

TUGAS AKHIR
EFEKTIVITAS METODE FILTRASI MENGGUNAKAN
MEDIA FILTER KARBON AKTIF DARI KULIT SINGKONG
DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN TSS PADA
LIMBAH CAIR TAHU



Disusun oleh:
Apdi Prasetyo (2026034)

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2025

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS METODE FILTRASI MENGGUNAKAN MEDIA FILTER
KARBON AKTIF DARI KULIT SINGKONG DALAM MENURUNKAN
KADAR COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR TAHU**

Disusun Oleh:

APDI PRASETIYO

20.26.034

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,


Ir. Sudiro, ST., MT
NIP. Y. 1039900327

Dosen Pembimbing II,


Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Sc
NIP.1961062019911031002

Dosen Penguji I,


Candra Dwi Ratna, ST., MT.
NIP.Y. 1030000349

Dosen Penguji II,


Anis Artiyani, ST., MT.
NIP.P. 1030300384

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan


Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Sc
NIP. 1961062019911031002



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

Kampus I : J. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunang); Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : J. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA TUGAS AKHIR

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : APDI PRASETIYO

NIM : 2026034

JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL : EFEKTIVITAS METODE FILTRASI MENGGUNAKAN MEDIA
FILTER KARBON AKTIF DARI KULIT SINGKONG DALAM
MENURUNKAN KADAR COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR
TAHU

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Tugas Akhir Jenjang Program Strata Satu
(S-1), pada:

Hari : Senin

Tanggal : 17 Februari 2025

Panitia Ujian Tugas Akhir

Ketua,

Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Sc

NIP.1961062019911031002

Sekretaris,

Vitha Rachmawati, ST., MT

NIP.P. 1031900560

Tim Penguji

Dosen Penguji I,

Candra Dwi Ratna, ST., MT.

NIP.Y. 1030000349

Dosen Penguji II,

Anis Artivani, ST., MT.

NIP.P. 1030300384

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Apdi Prasetyo

NIM : 2026034

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi yang saya susun dan saya tulis dengan judul “EFEKTIVITAS METODE FILTRASI MENGGUNAKAN MEDIA FILTER KARBON AKTIF DARI KULIT SINGKONG DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR TAHU” adalah benar-benar merupakan hasil pemikiran, penelitian, serta karya intelektual saya sendiri dan bukan merupakan karya pihak lain.
2. Semua sumber referensi yang dikutip dan dirujuk tertulis dalam lembar daftar pustaka
3. Apabila kemudian hari diketahui terjadi penyimpangan dari pernyataan yang saya buat, maka saya siap menerima sanksi sebagaimana aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Malang, 17 Februari 2025
Menyatakan,



Apdi Prasetyo

NIM. 20.26.034

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Efektivitas Metode Filtrasi Menggunakan Media Filter Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu”. terselesaikannya tugas akhir ini tidak lepas dari keikutsertaan semua pihak dalam memberikan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini, maka dari itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Sudiro, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan masukan dan arahan selama penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Ir Hery Setyobudiarso. M.SC., selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia memberikan waktu dan senantiasa memberikan masukan yang membangun kepada penyusun dalam proses ini.
3. Bapak Dr. Ir Hery Setyobudiarso. M.SC., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang yang senantiasa memberikan arahan dan masukan kepada penyusun.
4. Seluruh Dosen dan Staff program studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang yang telah bersedia mendidik dan membantu dalam proses penyusunan tugas akhir.
5. Orang tua penulis Bapak dan Ibu yang telah memberikan dukungan doa, kasih sayang, materi, motivasi, nasehat, perhatian serta pengorbanan yang tiada henti diberikan kepada penulis di setiap perjalanan hidup penulis. Serta adik saya tercinta yang selalu menjadi motivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman – teman kontrakan Yosua, Decma, Fan, Mas Iwan, Mas Rico, Ridwan yang selalu menjadi pendengar dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

7. Pihak-pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan sedikit atau banyak andil dan doa kepada saya dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.

Malang, Februari 2025

Penyusun
Apdi Prasetyo

EFEKTIVITAS METODE FILTRASI MENGGUNAKAN MEDIA FILTER KARBON AKTIF DARI KULIT SINGKONG DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR TAHU

Apdi Prasetyo

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Malang

ABSTRAK

Dampak pencemaran dari limbah tahu dapat mengganggu kehidupan biotik dan turunnya kualitas air perairan. Limbah cair tahu mengandung BOD, COD, TSS dan bahan organik tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas metode filtrasi menggunakan media filter karbon aktif kulit singkong, zeolite, pasir silika dan kerikil pada pengolahan limbah cair tahu dalam menurunkan parameter COD dan TSS.

Penelitian ini menggunakan metode filtrasi dengan variasi ketebalan media filter yaitu reaktor I karbon aktif kulit singkong 10 cm, zeolite 20 cm, pasir silika 20 cm, kerikil 15 cm pada reaktor II karbon aktif kulit singkong 20 cm, zeolite 15 cm, pasir silika 15 cm, kerikil 15 cm dengan waktu detensi pada masing-masing reaktor 0 menit, 30 menit dan 60 menit.

Hasil penelitian ini yaitu metode filtrasi dengan variasi ketinggian media dan waktu detensi mampu mengurangi konsentrasi COD dan TSS dengan efisiensi tertinggi pada reaktor I adalah 69,1 % dan 73,6 %. Pada reaktor II adalah 72,8 % dan 79,5 %. Dari hasil penelitian parameter COD dan TSS masih belum memenuhi Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 Baku Mutu Kelas III.

Kata Kunci: Filtrasi, Karbon Aktif, Kulit Singkong

**EFFECTIVENESS OF FILTRATION METHOD USING ACTIVATED
CARBON FILTER MEDIA FROM CASSAVA SKIN IN REDUCING COD
AND TSS LEVELS IN TOFU LIQUID WASTE**

Apdi Prasetyo

**Enviromental Engineering Study Program Civil Engineering and
Planning Faculty
National Institute of Tecnology Nasional**

ABSTRAK

The impact of pollution from tofu waste can disrupt biotic life and decrease the quality of water. Liquid tofu waste contains high BOD, COD, TSS and organic matter. This study aims to determine the effectiveness of the filtration method using activated carbon filter media from cassava skin, zeolite, silica sand and gravel in the processing of liquid tofu waste in reducing COD and TSS parameters..

This study used a filtration method with variations in the thickness of the filter media, namely reactor I cassava peel activated carbon 10 cm, zeolite 20 cm, silica sand 20 cm, gravel 15 cm in reactor II cassava peel activated carbon 20 cm, zeolite 15 cm, silica sand 15 cm, gravel 15 cm with a detention time in each reactor of 0 minutes, 30 minutes and 60 minutes.

The results of this study are that the filtration method with variations in media height and detention time is able to reduce COD and TSS concentrations with the highest efficiency in reactor I being 69.1% and 73.6%. In reactor II it is 72.8% and 79.5%. From the results of the study, the COD and TSS parameters still do not meet Government Regulation No. 22 of 2021 Class III Quality Standards.

Keywords: Filtration, Activated Carbon, Cassava Peel

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
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 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.2 Karakteristik Limbah	7
2.3 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	7
2.4 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	8
2.5 Kulit Singkong.....	8
2.6 Pengolahan Limbah Cair.....	9
2.7 Filtrasi	10
2.7.1 Jenis Filtrasi Berdasarkan Arah Aliran.....	11
2.7.2 Saringan Pasir Lambat	11
2.7.3 Jenis Media filter	11
2.7.4 Mekanisme Proses Filtrasi dalam Mengolah Limbah	14
2.7.5 Faktor – faktor yang mempengaruhi Proses Filtrasi	15
2.8 Kriteria Desain Unit Filtrasi	15

2.9	Baku Mutu Air Nasional	16
2.10	Penelitian Relevan	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		19
3.1	Jenis Penelitian	19
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	19
3.4	Variabel	20
3.4.2	Variabel Tetap	20
3.4.3	Variabel Bebas.....	20
3.5	Metode Pelaksanaan	21
3.6	Pengukuran <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	24
3.7	Pengukuran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	25
3.8	Analisis Data	26
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		28
4.1	Kualitas Limbah Cair Tahu.....	28
4.2	Aktivasi Media Karbon Aktif Kulit Singkong.....	29
4.3	Hasil Persentase Penurunan Parameter COD.....	29
4.4	Hasil Persentase Penurunan Parameter TSS	31
4.5	Analisis Statistik.....	33
4.5.1	Analisis Anova Two-Way.....	33
4.5.2	Analisis Anova Two-Way <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	33
4.5.3	Analisis Anova Two-Way <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	36
BAB V KESIMPULAN.....		44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		45

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kedalaman Filter Pasir Lambat	16
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Nasional	16
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu	17
Tabel 4. 1 Kualitas Awal Limbah Cair Tahu	28
Tabel 4. 2 Hasil uji pengukuran COD Proses filtrasi pada reaktor I.....	29
Tabel 4. 3 Hasil uji pengukuran COD Proses filtrasi pada reaktor II	30
Tabel 4. 4 Hasil uji pengukuran TSS Proses filtrasi pada reaktor I	31
Tabel 4. 5 Hasil uji pengukuran TSS Proses filtrasi pada reaktor II.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Rancangan Reaktor Filtrasi	23
Gambar 3. 2 Variasi Reaktor Filter	24
Gambar 3. 3 Kerangka Penelitian	27
Gambar 4. 1 Persentase Penyisihan COD	30
Gambar 4. 2 Persentase Penyisihan TSS.....	32
Gambar 4. 3 Hasil Uji Normalitas COD	34
Gambar 4. 4 Hasil Uji Homogenitas COD.....	35
Gambar 4. 5 Hasil ANOVA Two-way Penyisihan Konsentrasi COD	35
Gambar 4. 6 Hasil Uji Normalitas TSS.....	37
Gambar 4. 7 Hasil Uji Homogenitas TSS	37
Gambar 4. 8 Hasil ANOVA Two-way Penyisihan Konsentrasi TSS	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri di Indonesia memiliki lokasi yang banyak berdampingan dengan pemukiman warga. Hal ini menimbulkan masalah terkait limbah cair yang dihasilkan dari industri dan dapat mencemari lingkungan sekitar. Sebagian besar industri di Indonesia merupakan industri skala kecil dengan modal terbatas. Karena keterbatasan modal tersebut, sebagian besar industri tidak memiliki unit pengolahan limbah yang memadai. Akibatnya, limbah cair langsung dibuang ke selokan atau badan air tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu (Herawati et al., 2023). Limbah Industri tahu memiliki kandungan bahan organik, yang mempengaruhi kadar COD dan TSS. Buangan dari tahu yang mengandung bahan organik dan gas seperti oksigen terlarut (O_2), hydrogen sulfida (H_2S), Karbondioksida (CO_2), dan amoniak (NH_3) (Pagoray et al., 2021). Dampak pencemaran dari limbah tahu dapat mengganggu kehidupan biotik dan turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik. Industri tahu yang tidak menerapkan sistem pengolahan terhadap air buangan berpotensi mencemari perairan sungai, sanitasi lingkungan yang buruk dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti: gatal, diare, kolera, dan radang usus (Anwar, 2020). Limbah cair yang dihasilkan dari salah satu pabrik di Malang terdiri dari dua kategori yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pengolahan tahu berupa sisa hasil pembersihan tahu (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda padat lainnya yang menempel pada kedelai). Limbah padat yang berasal dari proses awal umumnya tidak begitu banyak (0,3% dari bahan baku kedelai), sedangkan limbah cair dari proses produksi tahu berasal dari perendaman, pencucian kedelai, proses produksi tahu, penyaringan dan pengemasan.

Sebagian besar limbah cair tahu yang dihasilkan oleh industri tahu berupa caitan kental yang terpisah dari gumpalan tahu (Afifah, 2019). Air limbah dari proses produksi tahu memiliki kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 1.852

mg/l, dan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) sebesar 1.520 mg/l (Sholichin et al., 2024). Air produksi limbah ditampung didalam bak penampung, lalu dibuang ke selokan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021, setiap usaha wajib menggunakan air limbah hasil pengolahan menjadi air untuk menyiram tanaman maupun dibuang ke resapan tanah dengan ketentuan yang berlaku, akan tetapi perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021.

Upaya yang dapat dilakukan dalam mengolah limbah cair tahu bisa dengan berbagai macam cara, yaitu pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi maupun gabungan ketiganya (Yudha, 2013). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Afifah, (2019), pengolahan secara fisika lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan pengolahan kimia dan biologi. Dalam pengolahan limbah cair tahu secara fisika, proses yang dapat digunakan antara lain filtrasi. Filtrasi atau penyaringan menggunakan media penyaring terutama untuk menjernikan atau memisahkan partikel-partikel kasar dan padatan tersuspensi dari limbah cair. Dari beberapa alternatif pengolahan limbah cair tahu, salah satu alternatif yang efektif, murah dan mudah diterapkan oleh masyarakat yaitu filtrasi (Sitasari & Khoironi, 2021). Berdasarkan penelitian terdahulu Ikbar (2022) mengenai metode filtrasi pada limbah RPH dengan menggunakan media kerikil 20 cm, pasir 25 cm, karbon aktif 15cm, dan ijuk 15 cm dapat menurunkan kadar COD dengan konsentrasi awal 435mg/l menjadi 37 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 95,05% dan TSS dengan konsentrasi awal 485 mg/l menjadi 14 mg/l dengan efisiensi sebesar 95,05%.

Proses filtrasi sangat tergantung terhadap jenis media yang digunakan. Pemilihan media filter yang digunakan yaitu berdasarkan kekuatan adsorben dengan zat pencemar. Menurut Lutfia & Nurhayati (2020). Kulit singkong merupakan limbah dari ubi kayu yang mengandung 59,31% karbon. Kulit singkong memiliki kandungan unsur karbon yang sangat tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif

atau karbon aktif alami (Permatasari, Khasanah and Widowati, 2014). Selain memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi, kulit singkong juga memiliki kandungan protein, selulosa non-reduksi, serat kasar yang tinggi HCN (asam sianida). Komponen-komponen tersebut mengandung gugus -OH, -NH₂, -SH dan -CN yang dapat mengikat logam (Permatasari, Khasanah and Widowati, 2014), sehingga kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan karbon aktif untuk dijadikan adsorben. Selain karbon aktif dari kulit singkong, media selanjutnya yang dapat digunakan yaitu zeolite. Zeolit mempunyai struktur berpori yang mampu menyerap menukar ion dan menjadi katalis, zeolite sebagai adsorben dapat menyaring molekul berukuran kecil dikarenakan strukturnya yang berongga (Utama et al., 2017). Menurut penelitian Kurniawati (2020), menggunakan metode filtrasi pada limbah cair batik dengan media filter zeolite pada waktu kontak 120 menit dapat menurunkan kadar COD dengan konsentrasi awal yang tadinya 9.456 mg/l menjadi 305,7 mg/l dan TSS pada waktu kontak 120 menit dengan konsentrasi awal 3.740 mg/l menjadi 188 mg/l. Menurut Handarsari (2017), Pasir silika sebagai media filter dapat menghilangkan sifat fisik air, seperti kekeruhan dan menghilangkan bau pada air. Pada umumnya pasir silika digunakan pada tahap awal sebagai saringan dalam pengolahan air kotor menjadi air bersih, pada saringan tahap awal media filter pasir silika berfungsi untuk memisahkan polutan padat tersuspensi dalam air. Menurut penelitian Poernomo (2020), menggunakan metode kombinasi filtrasi fitoremediasi pada limbah domestik dengan media filter 100% pasir silika pada waktu 24 jam dapat menurunkan kadar COD dengan konsentrasi awal yang tadinya 1.653,92 mg/l menjadi 992,35 mg/l dan TSS pada waktu 24 jam dengan konsentrasi awal 432 mg/l menjadi 302,4 mg/l. Menurut Pimen (2019), kerikil sebagai media filter mampu menyaring partikel kasar yang ada dalam air. Fungsi kerikil yaitu sebagai celah atau ruang kosong agar air dapat mengalir melalui lubang bawah. Menurut Sulianto et al., (2020), media kerikil dapat menurunkan kadar COD dengan presentase sebesar 15,44%, dan TSS dengan presentase sebesar 39,64%.

Proses filtrasi menggunakan karbon aktif dari kulit singkong belum pernah digunakan, penulis ingin membuktikan adanya pengaruh penggunaan karbon aktif dari kulit singkong sebagai media filtrasi dengan penambahan media pasir silika, zeolite, kerikil. dalam menurunkan kadar COD dan TSS pada limbah cair pabrik tahu, yang diharapkan dapat memenuhi baku mutu limbah cair berdasarkan Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021. Parameter utama yang diambil berdasarkan baku mutu ini adalah COD, dan TSS.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana kemampuan metode filtrasi dengan menggunakan kulit singkong sebagai karbon aktif pada pengolahan limbah cair tahu terhadap penurunan kadar COD dan TSS?

1.3 Tujuan Penelitian

Menganalisis efektivitas penurunan kadar COD dan TSS menggunakan kulit singkong sebagai karbon aktif dengan metode filtrasi pada limbah cair tahu.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Menjadi salah satu alternative pengolahan limbah tahu dengan memanfaatkan kulit singkong.
2. Sebagai solusi dalam mengatasi penurunan kadar COD dan TSS pada air limbah tahu dengan menggunakan media yang ekonomis dan ramah lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam skripsi ini, meliputi :

1. Air limbah yang digunakan adalah limbah cair tahu yang diambil dari pabrik tahu X yang terletak di Kota Malang.
2. Media karbon aktif dari kulit singkong berbentuk serbuk.

3. Metode pengolahan yang digunakan adalah filtrasi dengan menggunakan media karbon aktif dari kulit singkong, pasir silika, kerikil, dan zeloit.
4. Parameter yang dianalisis adalah konsentrasi COD dan TSS.
5. Menganalisis efesisensi penurunan kadar COD dan TSS limbah cair tahu.
6. Baku mutu yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021.
7. Penelitian dilakukan skala laboratorium, di Laboratorium Lingkungan Kampus 1 ITN Malang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Tahu

Limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya karena sifat, konsentrasi dan jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat membahayakan lingkungan, kesehatan dan keberlangsungan makhluk hidup lainnya. Senyawa yang sering ditemukan dalam limbah yaitu senyawa organik yang mudah menguap dan sulit terurai (Listyaningrum, 2022).

Limbah cair adalah hasil buangan dari proses industri yang berbentuk cair dan mengandung padatan terlarut. Limbah cair mengalami perubahan sifat kimia, fisik, dan biologi yang dapat menghasilkan senyawa tertentu serta menimbulkan dampak lingkungan. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah cair berpotensi mencemari lingkungan (Indrayani & Rahmah, 2018).

Proses produksi tahu sering kali langsung dibuang ke sungai tanpa adanya proses pengolahan. Pembuangan limbah cair ke sungai berakibat fatal pada ekosistem air sungai. Ekosistem biologis pada air sungai menjadi tercemar dan terjadinya penurunan kualitas air yang disebabkan oleh tingginya kadar senyawa organik pada limbah cair (Pangestu et al., 2021).

Limbah cair industri tahu memiliki zat tersuspensi yang tinggi, hal ini yang membuat proses produksinya lebih besar dibandingkan limbah padat yang dihasilkan (Robitul & Suryo, 2018). Produksi limbah cair tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai dan pencucian peralatan produksi tahu. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu biasanya disebut dengan air dadih. Cairan ini mengandung kadar protein yang sangat tinggi sehingga dapat mengakibatkan terjadi pencemaran bagi lingkungan, dimana hal ini dapat menimbulkan bau yang tak sedap serta membuat air menjadi keruh (Pradana et al., 2018).

2.2 Karakteristik Limbah

Analisa terhadap karakteristik limbah cair dapat ditentukan dengan beberapa pembagian. Umumnya karakteristik limbah cair dapat dideteksi secara visual, namun tetap dibutuhkan pengujian skala laboratorium menggunakan peralatan yang standar khusus agar diketahui jenis dan tingkat konsentrasi kandungan yang terdapat dalam limbah cair tersebut secara valid. Berdasarkan referensi, limbah cair baik domestik maupun non domestik terdapat 3 (tiga) macam yang mengalami proses perubahan yaitu pada karakteristik fisik, kimia dan biologi (Rahayu et al., 2021).

Pada karakteristik limbah cair, sifat fisik yang paling penting adalah tinggi rendahnya total padatan yang berasal dari bahan-bahan terapung, terendapkan, dan bahan dalam larutan (Jenie, 2019). Pada karakteristik fisik limbah cair meliputi tempratur, bau, warna, dan padatan. Dimana tempratur adalah ukuran atau tingkatan yang digunakan untuk mengetahui derajat panas pada air limbah, bau terjadi karena ada bagian lain dari air, perubahan warna disebabkan karena ada senyawa-senyawa dan padatan terjadi karena terjadinya kontaminasi yang membuat air menjadi keruh (Sitasari & Khoironi, 2021).

Karakteristik kimia pada limbah cair meliputi beberapa komponen yaitu: bahan organik, bahan anorganik, serta gas. Dimana bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi dan gas yang ditemukan dalam limbah adalah gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), ammonia (NH_3) karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4). Gas-gas inilah yang berasal dari bahan organik yang terdapat dalam air buangan (Herlambang, 2020). Komponen-komponen tersebut dapat ditentukan berdasarkan beberapa parameter yaitu: pH, COD (Chemical Oxygen Demand), kandungan ammonia, minyak serta lemak, dan nitrat yang kadarnya melebihi baku mutu (Sitasari & Khoironi, 2021).

2.3 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi materi organik melalui proses oksidasi kimia didalam air. COD

merupakan salah satu parameter penting dalam pengolahan air limbah karena menggambarkan total kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi. COD mengacu pada jumlah oksigen yang dibutuhkan agar limbah organik dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Nilai COD digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran akibat bahan organik. Konsentrasi COD dalam air limbah akan berkurang seiring dengan menurunnya kadar bahan organik yang terkandung dalam air limbah (Harahaf et al., 2020).

2.4 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. (Harahaf et al., 2020)

Total Suspended Solid (TSS) atau padatan tersuspensi adalah partikel yang mengambang dan tidak terlarut dalam air. Padatan tersuspensi memiliki keterkaitan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan terjadi akibat adanya bahan organik dan anorganik yang terlarut maupun tersuspensi. Semakin tinggi konsentrasi padatan tersuspensi dalam air, maka tingkat kekeruhan air juga akan semakin meningkat (Sayow et al., 2020).

2.5 Kulit Singkong

Singkong merupakan makanan pokok ketiga bagi masyarakat Indonesia setelah padi dan jagung. Tanaman ini umumnya tumbuh di daerah tropis, dapat berkembang sepanjang tahun, dan memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai jenis tanah. Singkong mengandung beragam zat gizi, seperti protein, vitamin (B1 dan C), karbohidrat, lemak, serat makanan, mineral (zat besi, fosfor, kalsium), serta zat non-gizi berupa air. Selain itu, umbi singkong juga mengandung senyawa non-gizi berupa tanin.

Kulit singkong dapat dihasilkan dari limbah agroindustri pengolahan singkong seperti industri tepung, dan industri pokok makanan, industri fermentasi. Kulit singkong memiliki gizi dan kandungan kimia berupa protein 8,11 gram, serat kasar 15,2 gram, kalsium 0,63 gram, lemak 1,29 gram, dan pektin 0,22 gram. Kulit singkong merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan pada pembuatan keripik singkong hasil olahan industri rumah tangga. Kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena mengandung karbon dalam jumlah yang cukup tinggi, yaitu sebesar 59,31%. (Aryani, Putri. A.R, 2017).

2.6 Pengolahan Limbah Cair

Pengolahan limbah dapat digolongkan menjadi beberapa tingkatan. Namun tidak berarti bahwa semua tingkatan harus dilalui karena pilihan tingkatan proses tetap bergantung pada kondisi limbah cair dan hasil pemeriksaan laboratorium. Dengan mengetahui jenis-jenis parameter dalam limbah, dapat ditetapkan jenis peralatan yang dibutuhkan. Berikut beberapa tahapan pengolahan air limbah :

1. Pra-pengolahan (*pre-treatment*) Pada tahap ini digunakan saringan kasar yang tidak mudah berkarat. Untuk mendapatkan hasil yang lebih efektif, saringan dipasang secara berseri sebanyak tiga saringan. Ukuran meshnya dapat dibandingkan dengan kawat kasa penghalang nyamuk. Saringan tersebut diperiksa setiap jam untuk mengambil bahan yang terjaring. Contoh bahan-bahan yang terjaring dapat berupa padatan terapung atau melayang yang ikut bersama air dari ruangan produksi.
2. Pengolahan Primer (*primary treatment*) Pada pengolahan ini umumnya dilakukan pengolahan secara kimia dan fisika. Penyaringan terhadap padatan halus atau zat warna terlarut maupun tersuspensi yang tidak ikut tersaring dalam proses penyaringan sebelumnya. Pengolahan secara kimia dilakukan dengan cara mengendapkan bahan padatan melalui penambahan zat kimia. Reaksi yang terjadi akan mengakibatkan berat jenis bahan padatan akan lebih besar daripada air. Pengolahan secara fisika dilakukan melalui pengendapan maupun

pengapungan yang ditujukan untuk bahan kasar yang terkandung dalam air limbah. Penguapan dilakukan dengan memasukkan udara ke dalam air dan menciptakan gelembung gas sehingga partikel halus terbawa bersama gelembung ke atas permukaan air. Sementara itu, pengendapan tanpa menggunakan bahan kimia yaitu dengan memanfaatkan suatu bak dengan ukuran tertentu untuk mengendapkan partikel partikel dari air yang mengalir diatasnya.

3. Pengolahan Sekunder (*secondary treatment*) Pada tahap ini melibatkan proses biologis yang bertujuan untuk menghilangkan bahan organik yang terkandung dalam air melalui proses biofilter anaerob dan biofilter aerob.

(Halim et al., 2023)

2.7 Filtrasi

Filtrasi adalah proses penjernihan atau penyaringan air limbah melalui suatu media (pada penelitian ini digunakan kerikil, pasir, zeolit dan karbon aktif). Selama air melalui media akan terjadi perbaikan kualitas. Hal ini disebabkan karena pemisahan partikel tersuspensi dan koloid, reduksi bakteri organisme lainnya dan pertukaran konstituen kimia yang ada dalam air limbah (Luluk & Suprihatin, 2020). Ada berbagai macam media yang sering digunakan untuk filtrasi, seperti zeolit, pasir silika dan arang aktif, media-media filter tersebut dapat mereduksi kandungan padatan, bakteri, menghilangkan besi, mangan, bau, rasa dan warna, sehingga filtrasi dengan media-media tersebut dikatakan cukup efektif dalam menurunkan kadar-kadar pencemar (Pratama et al., 2021).

2.7.1 Jenis Filtrasi Berdasarkan Arah Aliran

Menurut, (Widyastuti & Sari, 2011) Arah aliran filtrasi dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Sistem filtrasi up flow merupakan sistem pengolahan air melewati suatu media penyaring dengan arah aliran dari bawah menuju ke atas apabila saringan kotor maka proses pencucian akan terjadi dengan sendirinya yaitu dengan cara membuka kran pembuangan, proses ini dinamakan sebagai pencucian balik backwash.
2. Sistem filtrasi down flow adalah mengalirkan air dari atas menuju ke bawah melewati media saringan untuk mengurangi kandungan tersuspensi dan kandungan kimia untuk kemudian diperoleh hasilnya di bawah media penyaringan filtrasi. Sistem ini sering dipakai karena tidak perlu mengatur tekanan seperti pada sistem up flow.

2.7.2 Saringan Pasir Lambat

Slow sand filter atau saringan pasir lambat adalah bak saringan yang menggunakan pasir sebagai media penyaringan dengan ukuran butiran sangat kecil, tetapi memiliki kandungan kuarsa yang tinggi. Proses penyaringan berlangsung secara gravitasi, sangat lambat, dan simultan pada seluruh permukaan media. Proses penyaringan adalah kombinasi antara proses fisis (filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi), proses biokimia dan proses biologis (Quddus, 2014). Slow sand filter dapat dipakai terus menerus selama beberapa minggu bahkan sampai berbulan-bulan, pembersihan slow sand filter bagian atas lapisan hanya perlu dikeruk sampai 1-2 cm kemudian mengganti pasir yang lama dengan yang baru.

2.7.3 Jenis Media filter

1. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu bahan yang berupa karbon amorf dengan memiliki luas permukaan yang besar yaitu 300-2000 m² /gr. Luas permukaan yang besar dikarenakan memiliki struktur pori-pori. Pori-pori itulah yang

mengakibatkan karbon aktif memiliki kemampuan dalam penyerapan (Dahlan, dkk, 2013). Karbon aktif salah satu media padatan berpori yang mengandung karbon sebesar 85% hingga 95%. Pori-pori pada karbon aktif memiliki kemampuan sebagai penyerap (adsorben). Luas permukaan yang dimiliki oleh karbon aktif dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi seperti dapat menghilangkan bau, menghilangkan warna, menghilangkan rasa, proses pemurnian air pada produksi air minum dan penanganan air limbah (Idrus et al., 2013).

Bahan-bahan yang dapat dijadikan karbon aktif yaitu bahan yang memiliki unsur karbon di dalamnya, bahan tersebut akan dipanaskan dengan suhu yang tinggi. Karbon aktif yang di aktivasi merupakan proses pengubahan karbon dari daya serap rendah menjadi karbon yang memiliki daya serap tinggi. Buat menaikkan luas permukaan dan untuk mendapatkan karbon yang berpori, maka karbon akan diaktivasi menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan suhu antara 700-1100°C, atau dengan menambahkan bahan-bahan mineral sebagai aktivator (Idruse et al., 2013).

2. Pasir Silika

Silika atau yang biasa dinamai oleh silikon dioksida (SiO_2) ialah senyawa yang sering didapat pada bahan galian yaitu pasir kuarsa, terdiri dari kristal-kristal silika (SiO_2) yang terdapat kandungan senyawa pengotor sehingga teraliri pada saat proses endapan. Pasir kuarsa umumnya dinamai dengan pasir putih yang berasal dari pelapukan batuan yang mempunyai mineral utama yaitu feldspar dan kuarsa. Pasir kuarsa juga memiliki komposisi gabungan dari SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O yang berwarna putih bening atau warna lainnya tergantung pada senyawa pengotornya (Heri et al, 2012).

Proses penambangan pasir kuarsa akan menghasilkan silika sebagai bahan bakunya. Kemudian pasir kuarsa dicuci untuk membuang pengotornya yang nantinya akan dipisahkan dan dikeringkan sehingga akan diperoleh pasir dengan kadar silika yang besar tergantung pada keadaan kuarsa dari tempat

penambangannya, pasir itulah nantinya yang dikenal dengan pasir silika (Heri, dkk, 2012). Pasir Silika dapat dimanfaatkan sebagai salah satu media filter air. Kegunaan pasir silika dalam media filter untuk menghilangkan sifat fisik air seperti kekeruhan, air berlumpur, serta dapat menghilangkan bau pada air. Umumnya, pasir silika digunakan pada tahap awal untuk penyaringan dalam proses pengolahan air kotor hingga menjadi air bersih (Artiyani & Firmansyah, 2016).

3. Zeolit

Zeolit adalah senyawa dengan kation aktif yang bergerak dan umumnya bertindak sebagai penukar ion. Zeolit juga dapat dengan mudah dihilangkan dari kation dan diganti dengan kation lain. Sedangkan keberadaan atom aluminium pada zeolit membuatnya bermuatan negatif. Muatan negatif memungkinkan zeolit untuk mengikat kation, sehingga dapat digunakan untuk mengikat kation dalam pada air, seperti Fe, Al atau Mg (Artiyani & Firmansyah, 2016). Zeolit dengan kation aktif yang bergerak dan biasanya bertindak sebagai penukar ion. Zeolit juga dapat melepas kation dan diganti dengan kation lain. Adanya atom aluminium di dalam zeolit akan menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit mampu dalam mengikat kation, sehingga dapat digunakan untuk mengikat kation-katio pada air seperti Fe, Al atau Mg dengan mengalirkan air baku pada media zeolit, maka kation akan diikat oleh zeolit yang memiliki muatan negatif. Dengan demikian, zeolit juga berfungsi sebagai penukar ion dan adsorben dalam pengolahan air (Purwonugroho, 2013).

4. Kerikil

Kerikil merupakan batuan kecil yang berasal dari sebuah batu yang berukuran besar, tetapi hancur karena reaksi alam, atau biasa disebut pelapukan yang terjadi karena perubahan suhu alam yang mendadak atau lumutan. Kerikil memiliki fungsi sebagai penyaring partikel kasar yang ada dalam air limbah, ukurannya lebih besar dari pada pasir. Fungsi kerikil pada filter yaitu sebagai

celah atau ruang kosong agar air dapat mengalir melalui lubang bawah (Pinem, 2019).

2.7.4 Mekanisme Proses Filtrasi dalam Mengolah Limbah

Dalam proses filtrasi terdapat proses kombinasi yang berbeda. Prosesproses tersebut meliputi :

1. Mechanical Straining/Screening, adalah proses penyaringan padatan tersuspensi yang terlalu besar untuk melewati ruang antar butiran media.
2. Sedimentasi adalah proses mengendapnya padatan tersuspensi yang lebih kecil dari lubang pori-pori di permukaan butiran.
3. Difusi adalah gerak acak partikel yang disebabkan molekul sekelilingnya.
4. Adsorpsi adalah suatu proses yang dimana prinsipnya didasarkan pada perbedaan muatan antara permukaan butiran dengan partikel tersuspensi di sekitarnya sehingga terjadi gaya tarik-menarik.
5. Aktivitas kimia adalah proses dimana partikel yang terlarut terurai menjadi zat sederhana dan tidak berbahaya atau menjadi partikel yang tidak larut, sehingga dapat dihilangkan dengan proses penyaringan, sedimentasi dan adsorpsi pada media berikutnya.
6. Aktivitas biologis adalah aktivitas yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup di dalam media filter. Secara alamiah mikroorganisme terdapat di dalam air yang terperangkap oleh butiran filter. Mikroorganisme ini berkembang biak dalam media filter, dan dengan sumber makanan yang terdiri dari bahan organik dan anorganik yang mengendap pada butiran media filter

(Edahwati & Suprihatin, 2020).

2.7.5 Faktor – faktor yang mempengaruhi Proses Filtrasi

Dalam proses filtrasi terjadi reaksi kimia dan fisika, sehingga banyak faktor saling berkaitan yang mempengaruhi kualitas air hasil olahan, efisiensi proses dan sebagainya, faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan lama waktu yang dibutuhkan oleh air untuk bisa kontak dengan media filter. Waktu kontak yang digunakan akan berpengaruh terhadap hasil filtrasi. Semakin lama waktu kontak yang digunakan antara air dengan media filter maka kualitas air setelah kegiatan filtrasi akan semakin membaik. (Husaini et al, 2020).

2. Ketebalan Media

Ketebalan media akan menentukan lamanya pengaliran dan daya saring. Ketebalan media sangat mempengaruhi waktu kontak dan bahan penyaring. Semakin tebal lapisan filter maka akan semakin lama waktu kontak air dengan lapisan media filter, sehingga kualitas air hasil penyaringan semakin baik (Abuzar dan Pramono, 2014)

3. Susunan Media Filter

Susunan media filter adalah salah satu hal yang perlu untuk diperhatikan. Jika media filter tidak disusun secara tepat akan mengganggu hasil penyaringan (Sulianto et al, 2020).

4. Debit Filtrasi

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal diperlukan keseimbangan antara debit filtrasi dan kondisi media yang ada. Debit yang terlalu cepat akan membuat tidak berfungsinya filter secara efisien (Berliandra et al, 2015).

2.8 Kriteria Desain Unit Filtrasi

Kriteria desain menjelaskan tentang peraturan-peraturan, standar yang digunakan sebagai acuan perencanaan suatu unit agar dalam perakitan dan uji kinerjanya dapat sesuai dengan apa yang diharapkan.

Tabel 2. 1 Kedalaman Filter Pasir Lambat

No	Kedalaman (D)	Ukuran (m)
1	Tinggi bebas (freeboard)	0,20 s.d 0,30
2	Ukuran tinggi air di atas media pasir	1,00 s.d 1,50
3	Tebal pasir penyaring	0,60 s.d 1,00
4	Tebal kerikil penahan	0,15 s.d 0,30
5	Saluran pengumpul bawah	0,10 s.d 0,20
	J u m l a h	2,05 s.d 3,30

(Sumber : SNI 3961:2008)

2.9 Baku Mutu Air Nasional

Air limbah Industri Tahu dapat dialirkan ke badan sungai apabila telah memenuhi standar yang diatur berdasarkan baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup baku mutu kelas 3 lampiran VI pada Tabel 2.2 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Nasional

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
COD	40
TSS	100

(Sumber : Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021)

2.10 Penelitian Relevan

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Metode	Hasil/Kesimpulan
1	Athalla Muafa Ikbar (2022)	Efektifitas Filtrasi Dengan Media Pasir Besi Untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan	Filtrasi	Limbah cair RPH menghasilkan debit mencapai 120 l/jam sedangkan filtrasi pasir besi menghasilkan debit 45 l/jam dengan efektivitas pengolahan pada parameter COD 95,05% dan parameter TSS 97,11%.
2	Achmad Fauzi Wijanarko, Ahmad Mashadi, Dwi Sat Agus Yuwono (2017)	Efisiensi Penurunan Kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Dalam Limbah Cair Tahu Menggunakan Metode Filtrasi	Filtrasi	1. Efisiensi karbon aktif dalam menurunkan COD limbah cair industri tahu adalah sebesar 72% dengan massa dan waktu kontak sebesar 1 sampel dan 1 menit dalam 1500mL. 2. Single media pada karbon aktif CA dapat menurunkan efisien kadar COD yang lebih bagus sehingga menghasilkan kadar COD yang lebih kecil di bandingkan single media pasir dan batu apung.

3	Moerdiyanto H Poernomo, Mohammad Razif dan Anang Mansur (2020)	Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Metode Kombinasi Filtrasi dan Fitoremediasi (Studi Kasus Di Kelurahan Margorejo Surabaya)	Filtrasi dan Fitoremediasi	Penurunan konsentrasi air limbah dengan media filtrasi pasir silica dan karbon aktif memenuhi baku mutu pada hari ke 9 dengan konsentrasi baku mutu COD sebesar 100 mg/L; BOD sebesar 30 mg/L dan TSS sebesar 30 mg/L
4	Zumrotul Lailil Lutfia dan Indah Nurhayati (2022)	Karbon Aktif Kulit Singkong Sebagai Media Filtrasi Untuk Menurunkan Bakteri E. Coli dan Kesadahan Air Sumur	Filtrasi	karbon aktif kulit singkong dengan suhu karbonasi 500oC, 600oC, 700oC dan aktivasi menggunakan NaOH 5% selama 24 jam, untuk kadar abu, kadar air, daya serap I2 sudah sesuai SNI 06- 3730-1995. Kolom filtrasi KF2 dengan karbon aktif suhu karbonasi 600oC dan waktu operasi 48 jam dapat menurunkan bakteri E. coli dan kesadahan tertinggi yaitu 99,99% dan 65%.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen dengan skala laboratorium, yaitu mengolah limbah cair tahu menggunakan metode filtrasi slow sand filter dengan menggunakan media karbon aktif dari kulit singkong, pasir silika, zeolite, dan krikil. Penelitian ini berguna untuk menguji penurunan kadar parameter COD dan TSS pada limbah cair tahu.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2024 di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang. Pengambilan sample dilakukan disalah satu pabrik tahu di kecamatan sukun, malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat
 - 2 Reaktor filtrasi menggunakan pipa PVC dengan ukuran diameter 11.4 cm dan tinggi 90 cm
 - Jerigen dengan kapasitas 25 L
 - Bak penampung limbah awal
 - Bak penampung limbah akhir
 - Stopwatch
2. Bahan
 - Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah pabrik cair pabrik tahu X di Kecamatan Sukun, Kota Malang.
 - Media yang digunakan pada penelitian ini adalah karbon aktif kulit singkong 0,25 mm (mesh ukuran 60), pasir silika 0,5 mm (mesh ukuran 35), zeolite 1 mm (mesh ukuran 18) dan kerikil 10 mm (mesh ukuran 8).

3.4 Variabel

3.4.1 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD).
2. Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS).

3.4.2 Variabel Tetap

1. Kecepatan aliran filtrasi 0,4 m/jam
2. Debit yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2,84 l/jam

3.4.3 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Variasi media karbon aktif

- T1: Karbon aktif 10 cm, Zeolit 20 cm, Pasir silika 20 cm dan Kerikil 15 cm
- T2: Karbon aktif 20 cm, Zeolit 15 cm, Pasir silika 15 cm dan Kerikil 15 cm

Keterangan:

T1 = Reaktor 1 (*filtrasi*)

T2 = Reaktor 2 (*filtrasi*)

Waktu detensi

- 0 menit
- 30 menit
- 60 menit

3.5 Metode Pelaksanaan

Adapun pelaksanaan penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Mencari rujukan teori yang relevan dengan permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut berisikan limbah cair tahu dan pengolahan limbah cair menggunakan media karbon aktif kulit singkong dengan metode filtrasi.

2. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2008) (SNI 6989.59:2008) Pengambilan sampel dilakukan di salah satu pabrik tahu yang berada di Kecamatan Sukun, Kota Malang dimulai pada pukul 08.00 hingga 10.00 WIB. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode Grab Sampling atau pengambilan sesaat. Sampel diambil dalam saluran pembuangan menggunakan wadah jerigen plastik yang telah dibersihkan terlebih dahulu.

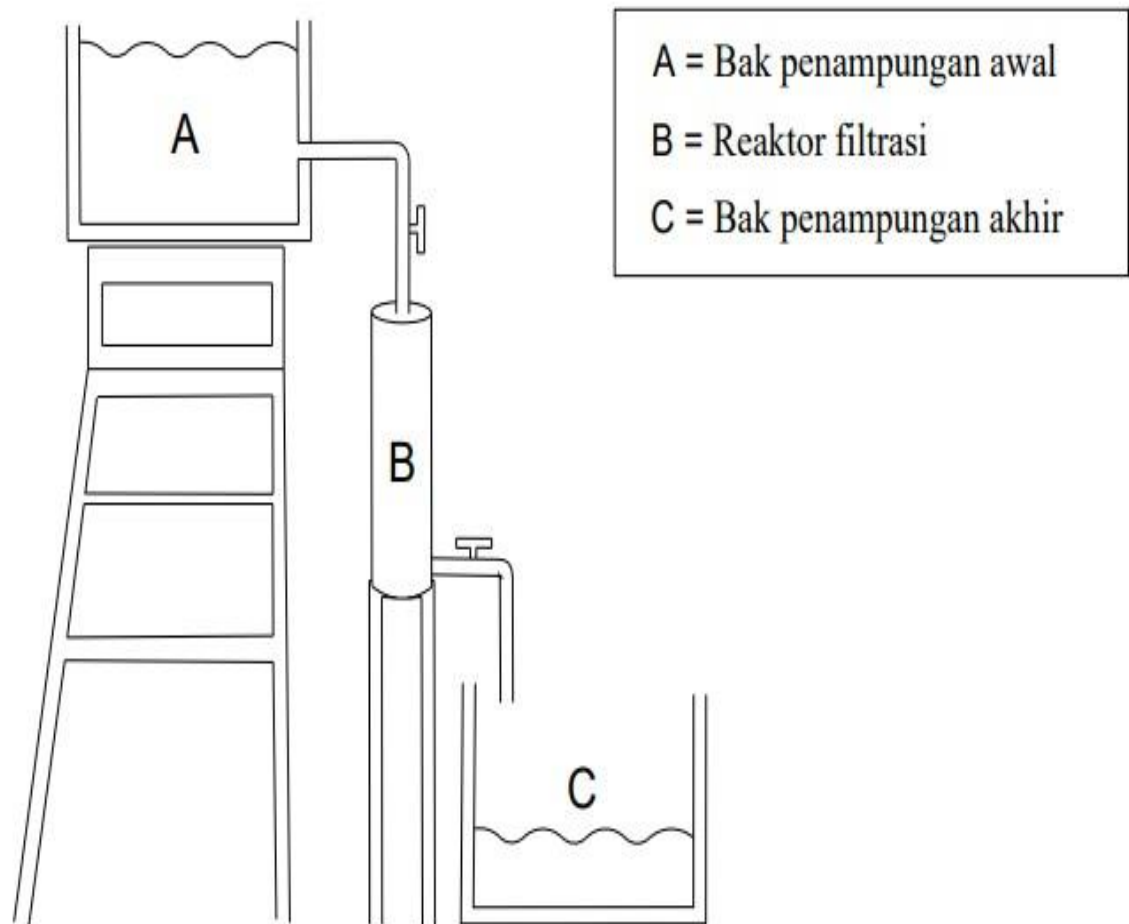
3. Pengujian Sample Awal

Sebelum dilakukan pengolahan limbah terlebih dahulu dilakukan pengujian awal sampel. Uji awal digunakan untuk acuan dalam penelitian. Parameter yang akan diuji yaitu COD dan TSS. Pengujian parameter dilakukan sesuai dengan SNI 6989.73:2019 dan SNI 6989.3:2019

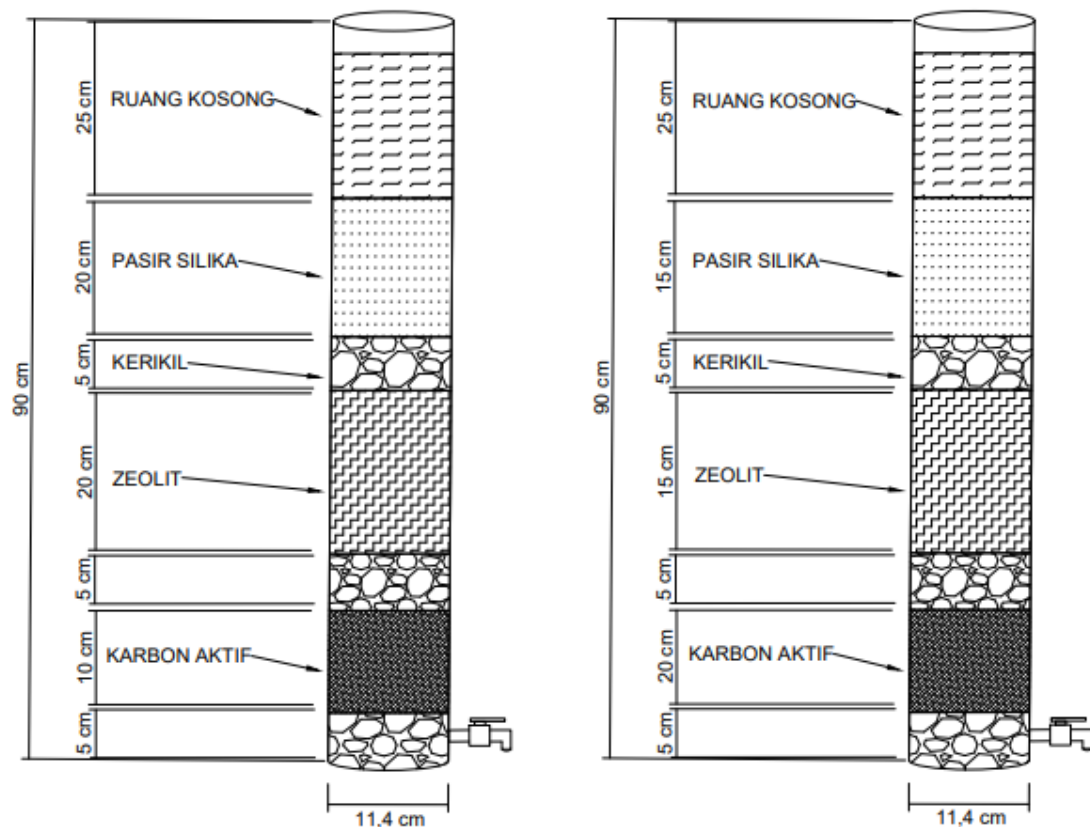
4. Proses Pembuatan Karbon Aktif

- Kulit singkong sebanyak 10 kg di bersihkan, kemudian dioven selama 1 jam dengan suhu 70 °C.
- Proses selanjutnya adalah karbonisasi dengan cara pembakaran dalam wadah drum selama 1 sampai 4 jam pada suhu 300 °C sampai 600 °C
- Karbon aktif dihaluskan menggunakan saringan mesh ukuran 60 (Kartini et al, 2022)
- Aktivasi karbon aktif dilakukan dengan merendam dalam larutan HCL 0,5N selama 24 jam

- Karbon aktif yang telah diaktifasi dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam
 - Karbon aktif yang telah kering kemudian dicuci menggunakan aquades. (Desmalinda, 2019).
5. Media Pasir Silika
 - Media pasir diayak dengan tujuan menghilangkan debu dan material halus pada pasir.
 - Media pasir dicuci menggunakan air bersih dengan tujuan menghilangkan kotoran yang dapat menyumbat sistem filtrasi.
 6. Media Zeolit
 - Pada media zeolite dilakukan pengayakan dengan tujuan menghilangkan bahan organik.
 - Aktivasi secara fisik dengan cara pemanasan dengan tujuan menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori media zeolite.
 7. Media kerikil
 - Media kerikil dicuci dengan tujuan menghilangkan kotoran yang menempel pada kerikil.
 - Diayak menggunakan mesh ukuran 8 yang bertujuan menjamin keseragaman ukuran untuk menghindari celah yang dapat mengganggu aliran air.
 8. Proses Filtrasi
 - Mengambil sampel limbah cair tahu 100 L menggunakan jerigen.
 - Air limbah ditampung pada bak penampungan awal, kemudian dialirkan ke media filter.
 - Media filter yang digunakan terdiri dari zeolite, pasir silika, krikil dan karbon aktif kulit singkong, dengan ketebalan media yang berbeda. Sistem filtrasi yang digunakan adalah sistem aliran gravitasi (*down flow*).



Gambar 3. 1 Rancangan Reaktor Filtrasi



Gambar 3. 2 Variasi Reaktor Filter

3.6 Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dengan refluks tertutup secara titrimetric

A. Prosedur

1. Memasukkan 10 ml air sampel ke dalam Erlenmeyer 250ml
2. Menambahkan 0,2 g serbuk HgSO_4 ke dalam Erlenmeyer
3. Menambahkan 5 ml larutan kalium dikrotmat 0,25N ke dalam Erlenmeyer
4. Menambahkan 15 ml asam sulfat ke Erlenmeyer, kemudian didinginkan
5. Menghubungkan dengan pendingin liebigh dan dididihkan diatas kompor listrik selama 2 jam
6. Setelah 2 jam tambahkan aquadest kurang lebih 70 ml ke Erlenmeyer

7. Mendinginkan air sampel, setelah dingin tambahkan indikator ferroin 2-3 tetes.
8. Titrasi sampel tersebut dengan larutan FAS 0,1 N hingga berwarna merah kecoklatan

B. Perhitungan

Nilai COD sebagai mg O₂/L :

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(V_b - V_c) \times N_{\text{FAS}} \times 8000}{V_s}$$

Keterangan :

V_b adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (ml)

V_c adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh uji

(ml) V_s adalah volume contoh uji (ml)

N_{FAS} adalah normalitas larutan FAS (N)

8000 adalah berat mili ekivalen oksigen x 1.000

(Sumber: SNI 6989.3:2019)

3.7 Pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS)

Penentuan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri.

A. Prosedur

1. Memanaskan kertas saring dipanaskan dalam oven pada suhu 105° C selama 1 jam
2. Mendinginkan kertas saring yang telah dioven ke dalam desikator selama 10 menit
3. Timbang kertas saring sampai berat konstan (B gram)
4. Ambil sampel sebanyak 10 ml, kemudian disaring pada kertas saring yang telah ditimbang
5. Kertas saring dan residu dipanaskan dalam oven pada suhu 105° C selama 1 jam
6. Dinginkan kertas saring dalam desikator selama 1 jam

7. Timbang kertas saring tersebut hingga berat konstan (A gram)

B. Perhitungan

Kadar TSS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{TSS (mg/l)} = C (A-B) \times 1000$$

Keterangan:

A merupakan berat filter dan residu sesudah pemanasan 105° C (mg)

B merupakan filter kering sesudah pemanasan 105° C (mg)

C merupakan volume sampel (ml)

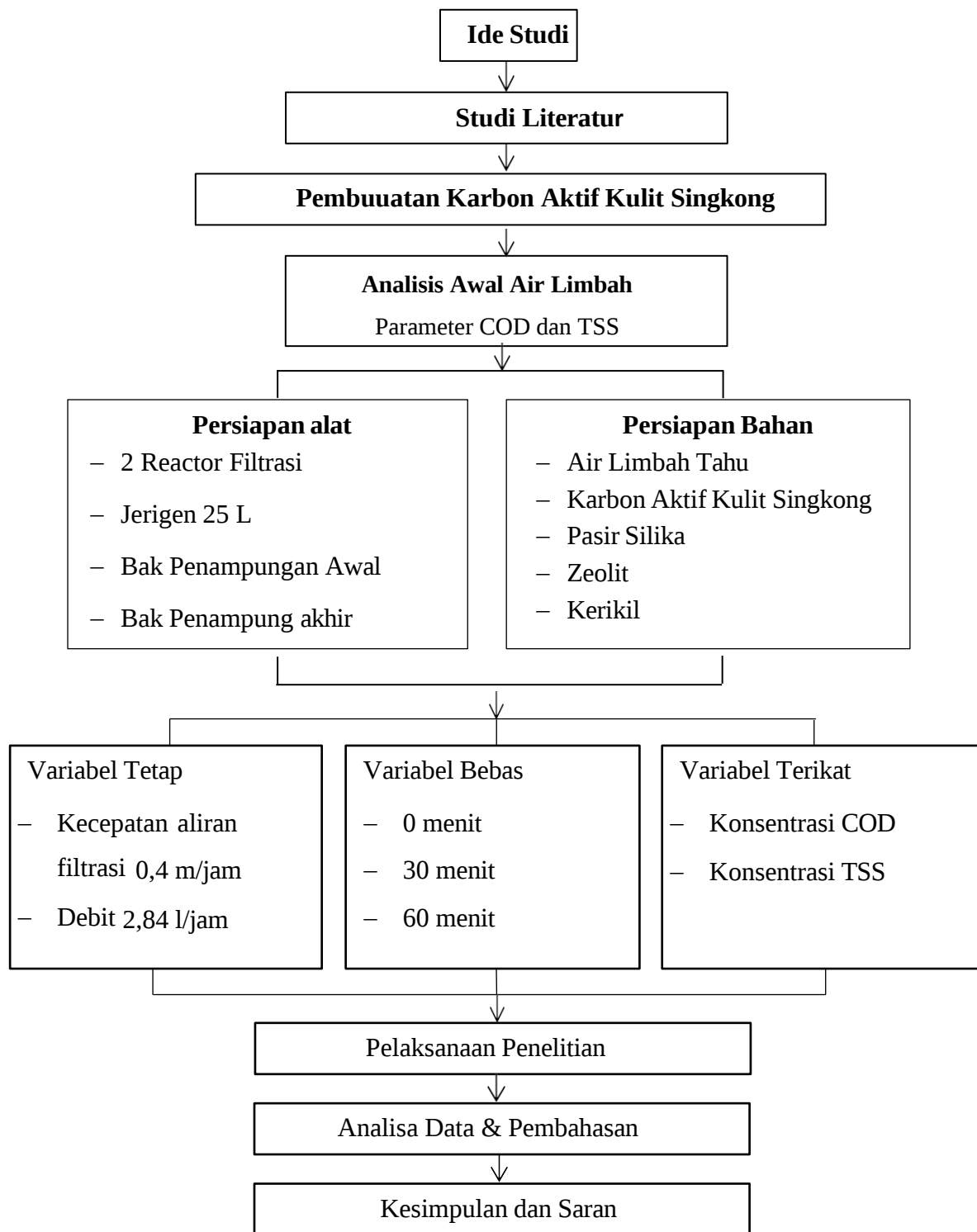
(Sumber : SNI 6989.3:2019)

3.8 Analisis Data

Analisa data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif dan analisis statistic. Analisis deksriptif dilakukan dengan tujuan untuk mendeskripsikan data penelitian yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Sedangkan analisis statistic, data yang peroleh selanjutnya dianalisis menggunakan uji analisis (ANOVA) *Two-Way* yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan variabel bebas dan variabel terikat sehingga dapat ditarik kesimpulan.

3.9 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian dibuat untuk dijadikan acuan untuk melakukan penelitian. Pelaksanaan penelitian terdiri dari dari beberapa tahapan. Tahapan – tahapan tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 3 Kerangka Penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kualitas Limbah Cair Tahu

Penelitian ini menggunakan limbah cair tahu yang berasal dari salah satu pabrik tahu di Kecamatan Sukun, Kota Malang. Limbah cair tersebut berupa sisa air rendaman kedelai dan air tahu yang mulai menggumpal. Dalam proses produksinya, pabrik tahu menghasilkan limbah cair dari tahapan pembersihan kedelai, perendaman, dan pencetakan tahu (Amalia et al., 2022). Limbah cair tahu memiliki warna kuning keruh, berbuih, dan berbau asam. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik grab sampling, kemudian limbah cair tersebut dianalisis untuk mengetahui konsentrasi awal sebelum proses pengolahan.

Berdasarkan hasil analisis didapatkan data konsentrasi awal parameter uji limbah tahu yang dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4. 1 Kualitas Awal Limbah Cair Tahu

No	Parameter	Konsentrasi Air Limbah (mg/L)	Baku Mutu Air Nasioanl
1	COD	1213,3	40
2	TSS	224,6	100

Sumber : *Analisis Laboratorium Teknik Lingkungan, 2025*

Berdasarkan tabel 4.1 hasil konsentrasi limbah cair tahu dengan parameter COD dan TSS melebihi baku mutu Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 menyatakan konsentrasi maksimum COD sebesar 40 mg/l dan TSS sebesar 100 mg/l. Limbah cair yang dibuang langsung ke sungai atau badan air tanpa pengolahan yang memadai dapat mengubah sifat fisik, kimia, dan biologis air sehingga memengaruhi kehidupan biota di dalamnya. Limbah cair dari produksi tahu perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan untuk mencegah timbulnya masalah pencemaran dan dampak negative dari buangan limbah tahu (Amalia et al., 2022).

Penelitian ini proses pengolahan yang digunakan adalah metode filtrasi pasir lambat. Media filter yang digunakan pada pengolahan limbah cair tahu dengan metode filtrasi ini yaitu pasir silika, zeolite, kerikil dan karbon aktif kulit singkong dengan waktu operasional 0 menit, 30 menit dan 60 menit.

4.2 Aktivasi Media Karbon Aktif Kulit Singkong

Analisis data dilakukan oleh pengujian penurunan kadar COD dan TSS limbah cair tahu menggunakan media karbon aktif yang telah diaktivasi dengan larutan HCl 0,5 N selama 24 jam (Ananda, 2023). Pembuatan karbon aktif kulit singkong dimulai dengan dehidrasi kulit singkong lalu dipotong kecil-kecil dan dilakukan proses karbonasi menggunakan oven pada suhu 250 °C selama 2 jam, diayak menggunakan ayakan ukuran 60 mesh. Karbon aktif diaktivasi menggunakan larutan HCL 0,5 N selama 24 jam, karbon aktif dinetralkan menggunakan aquadest dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70 °C selama 1 jam (Purwaningsih et al.,2019).

4.3 Hasil Persentase Penurunan Parameter COD

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi COD setelah melalui proses filtrasi dengan variasi media dan waktu detensi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 2 Hasil uji pengukuran COD Proses filtrasi pada reaktor I

Waktu Detensi	Konsentrasi Awal COD mg/l	Konsentrasi COD akhir mg/l			Rata-rata COD Akhir mg/l	Presentase Efesiensi Penurunan COD (%)
		Pengulangan				
		I	II	III		
0 menit	1213.3	748.8	732.8	742.4	741	38.9 %
30 menit		412.8	419.2	403.2	411.7	66.1 %
60 menit		387.2	393.6	345.6	375.5	69.1 %

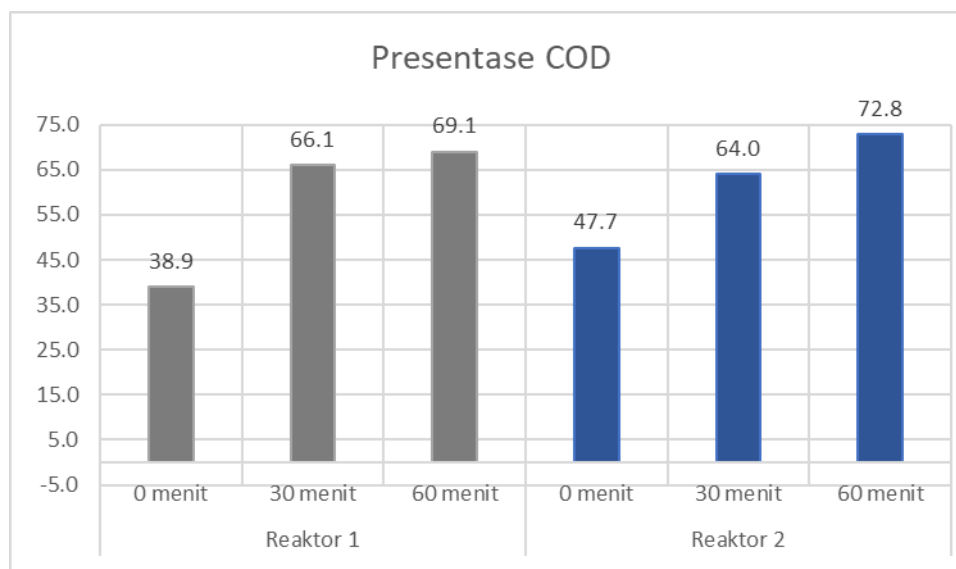
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Tabel 4. 3 Hasil uji pengukuran COD Proses filtrasi pada reaktor II

Waktu Detensi	Konsentras i Awal COD mg/l	Konsentrasi COD akhir mg/l			Rata-rata COD Akhir mg/l	Presentase Efisiensi Penurunan COD (%)
		Pengulangan				
		I	II	III		
0 menit	1213.3	659.2	643.2	601.6	634.7	47.7 %
30 menit		435.2	454.4	422.4	437.3	64.0 %
60 menit		377.6	339.2	316.8	344.5	72.8 %

Sumber: Hasil penelitian, 2025

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa konsentrasi COD pada reaktor I dan II terjadi penurunan. Penurunan konsentrasi COD paling rendah terjadi pada reaktor I pada waktu detensi 0 menit dengan konsentrasi COD sebesar 741 mg/l dan penyisihan terbesar terjadi pada reaktor II pada waktu detensi 60 menit dengan konsentrasi COD sebesar 344,5 mg/l.



Gambar 4. 1 Persentase Penyisihan COD

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa persentase penurunan COD paling rendah terjadi pada Reaktor I pada waktu detensi 0 menit dengan presentase 38,9 %, sedangkan penurunan paling tinggi terjadi pada Reaktor II pada waktu detensi 60 menit dengan presentase 72,8 %.

4.4 Hasil Persentase Penurunan Parameter TSS

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi TSS setelah melalui proses filtrasi dengan variasi media dan waktu detensi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 4 Hasil uji pengukuran TSS Proses filtrasi pada reaktor I

Waktu Detensi	Konsentrasi Awal TSS mg/l	Konsentrasi TSS akhir mg/l			Rata-rata TSS Akhir mg/l	Presentase Efisiensi Penurunan TSS (%)
		Pengulangan				
		I	II	III		
0 menit	224.6	127.7	134	122.9	128.2	42.9 %
30 menit		68.5	73.1	73.6	71.7	68.1 %
60 menit		60.5	57.7	59.4	59.2	73.6 %

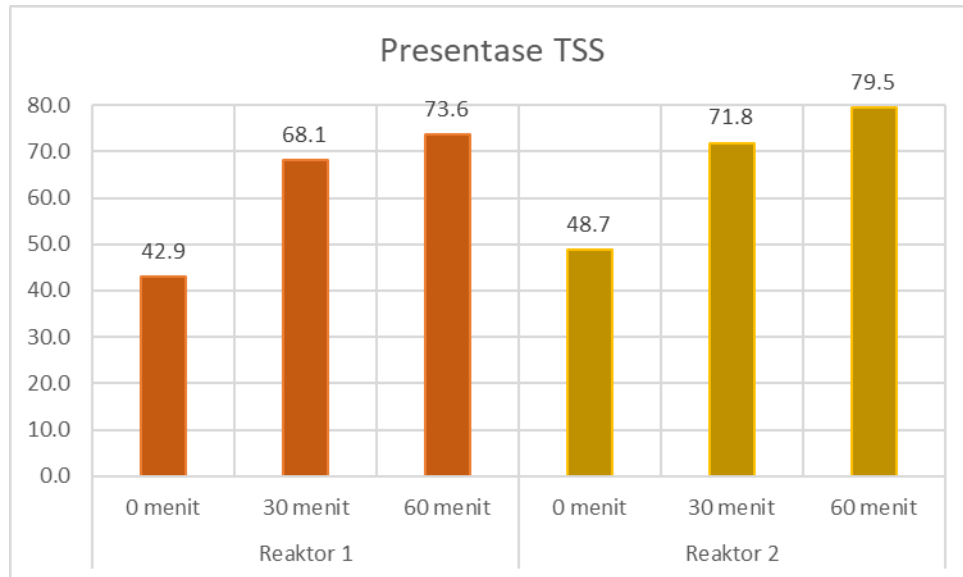
Sumber: Hasil penelitian 2025

Tabel 4. 5 Hasil uji pengukuran TSS Proses filtrasi pada reaktor II

Waktu Detensi	Konsentrasi Awal TSS mg/l	Konsentrasi TSS akhir mg/l			Rata-rata TSS Akhir mg/l	Presentase Efisiensi Penurunan TSS (%)
		Pengulangan				
		I	II	III		
0 menit	224.6	126.3	107.8	111.6	115.2	48.7 %
30 menit		60.1	63.8	65.9	63.3	71.8 %
60 menit		45.9	46.3	45.7	46.0	79.5 %

Sumber: Hasil penelitian 2025

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa konsentrasi TSS pada reaktor I dan II terjadi penurunan. Penyisihan konsentrasi TSS paling rendah terjadi pada reaktor I pada waktu detensi 0 menit dengan konsentrasi TSS sebesar 128,2 mg/l dan penyisihan terbesar terjadi pada reaktor II pada waktu detensi 60 menit dengan konsentrasi TSS sebesar 46 mg/l.



Gambar 4. 2 Presentase Penyisihan TSS

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa persentase penurunan TSS paling rendah terjadi pada Reaktor I pada waktu detensi 0 menit dengan presentase 42,9 %, sedangkan penurunan paling tinggi terjadi pada Reaktor II pada waktu detensi 60 menit dengan presentase 79,5 %.

4.5 Analisis Statistik

Salah satu tujuan utama pengujian statistik adalah untuk menguji hipotesis yang diajukan dalam penelitian. Pengujian statistik digunakan untuk memperkirakan parameter populasi berdasarkan data sampel. Mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat apakah terdapat perbedaan yang signifikan sehingga dapat ditarik kesimpulan.

4.5.1 Analisis Anova Two-Way

Hasil analisis ANOVA Two Way bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketinggian dan lama waktu terhadap persentase penyisihan parameter COD dan TSS dan mengetahui kombinasi ketinggian media dan waktu detensi mana yang paling efektif dalam meningkatkan efisiensi penurunan. Dasar pengambilan keputusan dalam uji ANOVA Two-Way sebagai berikut:

- Jika nilai signifikan $< 0,05$ maka H_0 ditolak, H_1 diterima artinya terdapat pengaruh signifikan.
- Jika nilai signifikan $> 0,05$ maka H_0 diterima, H_1 ditolak artinya tidak terdapat pengaruh signifikan.

4.5.2 Analisis Anova Two-Way Chemical Oxygen Demand (COD)

Sebelum melaksanakan uji Anova, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan homogenitas sebagai prasyaratnya:

1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui apakah

data yang digunakan berdistribusi normal atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas sebagai berikut:

- Jika nilai Sig. > 0,05 maka data berdistribusi normal
- Jika nilai Sig < 0,05 maka data berdistribusi tidak normal

Hasil uji normalitas *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for COD	.132	18	.200*	.952	18	.451

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 4. 3 Hasil Uji Normalitas COD

Hasil output diatas menunjukkan bahwa nilai Sig atau nilai probabilitas variabel penelitian 0,451 > 0,05 yang artinya semua data yang digunakan berdistribusi normal dan dapat dilanjut pada uji homogenitas.

2. Uji Homogenitas

Syarat kedua untuk uji Anova adalah uji homogenitas. Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah data yang digunakan homogen atau tidak. Berikut merupakan pengambilan keputusan pada uji homogenitas.

- Jika nilai Sig. > 0,05 maka data homogen
- Jika nilai Sig < 0,05 maka data tidak homogen

Hasil uji homogenitas *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat dilihat pada gambar 4.4 sebagai berikut.

Levene's Test of Equality of Error Variances ^{a,b}					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar COD	Based on Mean	2.512	5	12	.089
	Based on Median	.527	5	12	.752
	Based on Median and with adjusted df	.527	5	5.762	.751
	Based on trimmed mean	2.286	5	12	.112
Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.					
a. Dependent variable: Kadar COD					
b. Design: Intercept + Waktu + Variasi + Waktu * Variasi					

Gambar 4. 4 Hasil Uji Homogenitas COD

Hasil output menunjukkan bahwa nilai Sig 0,112 > 0,05 maka dapat disimpulkan data tersebut homogen, sehingga asumsi homogenitas dalam uji two way anova terpenuhi. Jika tes normalitas dan homogenitas sudah terpenuhi selanjutnya dilakukan Uji Anova.

3. Uji ANOVA Two-Way

Hasil analisis statistik ANOVA Two-Way variabel bebas yaitu variasi ketebalan dan variasi waktu detensi terhadap konsentrasi COD pada Gambar 4.5

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Kadar COD					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	395239.478 ^a	5	79047.896	230.510	<.001
Intercept	4293426.722	1	4293426.722	12519.956	<.001
Waktu	374110.191	2	187055.096	545.467	<.001
Variasi	8030.669	1	8030.669	23.418	<.001
Waktu * Variasi	13098.618	2	6549.309	19.098	<.001
Error	4115.120	12	342.927		
Total	4692781.320	18			
Corrected Total	399354.598	17			
a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .985)					

Gambar 4. 5 Hasil ANOVA Two-way Penyisihan Konsentrasi COD

Sumber : Hasil Analisis ANOVA Two-Way Penyisihan Konsentrasi COD, 2025

Dapat disimpulkan bahwa:

- Pada waktu detensi diperoleh nilai tidak signifikan sebesar $0,001 < 0,05$ dimana H_0 ditolak, H_1 diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak atau ada pengaruh waktu detensi pada proses filtrasi secara signifikan terhadap parameter COD.
- Pada variasi tinggi media diperoleh nilai tidak signifikan sebesar $0,001 > 0,05$ dimana H_0 ditolak, H_1 diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak atau ada pengaruh tinggi media pada proses filtrasi secara signifikan terhadap parameter COD.
- Pada interaksi antara waktu detensi dan media filter diperoleh nilai signifikan sebesar $0,001 > 0,05$ dimana H_0 ditolak, H_1 diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak atau ada pengaruh antara interaksi waktu detensi dan media filter pada proses filtrasi terhadap parameter COD.

4.5.3 Analisis Anova Two-Way *Total Suspended Solid* (TSS)

Sebelum melaksanakan uji Anova, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan homogenitas sebagai prasyaratnya:

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui apakah data yang digunakan berdistribusi normal atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas sebagai berikut:

- Jika nilai Sig. $> 0,05$ maka data berdistribusi normal
- Jika nilai Sig $< 0,05$ maka data berdistribusi tidak normal

Hasil uji normalitas *Total Suspended Solid* (TSS) dapat dilihat pada gambar 4.6 sebagai berikut.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for TSS	.159	18	.200 [*]	.934	18	.226

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 4. 6 Hasil Uji Normalitas TSS

Hasil output diatas menunjukkan bahwa nilai Sig atau nilai probabilitas variabel penelitian $0,226 > 0,05$ yang artinya semua data yang digunakan berdistribusi normal dan dapat dilanjut pada uji homogenitas

1. Uji Homogenitas

Syarat kedua untuk uji Anova adalah uji homogenitas. Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah data yang digunakan homogen atau tidak. Berikut merupakan pengambilan keputusan pada uji homogenitas.

- Jika nilai Sig. $> 0,05$ maka data homogen
- Jika nilai Sig $< 0,05$ maka data tidak homogen

Hasil uji homogenitas *Total Suspended Solid* (TSS) dapat dilihat pada gambar 4.4 sebagai berikut.

Levene's Test of Equality of Error Variances ^{a,b}					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar TSS	Based on Mean	4.593	5	12	.014
	Based on Median	1.065	5	12	.426
	Based on Median and with adjusted df	1.065	5	3.564	.498
	Based on trimmed mean	4.204	5	12	.019

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Kadar TSS

b. Design: Intercept + Waktu + Variasi + Waktu * Variasi

Gambar 4. 7 Hasil Uji Homogenitas TSS

Hasil output menunjukkan bahwa nilai Sig $0,019 > 0,05$ maka dapat disimpulkan data tersebut homogen, sehingga asumsi homogenitas dalam uji two way

anova terpenuhi. Jika tes normalitas dan homogenitas sudah terpenuhi selanjutnya dilakukan Uji Anova.

2. Uji ANOVA Two-Way

Hasil analisis statistik ANOVA Two-Way variabel bebas yaitu variasi ketebalan media dan lama waktu detensi terhadap konsentrasi TSS pada Gambar 4.7

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16505.153 ^a	5	3301.031	136.535	<.001
Intercept	116934.480	1	116934.480	4836.556	<.001
Waktu	15882.743	2	7941.372	328.465	<.001
Variasi	600.889	1	600.889	24.854	<.001
Waktu * Variasi	21.521	2	10.761	.445	.651
Error	290.127	12	24.177		
Total	133729.760	18			
Corrected Total	16795.280	17			

a. R Squared = .983 (Adjusted R Squared = .976)

Gambar 4. 8 Hasil ANOVA Two-way Penyisihan Konsentrasi TSS

Sumber : Hasil Analisis ANOVA Two-Way Penyisihan Konsentrasi TSS, 2025

Dapat disimpulkan bahwa:

- Pada variasi waktu detensi diperoleh nilai tidak signifikan sebesar $0,001 < 0,05$ dimana H_0 ditolak, H_1 diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak atau ada pengaruh waktu detensi pada proses filtrasi secara signifikan terhadap parameter TSS.
- Pada variasi ketinggian media diperoleh nilai tidak signifikan sebesar $0,001 < 0,05$ dimana H_0 ditolak, H_1 diterima sehingga dapat disimpulkan pada penurunan konsentrasi TSS terdapat pengaruh variasi ketinggian media secara signifikan.
- Pada interaksi antara waktu detensi dan ketinggian media diperoleh nilai signifikan sebesar $0,651 > 0,05$ dimana H_0 diterima, H_1 ditolak maka pada penurunan konsentrasi TSS terdapat variasi ketinggian dan waktu detensi.

4.6 Pembahasan

Penelitian ini memanfaatkan kulit singkong yang dikarbonisasi menjadi media karbon aktif sebagai media filter dalam penurunan parameter COD dan TSS. Sebelum dijadikan sebagai media filter, karbon aktif diaktivasi secara kimia menggunakan larutan HCL 0,5 N dengan tujuan memecah ikatan hidrokarbon dan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam kulit singkong, sehingga karbon mengalami perubahan sifat, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya serap sehingga karbon aktif mampu menurunkan menyerap senyawa organik yang ada dalam limbah cair tahu (Desmalinda, 2019).

Kulit singkong memiliki kandungan protein, selulosa non reduksi dan serat. Kulit singkong juga memiliki banyak gugus fungsi -OH, -NH₂, -SH, dan -CN yang dapat digunakan sebagai ligin untuk mengikat ion logam (Swastha, 2010). Kulit singkong mengandung karbon sebesar 59,31% yang dapat digunakan untuk pembuatan karbon aktif dalam penurunan parameter COD dan TSS (Koshim, et al.,2022).

Karbon aktif dari kulit singkong dapat digunakan sebagai adsorben karena memiliki pori-pori yang sangat banyak sehingga dapat mengikat partikel yang sangat halus (Handayani et al.,2014). Karbon aktif yang telah melalui proses aktivasi memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsi (Valentine et al.,2013).

4.6.1 Penyisihan *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Penyisihan parameter COD dipengaruhi oleh mekanisme kerja pada proses filtrasi yaitu adanya proses adsorpsi dan aktivitas kimia. Proses adsorpsi terjadi karena adanya perbedaan muatan antara permukaan partikel tersuspensi, sehingga terjadi gaya tarik menarik, Proses kimia terjadi karena adanya aktivitas kimia dimana partikel yang terlarut diuraikan menjadi substansi sederhana atau diubah menjadi partikel tidak terlarut (Edhawati & Suprihatin, 2020). Luas permukaan berpengaruh pada seberapa baik parameter COD diserap, semakin luas permukaan adsorben maka daya serap yang dihasilkan juga akan semakin besar. Proses filtrasi dapat berjalan dengan baik jika luas

permukaan adsorben lebih kecil dari total luas permukaannya (Pontiani et al., 2023). Penyaringan pasir lambat secara luas dianggap sebagai salah satu metode yang paling efektif untuk menurunkan konsentrasi COD, menetralkan pH air limbah, bahan organik partikel, dan kekeruhan. Berbagai media filtrasi seperti pasir, kerikil, karbon aktif, digunakan untuk proses saringan pasir lambat (Sitasari & Khoironi, 2021). Konsentrasi COD mengalami penyisihan yang cukup optimal, hal ini terjadi karena laju aliran yang sangat kecil sehingga terjadi kontak antara media karbon aktif dan parameter COD. Laju aliran yang sangat kecil membuat waktu kontak media karbon aktif dengan limbah semakin lama, sehingga konsentrasi COD mengalami penyisihan yang cukup optimal. Penurunan konsentrasi COD terjadi pada semua variasi reaktor, pada reaktor T2 lebih banyak terjadi penurunan parameter COD jika dibandingkan dengan variasi reaktor T1. Karena pada reaktor T2 memiliki jumlah karbon aktif yang lebih banyak sehingga mampu menurunkan parameter COD lebih optimal.

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode filtrasi pada gambar 4.1 waktu detensi yang lebih lama mengalami penurunan parameter COD yang lebih signifikan. Pada waktu detensi 30 dan 60 menit mengalami penurunan parameter COD yang lebih tinggi dari pada waktu detensi 0 menit. Reaktor T2 dengan ketebalan media karbon aktif kulit singkong 20 cm dengan waktu detensi 60 menit mampu menurunkan parameter COD dengan efisiensi 72,8 %, pada reaktor T1 dengan jumlah karbon yang lebih sedikit dari pada reaktor T2 dengan waktu detensi yang sama mampu menurunkan parameter COD dengan efisiensi 69,1%. Penurunan konsentrasi COD terjadi karena pori-pori karbon aktif bekerja secara optimal dalam menyerap zat organik yang menyebabkan pencemaran COD (Khery et al., 2013). Zeolit memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi karena mampu memisahkan molekul zat lain dari suatu campuran tertentu. Selain itu, zeolit juga dapat menyerap polutan dalam air limbah, sehingga mengakibatkan penurunan konsentrasi COD (Nasrokhah, 2018). Semakin tebal lapisan pasir, maka parameter COD semakin rendah. Hal ini sesuai teori yang menyatakan bahwa butiran pasir memiliki pori-pori dan celah yang dapat menyerap serta menahan partikel dalam air. Ukuran butiran pasir memengaruhi kadar COD

karena berpengaruh terhadap luas area spesifik. Semakin kecil ukuran butiran, semakin besar luas permukaan spesifiknya (Fahrudin et al., 2017). Menurut Todingbua et al. (2022), semakin lama waktu yang dibutuhkan, semakin tinggi kualitas penurunan parameter COD.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Bermuli et al., 2023) penurunan konsentrasi COD dipengaruhi oleh media filter yang digunakan yaitu sekam, karbon aktif, zeolite dan pasir. Polutan yang ada pada air limbah diserap oleh karbon aktif dan zeolite sehingga dapat mengurangi COD, permukaan sekam dapat mengadsorpsi kontaminan organik dan anorganik dari air limbah, Pasir digunakan sebagai adsorben anorganik untuk menghilangkan logam berat dari air limbah.

Pada uji ANOVA Two-way pengaruh penurunan COD yang terjadi juga diperkuat oleh hasil analisis data statistika yang dilakukan menunjukkan adanya interaksi antara lama waktu dan ketebalan media filtrasi terhadap persentase penyisihan COD. Lamanya waktu akan memengaruhi efisiensi dalam penurunan COD, dimana semakin lama waktu detensi, semakin efektif penurunan COD (Jubaidi, 2018).

Berdasarkan data hasil penelitian yang didapatkan diketahui bahwa pengolahan limbah cair tahu menggunakan variasi media dan waktu detensi efektif dalam menurunkan COD namun belum bisa mencapai baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengolahan Lingkungan Hidup baku mutu kelas 3 lampiran VI.

4.6.2 Penyisihan *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan melayang dalam air limbah (Gultom et al., 2018). Karbon aktif kulit singkong memiliki struktur berpori dengan luas permukaan yang besar, sehingga mampu menangkap partikel tersuspensi secara optimal. Dalam metode filtrasi, karbon aktif dari kulit singkong berfungsi sebagai media penyaring yang dapat meningkatkan efisiensi penyisihan TSS (Krismonike, 2020). Media pasir memiliki kemampuan sebagai filtrasi yang dapat memisahkan senyawa kimia dalam bentuk padat dan cair. Cairan dari limbah akan melewati media

pasir, sehingga partikel padatan tersuspensi yang berukuran halus dapat disaring dan dipisahkan. (Sulianto et al.,2020). Penurunan parameter TSS terjadi akibat perbedaan energi atau gaya tarik-menarik, sehingga partikel tersuspensi dalam air limbah yang berperan sebagai adsorbat terikat pada molekul zeolit. Zeolit memiliki struktur pori yang sangat terbuka serta luas permukaan internal yang besar, sehingga mampu mengadsorpsi dan menahan partikel tersuspensi, termasuk kotoran dan zat pengotor lainnya (Sisyanreswari et al.,2014). Kerikil digunakan sebagai media penyangga serta dapat menyaring partikel kasar yang ada dalam air limbah. Kerikil mempunyai fungsi pada filter sebagai celah atau ruang kosong agar air dapat mengalir melalui lubang bawah (Pinem, 2019). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa hasil analisis limbah cair tahu sebelum dan sesudah pengolahan terjadi penurunan konsentrasi TSS. Pada analisis awal air limbah yang telah diteliti mengandung konsentrasi TSS sebesar 224,6 mg/l, sedangkan setelah proses filtrasi kandungan TSS pada air limbah turun sesuai dengan jenis media dan lama waktu yang digunakan. Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi TSS tertinggi terjadi reaktor T2 memiliki efisiensi penurunan tertinggi pada waktu detensi 60 menit sebesar 79,5%.

Hasil uji analisis TSS menggunakan metode filtrasi telah memenuhi baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengolahan Lingkungan Hidup baku mutu kelas 3 lampiran VI. Penurunan konsentrasi TSS terjadi karena penyaringan oleh media filter melalui porositas dan ketebalan susunan yang dilewati oleh aliran air limbah didalam proses filtrasi. Porositas dalam saringan memberikan ruang pada air untuk mengalir melalui pori-pori saringan (Hidayah et al.,2019). Nilai efisiensi penurunan konsentrasi TSS disebabkan oleh media filter yang digunakan saat penelitian, media filter yang digunakan seperti pasir silika, zeolite, kerikil dan karbon aktif. Susunan variasi media filter ini paling baik dikarenakan saat air dialirkan dari atas ke bawah, karbon aktif berada pada susunan paling bawah. Maka air yang melewati pasir silika, zeolit dan kerikil memiliki kesempatan kontak yang lebih lama dengan media tersebut (Sulianto

et al.,2020). Menurut (Lista & Costa, 2023), jumlah karbon aktif yang lebih banyak secara signifikan mampu menurunkan konsentrasi TSS pada air limbah. Hal ini dikarenakan media karbon aktif secara fisik-kimia memiliki sifat penyerapan tinggi karena terdapat sejumlah struktur pori mikro pada permukaan medianya sehingga, secara efektif akan menyerap semua polutan yang memiliki ukuran lebih kecil.

Penelitian ini sejalan dengan (Hasanah et al.,2024), pengaruh ketebalan media karbon aktif pada Metode filtrasi untuk pengolahan air limbah rumah tangga dengan menggunakan variasi ketebalan media karbon aktif 10 cm, 15 m, dan 20 cm dapat menurunkan konsentrasi TSS dengan konsentrasi akhir 25,5 mg/l. Penurunan nilai TSS dapat disebabkan karena karbon aktif juga memiliki daya serap yang besar dalam menyerap partikel padat. Hal ini disebabkan, adanya sifat adsorpsi dari karbon aktif yang mempunyai sifat penukar kation sehingga mampu menyerap TSS.

Pada uji ANOVA Two-way pengaruh penurunan konsentrasi TSS yang terjadi juga diperkuat oleh hasil analisis data statistika yang dilakukan menunjukkan adanya interaksi antara lama waktu dan ketebalan media filtrasi terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

Berdasarkan data hasil penelitian yang didapatkan diketahui bahwa pengolahan limbah cair tahu menggunakan variasi media dan waktu detensi efektif dalam menurunkan TSS namun belum bisa mencapai baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengolahan Lingkungan Hidup baku mutu kelas 3 lampiran VI.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penggunaan kulit singkong sebagai karbon aktif pada pengolahan limbah cair tahu dengan metode filtrasi mampu menurunkan kadar COD dan TSS. Penurunan TSS dinyatakan efektif karena memenuhi baku mutu yang ditetapkan, sedangkan terhadap penurunan COD dinyatakan belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Efektifitas penurunan TSS tersebut terjadi dalam reaktor 2 pada waktu 60 menit dengan efesiensi 79,5 %.

5.2 Saran

1. Diperlukan pengolahan tambahan untuk parameter COD pada air limbah cair tahu agar dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.
2. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan menambahkan variasi ketebalan media dalam rentang yang lebih luas untuk meningkatkan efektivitas penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuzar, S. S., & Pramono, R. (2014). *Efektivitas Penurunan Kekeruhan dengan Direct Filtration Menggunakan Saringan Pasir Cepat (SPC)*. Prosiding SNSTL I, 89- 95.
- Afifah, I. U. (2019). *Pengawasan Dinas Lingkungan Hidup terhadap limbah pabrik tahu menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 dan fikih lingkungan: Studi di Desa Mojorejo Kecamatan Modo Kabupaten Lamongan* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Amalia, R. N., Devy, S. D., Kurniawan, A. S., Hasanah, N., Salsabila, E. D., Ratnawati, D. A. A., ... & Aturdin, G. A. (2022). Potensi Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair di RT. 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda. *ABDIKU: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Mulawarman*, 1(1), 36-41.
- Ananda, E. R., Irawan, D., Wahyuni, S. D., Kusuma, A. D., Buadiarto, J., & Hidayat, R. (2018). Pembuatan alat pengolah limbah cair dengan metode elektrokoagulasi untuk industri tahu kota Samarinda. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 6(1), 54-59.
- Anwar, A. (2020). *Pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan biofilter* (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry Banda Aceh).
- Aryani, Putri, dkk. 2017. *Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dengan Variasi Konsentrasi NaOH Dan Suhu*. Fakultas Teknik. Universitas Mulawarman. Samarinda
- Asadiya, A., & Karnaningroem, N. (2018). *Pengolahan air limbah domestik menggunakan proses aerasi, pengendapan, dan filtrasi media zeolit-arang aktif*. Jurnal Teknik ITS, 7(1), D18-D22.

- Desmalinda, V. S. (2019). Kemampuan Arang Aktif Kulit Singkong (*Manihot Esculenta* L. Skin) Sebagai Adsorben Dalam Penurunan Kadar BOD Dan COD Pada Limbah Cair Tahu Tahun 2019.
- Edahwati, L., & Suprihatin, D. (2013). Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, Dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1(2).
- Fatimura, M., Bakrie, M., Fitriyanti, R., Sefentry, A., Masriatini, R., & Wahyudi, A. (2022). Pembuatan Saringan Cepat (Rapid Filter)(Penggunaan Pipa PVC Dengan Sistem Pencuci Balik (Backwash) Di SMAN 1 Jejawi OKI). *Randang Tana-Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 117-123.
- Gultom, S. O., Mess, T. N., & Silamba, I. (2018). Pengaruh Penggunaan Beberapa Jenis Media Filtrasi Terhadap Kualitas Limbah Cair Ekstraksi Sagu (*Metroxylon* sp.). *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 12(2), 81-90.
- Handayani, H., Biyatmoko, D., Abdullah, A., & Hadie, J. (2016). Peningkatan Kualitas Efluen Sistem Lumpur Aktif Limbah Cair Industri Tahu dengan Variasi Berat Arang Aktif terhadap Volume Efluen Menggunakan Arang Aktif Kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*). *EnviroScienteeae*, 12(3), 225-234.
- Herawati, N., Rifdah, R., & Muthiah, N. M. (2023). Kajian pengaruh massa dan waktu operasi pada pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan residue catalytic cracking (rcc) sebagai adsorben. *Jurnal Distilasi*, 8(1), 1-11.
- Husaini, A., Yenni, M., & Wuni, C. (2020, October). Efektivitas metode filtrasi dan adsorpsi dalam menurunkan kesadahan air sumur di kecamatan kota baru kota jambi. In *Jurnal Formil (Forum Ilmiah) Kesmas Respati* (Vol. 5, No. 2, pp. 91-102).

- Ikbar, A. M. (2023). *Efektivitas Filtrasi Dengan Media Pasir Besi Untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan* (Doctoral dissertation, UIN Ar- Raniry Banda Aceh).
- Indrayani, L., & Rahmah, N. (2018). Nilai parameter kadar pencemar sebagai penentu tingkat efektivitas tahapan pengolahan limbah cair industri batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 41-50.
- Jubaidi, J. (2013). Efektivitas Metode Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Kandungan Cod Dan Tss Pada Air Limbah. *Jurnal Media Kesehatan*, 6(2), 128-133.
- Kurniawati, E., & Sanuddin, M. (2020). Metode filtrasi dan adsorpsi dengan variasi lama kontak dalam pengolahan limbah cair batik. *Riset Informasi Kesehatan*, 9(2), 126-133.
- Listyaningrum, R. (2022). Analisis Kandungan DO, BOD, COD, TS, TDS, TSS dan Analisis Karakteristik Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta. *Teknologi Industri*, June.
- Lutfia, Z. L., & Nurhayati, I. (2022). Karbon Aktif Kulit Singkong Sebagai Media Filtrasi Untuk Menurunkan Bakteri E. Coli dan Kesadahan Air Sumur. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 20(01), 1-11.
- Maryani Deni, Masduqi Ali, Moesriati Atiek. 2014."Pengaruh Ketebalan Media Dan Rate Filtrasi Pada Sand Filter Dalam Menurunkan Kekeruan Dan Total Coliform".*Jurnal Teknik Pomits*, 3(2):192-198.
- Miarti, A., & Anike, R. S. (2022). E Efektifitas Karbon Aktif Tongkol Jagung Terhadap Kadar Ph, Tss Dan Tds Pada Limbah Cair Pt Perta Samtan Gas. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 13(01), 18-24.
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., & Fitriyani, F. (2021). Limbah cair industri tahu dan dampaknya terhadap kualitas air dan biota perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(1), 53-65.
- Poernomo, M. H., Razif, M., & Mansur, A. (2020, September). Pengolahan Air

- Limbah Domestik dengan Metode Kombinasi Filtrasi dan Fitoremediasi (Studi Kasus Di Kelurahan Margorejo Surabaya). In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 1, No. 1, pp. 177-184).
- Pontiani, I., Purnaini, R., & Nugraheni, P. W. (2023). Penurunan Parameter Pencemar Limbah Laundry Menggunakan Filter Arang Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(1), 073-083.
- Pradana, T. D., Suharno, S., & Apriansyah, A. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar TSS dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 56.
- Pratama, Y., Juhana, S., Yuliatmo, R., Teknologi, J., Kulit, P., Yogyakarta, A., Selatan, J. R., & Glugo, I. (2021). Metode Filtrasi Menggunakan Media bonggol Aktif, Zeolit Dan Pasir Silika Untuk Menurunkan Kadar Amonia Total (N-NH₃) Dan Sulfida (S²⁻) Pada Air Outlet Industri Penyaman Kulit. *Majalah Kulit Politeknik ATK Yogyakarta*, 20, 1.
- 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), 669-675.
- Rahayu, T. E. P. S., Dwityaningsih, R., Handayani, M., Witriansyah, K., & Pramita, A. (2021). Inovasi Pengolahan Limbah Cair Batik dengan IPAL Ekonomis di Desa Maos Kidul Cilacap. *Madani: Indonesian Journal of Civil Society*, 3(2), 36-42.
- Robitul, M. N., & Suryo, P. Y. (2018). PEMANFAATAN UNSUR MAKRO (NPK) LIMBAH CAIR TAHU UNTUK PEMBUATAN PUPUK CAIR SECARA AEROBIK. *JURNAL ENVIROTEK*, 9(2).
- Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis kandungan limbah industri tahu dan tempe rahayu di Kelurahan Uner

Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245-252.

Sitasari, A. N., & Khoironi, A. (2021). Evaluasi efektivitas metode dan media filtrasi pada pengolahan air limbah tahu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 565-575.

Sulianto, A. A., Kurniati, E., & Hapsari, A. A. (2020). Perancangan Unit Filtrasi untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem Downflow. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(3), 31-39.

Sulistiyanti, D., Antoniker, A., & Nasrokhah, N. (2018). Penerapan metode filtrasi dan adsorpsi pada pengolahan limbah laboratorium. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 3(2), 147-156.

Swastha, J. T. (2010). Kemampuan arang aktif dari kulit singkong dan dari tongkol jagung dalam penurunan kadar COD dan BOD limbah pabrik tahu. *Universitas Negeri Semarang, Semarang*.

Utama, M.P, R. Kusdarwati, A. M. Sahidu. 2017. Pengaruh Penggunaan Filtrasi Zeolit dan Arang Aktif terhadap Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) Air Tambak Kecamatan Jabon, Sidoarjo. *Journal of Marine and Coastal Science*, 6(1).

Valentina, A. E., Miswadi, S. S., & Latifah, L. (2013). Pemanfaatan arang eceng gondok dalam menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada air sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2).

Widyastuti, Sri, and Antik Sepdian Sari. 2011. "Kinerja Pengolahan Air Bersih Dengan Proses Filtrasi Dalam Mereduksi Kesadahan." *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA* 9(1): 43–54

Lampiran

1. Perhitungan Kedalaman Unit

Kedalaman unit filter dapat dihitung berdasarkan kriteria desain filter. Perhitungan ini sebagai acuan perencanaan unit agar dalam perakitan dan kinerja sesuai dengan yang diharapkan. Berdasarkan penelitian sebelumnya Ikbar (2022) menggunakan media kerikil 20 cm , pasir 25 cm, karbon aktif 15cm, dan ijuk 15 cm dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 91,05% dan TSS sebesar 95,05%.

Tabel 3.1 Kedalaman Unit Filtrasi

No	Kedalaman	Ukuran (m)
1	Freebord	0,25
2	Tebal karbon aktif	0,10
3	Tebal pasir silika	0,20
4	Tebal zeolit	0,20
5	Tebal Kerikil	0,15
6	Ketinggian air di atas media	0,10
Total		0,90

Dari hasil perhitungan diatas maka dimensi reaktor filter yaitu

Tinggi total adalah 90 cm

2. Perhitungan volume total media filter

Perhitungan volume total filter berguna untuk menghitung debit serta waktu detensi yang digunakan dalam proses filtrasi volume total media filter dihitung berdasarkan ketinggian media yang disesuaikan dengan kriteria desain.

Keterangan :V = volume

$$\pi = 22/7 \text{ atau } 3,14$$

r = jari-jari tabung filter (diameter
114 mm) t = tinggi tabung filter (65
cm)

$$v = 3,14 \times 0,057^2 \text{ m} \times 0,65 \text{ m}$$

$$v = 0,0071 \text{ m}^3$$

3. Perhitungan debit

Perhitungan debit dapat dihitung dengan mengetahui data volume total pada perhitungan sebelumnya serta data kecepatan filtrasi. Semakin kecepatan aliran maka akan menyebabkan partikel-partikel yang terlalu halus akan mudah lolos. Kecepatan yang rendah dapat meningkatkan waktu penyisihan, semakin lama waktu penyisihan maka konsentrasi pencemar semakin berkurang. Jika kecepatan filtrasi terlalu kecil maka volume limbah yang digunakan akan semakin besar. Kecepatan filtrasi berdasarkan kriteria desain filtrasi slow sand filter yaitu 0,1-0,4 m/jam. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka kecepatan filtrasi yang di gunakan yaitu 0,4 m/jam.

$$\text{Kecepatan aliran filtrasi} = 0,4 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit} = \text{luas permukaan} \times \text{kecepatan aliran filtrasi}$$

$$= 0,0071 \text{ m}^3 \times 0,4 \text{ m/jam}$$

$$= 0,00284 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2,84 \text{ l/jam}$$

**L
A
M
P
I
R
A
N**

LAMPIRAN 1.

HASIL ANALISIS LAB



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

BANK NIAGA MALANG

Kampus 1 : JL. Bendungan Sigura – gura No. 2. Telp (0341) 551431 (Hunting), Fax (0341)553015 Malang 65145

Nomor : ITN-005/LAB/TL/FTSP/VII/2025

Pemilik Sampel : Apdi Prasetyo

Jenis Sampel : Limbah Cair Tahu

DATA HASIL ANALISIS AWAL

No	Parameter	Satuan	Perlakuan	Pengulangan			Rata - rata
				1	2	3	
Hasil Analisis Pendahuluan							
1	COD	mg/L	Awal	1207,4	1218,9	1213,8	1213,3
2	TSS	mg/L	Awal	229,2	223,7	221	224,6

DATA HASIL ANALISIS AKHIR COD REAKTOR I, II

Waktu Detensi	Konsentrasi Awal COD mg/l	Konsentrasi COD akhir mg/l			Rata-rata
		Pengulangan			
		I	II	III	
0 menit	1213.3	659.2	652.8	665.6	659
30 menit		412.8	419.2	403.2	411.7
60 menit		387.2	393.6	345.6	375.5

Waktu Detensi	Konsentrasi Awal COD mg/l	Konsentrasi COD akhir mg/l			Rata-rata
		Pengulangan			
		I	II	III	
0 menit	1213.3	659.2	643.2	601.6	634.7
30 menit		435.2	454.4	422.4	437.3
60 menit		377.6	339.2	316.8	344.5



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

BANK NIAGA MALANG

Kampus 1 : JL. Bendungan Sigura – gura No. 2. Telp (0341) 551431 (Hunting), Fax (0341)553015 Malang 65145

DATA HASIL ANALISIS AKHIR TSS REAKTOR I, II

Waktu Detensi	Konsentrasi Awal TSS mg/l	Konsentrasi TSS akhir mg/l			Rata-rata
		Pengulangan			
		I	II	III	
0 menit	224.6	127.7	134	122.9	128.2
30 menit		68.5	73.1	73.6	71.7
60 menit		60.5	57.7	59.4	59.2

Waktu Detensi	Konsentrasi Awal TSS mg/l	Konsentrasi TSS akhir mg/l			Rata-rata
		Pengulangan			
		I	II	III	
0 menit	224.6	126.3	107.8	111.6	115.2
30 menit		60.1	63.8	65.9	63.3
60 menit		45.9	46.3	45.7	46.0

Malang, 7 Februari 2025

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

Anis Artivani, ST., MT

NIP.P. 4030300384

LAMPIRAN 2.

DOKUMENTASI



Gambar 1 pencucian kulit singkong sebelum di keringkan



Gambar 2 Proses pengeringan kulit singkong



Gambar 3 pengayakan kulit singkong menggunakan ayakan 60 mesh



Gambar 4 Aktivasi karbon aktif kulit singkong menggunakan larutan HCL 0,5 N



Gambar 5 Proses pengambilan sample limbah cair tahu menggunakan metode grab sampling di pabrik X Kecamatan Suku Kota Malang



Gambar 4 Gambar reaktor filtrasi



Gambar 5 Analisis laboratorium