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 56,4)}{482} 100\% \\ &= 88,29\% \end{aligned}$$

i. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{COD Awal} - \text{COD Akhir})}{\text{TSS Awal}} 100\% \\ &= \frac{(482 - 53,7)}{482} 100\% \\ &= 93,04\% \end{aligned}$$

C. Efisiensi penurunan Kekeruhan pada limbah

1. Media sabut kelapa

a. ketebalan sabut kelapa 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878 - 622)}{878} 100\% \\ &= 29,15\% \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 15

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878 - 509)}{878} 100\% \\ &= 42,02\% \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 20

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878 - 411)}{878} 100\% \\ &= 53,18\% \end{aligned}$$

2. Media Karbon Aktif

a. ketebalan karbon aktif 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878 - 449)}{878} 100\% \\ &= 48,86\% \end{aligned}$$

b. ketebalan karbon aktif 15

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878 - 476)}{878} 100\% \\ &= 45,78\% \end{aligned}$$

c. ketebalan karbon aktif 20

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-328)}{878} 100\% \\ &= 62,64\% \end{aligned}$$

3. Media Sabut Kelapa dan Karbon Aktif

a. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-414)}{878} 100\% \\ &= 52,84\% \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-495)}{878} 100\% \\ &= 43,62\% \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 10 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-383)}{878} 100\% \\ &= 59,37\% \end{aligned}$$

d. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-308)}{878} 100\% \\ &= 64,92\% \end{aligned}$$

e. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-440)}{878} 100\% \\ &= 49,88\% \end{aligned}$$

f. ketebalan sabut kelapa 15 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-507)}{878} 100\% \\ &= 42,25\% \end{aligned}$$

g. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-302)}{878} 100\% \\ &= 65,60\% \end{aligned}$$

h. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-398)}{878} 100\% \\ &= 54,66\% \end{aligned}$$

i. ketebalan sabut kelapa 20 cm karbon 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-393)}{878} 100\% \\ &= 55,23\% \end{aligned}$$

4. Media Sabut Kelapa, Karbon Aktif dan Pasir**a. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 10 cm dan pasir 10**

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-32,4)}{878} 100\% \\ &= 96,30\% \end{aligned}$$

b. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-25,4)}{878} 100\% \\ &= 97,10\% \end{aligned}$$

c. ketebalan sabut kelapa 10 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-15,6)}{878} 100\% \\ &= 98,22\% \end{aligned}$$

d. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 10 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-28,0)}{878} 100\% \\ &= 96,81\% \end{aligned}$$

e. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-25,5)}{878} 100\% \\ &= 97,09\% \end{aligned}$$

f. ketebalan sabut kelapa 15 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-11,5)}{878} 100\% \\ &= 98,68\% \end{aligned}$$

g. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 10 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-29,3)}{878} 100\% \\ &= 96,66\% \end{aligned}$$

h. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 15 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-13,9)}{878} 100\% \\ &= 98,41\% \end{aligned}$$

i. ketebalan sabut kelapa 20 cm, karbon 20 cm dan pasir 10

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{(\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir})}{\text{Kekeruhan Awal}} 100\% \\ &= \frac{(878-11,2)}{878} 100\% \\ &= 98,72\% \end{aligned}$$

Lampiran 5. Analisis SPSS

Hasil Levene's Test of Equality of Error Variances

	F	df1	df2	Sig.
pH	21.870	9	62	.000
TSS	5.376	9	62	.000
Kekeruhan	12.413	9	62	.000
COD	1.169	9	62	.330

Box's Test of Equality of Covariance Matrices

Box's M	176.756
F	1.862
df1	70
df2	3289.951
Sig.	.000

Multivariate Tests

	Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.999	12314.131 ^b	4.000	59.000	.000
	Wilks' Lambda	.001	12314.131 ^b	4.000	59.000	.000
	Hotelling's Trace	834.856	12314.131 ^b	4.000	59.000	.000
	Roy's Largest Root	834.856	12314.131 ^b	4.000	59.000	.000
Media	Pillai's Trace	.191	1.580	8.000	120.000	.138
	Wilks' Lambda	.811	1.630 ^b	8.000	118.000	.123
	Hotelling's Trace	.231	1.677	8.000	116.000	.111
	Roy's Largest Root	.223	3.343 ^c	4.000	60.000	.015
Ketebalan	Pillai's Trace	.502	3.065	12.000	183.000	.001
	Wilks' Lambda	.551	3.289	12.000	156.391	.000
	Hotelling's Trace	.718	3.452	12.000	173.000	.000
	Roy's Largest Root	.554	8.442 ^c	4.000	6.000	.000

Tests of Between-Subjects Effects					
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Intercept	pH	2215.171	2215.171	6447.570	.000
	TSS	1068820.948	1068820.948	293.032	.000
	Kekeruhan	5047330.306	5047330.306	171.663	.000
	COD	197783.082	197783.082	198.667	.000
Media	pH	2.756	1.378	4.011	.023
	TSS	21410.545	10705.273	2.935	.061
	Kekeruhan	161414.512	80707.256	2.745	.072
	COD	124908.812	62454.406	6.273	.003
Ketebalan	pH	8.076	2.692	7.835	.000
	TSS	84114.016	28038.005	7.687	.000
	Kekeruhan	619725.707	206575.236	7.026	.000
	COD	308405.968	102801.989	10.326	.000

