

TUGAS AKHIR

**PENGARUH SERAT SABUT KELAPA, KARBON AKTIF, ZEOLIT DAN
PASIR SILIKA DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH
TANGGA (*GREY WATER*) DENGAN METODE FILTRASI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada
Program Studi Teknik Sipil



IHWAN ANUGRAH

D0121054

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULAWESI BARAT

MAJENE

2025

HALAMAN PENGESAHAN**PENGARUH SERAT SABUT KELAPA, KARBON AKTIF, ZEOLIT DAN
PASIR SILIKA DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH
TANGGA (GREY WATER) DENGAN METODE FILTRASI****TUGAS AKHIR**

Oleh

IHWAN ANUGRAH**NIM : D0121054****(Jurusan Teknik Sipil)**

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik

Tanggal 23 Maret 2025

Mengetahui,

Pembimbing 1



Amalia Nurdin, S.T., M.T
NIP. 19871212 201903 2 017

Pembimbing 2



Abdi Manaf, S.T., M.T
NIP. 19700421 200312 1 001

Ketua Jurusan



Amalia Nurdin, S.T., M.T
NIP. 19871212 201903 2 017

Dekan Fakultas Teknik




Prof. Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T
NIP. 19870621 201903 1 007

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Majene, 23 Mei 2025



IHWAN ANUGRAH

ABSTRAK

PENGARUH SERAT SABUT KELAPA, KARBON AKTIF, ZEOLIT DAN PASIR SILIKA DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH TANGGA (GREY WATER) DENGAN METODE FILTRASI

IHWAN ANUGRAH

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat (2025)

anugrahihwan01@gmail.com

Permasalahan lingkungan saat ini yang dominan adalah limbah cair yang berasal dari hasil kegiatan rumah tangga seperti limbah greywater. Limbah cair yang tidak dikelola akan menimbulkan dampak pada perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas sistem filtrasi vertikal dengan metode aliran bawah (downflow) dalam menurunkan kadar pencemar air limbah greywater rumah tangga menggunakan media lokal berupa serat sabut kelapa, pasir silika, zeolit, dan karbon aktif. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan variasi ketebalan media filter, menggunakan pipa PVC berdiameter 4 inci sebagai reaktor filtrasi. Parameter kualitas air yang diuji meliputi Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), pH, dan kadar amonia. Sampel greywater diambil dari limbah rumah tangga di Kabupaten Majene, Sulawesi Barat. Hasil menunjukkan penurunan signifikan pada nilai BOD dari 248 mg/L menjadi 65 mg/L, COD dari 617 mg/L menjadi 162 mg/L, dan TSS dari 182 mg/L menjadi 76 mg/L. Nilai amonia turun dari 1,8 mg/L menjadi 0,6 mg/L, sementara pH relatif stabil dalam kisaran netral. Efisiensi penurunan polutan tertinggi terjadi pada percobaan keempat, dengan waktu kontak terlalu lama dan konfigurasi media yang optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem filtrasi vertikal dengan aliran bawah berpotensi besar sebagai teknologi sederhana dan ekonomis dalam pengolahan awal limbah greywater, terutama di wilayah yang belum memiliki sistem pengolahan limbah terpadu. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan untuk pengembangan sistem filtrasi skala rumah tangga berbasis kearifan lokal.

Kata kunci: amonia, BOD, COD, greywater, karbon aktif, pasir silika, pH, serat sabut kelapa, TSS, zeolit.

ABSTRACT

THE EFFECT OF *COCOS NUCIFERA* L., ACTIVATED CARBON, ZEOLITE, AND SILICA SAND IN THE TREATMENT OF HOUSEHOLD WASTEWATER (GREYWATER) USING FILTRATION METHOD

IHWAN ANUGRAH

Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Universitas Sulawesi Barat (2025)

anugrahihwan01@gmail.com

The dominant environmental problem today is liquid waste from household activities such as greywater. Liquid waste that is not managed properly will have an impact on waters. This study aims to evaluate the effectiveness of a vertical filtration system using the downflow method in reducing pollutants in household greywater by utilizing locally available filter media such as coconut fiber, silica sand, zeolite, and activated carbon. The research was conducted experimentally by varying the thickness of the filter media, with a 4-inch diameter PVC pipe serving as the filtration column. Water quality parameters tested included Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), pH, and ammonia concentration. Greywater samples were collected from household wastewater in Majene Regency, West Sulawesi. The results showed significant reductions in BOD from 248 mg/L to 65 mg/L, COD from 617 mg/L to 162 mg/L, and TSS from 182 mg/L to 76 mg/L. Ammonia levels decreased from 1.8 mg/L to 0.6 mg/L, while pH remained relatively stable within the neutral range. The highest pollutant removal efficiency occurred in the fourth experiment, which had the longest contact time and the most optimal media configuration. These findings suggest that the vertical filtration system with downflow is a promising, low-cost, and simple technology for preliminary greywater treatment, especially in areas lacking integrated wastewater management infrastructure. This research is expected to contribute to the development of household-scale filtration systems based on local materials and wisdom.

Keywords: *activated carbon, ammonia, BOD, coconut fiber, COD, greywater, Ph, silica sand, TSS, zeolite,*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 latar belakang

Permasalahan lingkungan saat ini yang dominan adalah limbah cair yang berasal dari hasil kegiatan rumah tangga dan industri. Limbah cair yang tidak dikelola akan menimbulkan dampak pada perairan. Pengelolaan limbah cair dalam proses produksi dimaksudkan untuk meminimalkan limbah yang terjadi, serta untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung di dalam perairan.

Penggunaan air bersih untuk kebutuhan sehari-hari maupun komersil akan menyebabkan meningkatnya jumlah limbah domestik. Meningkatnya jumlah air limbah domestik yang tidak diimbangi dengan peningkatan badan air dapat menyebabkan permasalahan yang berkaitan dengan daya dukung dan daya tampung air permukaan. Pengelolaan air limbah domestik yang tidak tepat akan berdampak pada meningkatnya produksi CO₂ and CH₄ yang berpotensi memiliki dampak pada kasus global warming (Maliga et al., 2022)

Pertumbuhan jumlah penduduk dan semakin berkembangnya kawasan perkotaan menyebabkan berkurangnya kawasan resapan air dan sumber-sumber air tawar yang mengalami kontaminasi. Pada akhirnya volume air semakin berkurang dan kualitas air semakin menurun menjadi isu permasalahan di kota-kota besar maupun pedesaan. Mencari sumber-sumber air baru dan mengembangkan teknologi untuk pengadaan air guna memenuhi kebutuhan masyarakat kota telah menjadi isu global (Raeny Tenriola Idrus et al., 2024)

Perkembangan sektor perumahan dan pemukiman menuntut adanya pembangunan infrastruktur dasar pelayanan publik yang lebih baik. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pelayanan prasarana lingkungan seperti infrastruktur air bersih dan sistem sanitasi. Hal ini termasuk jumlah air limbah domestik yang dihasilkan dari setiap rumah. Dampak dari air limbah domestik yang tidak

tertangani juga akan berdampak pada kesehatan lingkungan(Wulandari & Retno, 2014)

Jenis limbah cair yang dihasilkan terbagi menjadi dua jenis. Dua jenis limbah tersebut adalah blackwater dan greywater. Blackwater merupakan limbah yang berasal dari proses pembuangan feses manusia yang diolah di septic tank sehingga tidak membutuhkan proses lebih lanjut. Selanjutnya, limbah domestik atau rumah tangga yang biasa dikenal dengan sebutan greywater merupakan limbah yang terdiri atas air bekas mandi, air cucian dan air yang berasal dari dapur(Maliga et al., 2022). pada dasarnya, limbah *grey water* mengandung lemak, rambut, kotoran dari sisa makanan, maupun sabun dan pembersih rumah tangga. Apalagi, limbah rumah tangga merupakan jenis yang paling banyak mencemari lingkungan. Greywater yang merupakan limbah domestik ini biasanya tidak diolah lebih lanjut sehingga seringkali dibuang langsung melalui selokan ataupun dibiarkan meresap ke dalam tanah.

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016, air limbah domestik terdiri dari parameter BOD, TSS, pH, lemak dan minyak, amonia total dan total koliform. yang apabila keseluruhan parameter tersebut dibuang langsung ke badan penerima, maka akan mengakibatkan pencemaran air. Oleh karena itu sebelum dibuang ke badan penerima air, terlebih dahulu harus diolah sehingga dapat memenuhi standar air yang baik.

Sisa buangan rumah tangga pada awalnya tidak menimbulkan masalah karena dapat dibuang ke lingkungan dengan aman. Hal ini dimungkinkan karena jumlah dan kadar limbah yang dibuang relatif kecil, sehingga lingkungan masih dapat menetralsirnya secara alami (Artiyani dan Firmansyah, 2016). Namun apabila limbah terus dibuang ke lingkungan dalam skala yang besar, maka akan menimbulkan permasalahan yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan hidup (Fitriani et al., 2024). Selain itu, bahan organik yang terkandung dalam limbah domestik juga dapat menyebabkan perubahan warna, rasa dan bau yang tidak sedap. Sehingga perlu dilakukannya pengolahan limbah domestik agar tidak berdampak pada penurunan kualitas lingkungan itu sendiri.

Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan lebih lanjut untuk limbah grey water agar tidak mencemari air maupun tanah. Pengolahan greywater, jika diterapkan dengan benar, dapat menghemat hingga 30-50% dari penggunaan air bersih di rumah tangga. Hal ini tidak hanya membantu menghemat air bersih tetapi juga mendukung pelestarian sumber daya air, terutama di wilayah yang rawan kekeringan atau kekurangan air.

Greywater dapat dimanfaatkan sebagai sumber air alternatif guna mengatasi defisit air. Hasil olahan greywater dapat dimanfaatkan untuk keperluan non-potable seperti menyiram tanaman, membilas toilet, mencuci kendaraan, dan kebutuhan outdoor lain. Pemilihan teknologi pengolahan tergantung pada tujuan pemanfaatan hasil olahan, biaya, dan lahan yang tersedia. Manfaat lain dari pengolahan greywater adalah mengurangi volume limbah cair yang masuk ke sistem drainase kota dan menciptakan ekologi sanitasi kota yang berkelanjutan (Qomariyah et al., 2016).

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

Media filtrasi seperti sabut kelapa, karbon aktif, zeolit, dan pasir silika telah dikenal luas dalam proses penyaringan air limbah. Sabut kelapa, misalnya, merupakan bahan organik yang memiliki porositas tinggi dan kemampuan untuk menyerap polutan organik, yang sangat berguna dalam penurunan BOD dan COD. Karbon aktif, dengan struktur mikro porinya, efektif menyerap senyawa organik dan bau. Zeolit, sebagai mineral alami, memiliki kemampuan untuk menyerap amonia dan logam berat, sedangkan pasir silika sering digunakan untuk menyaring TSS dan mengurangi kekeruhan dalam air.

Kombinasi berbagai media filtrasi ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih efektif dan efisien dalam mengolah air limbah rumah tangga. Dengan

memanfaatkan karakteristik fisik dan kimia dari setiap media, proses filtrasi dapat meningkatkan kualitas air, menurunkan polutan, dan menjadikannya aman untuk digunakan kembali atau dibuang ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi media sabut kelapa, karbon aktif, zeolit, dan pasir silika dalam menurunkan kekeruhan, BOD, COD, TSS, dan amonia pada air limbah rumah tangga.

Penelitian ini akan dilaksanakan di Majene, Provinsi Sulawesi Barat, yang merupakan daerah dengan potensi besar dalam mengembangkan solusi pengelolaan air limbah berbasis bahan alami. Kondisi geografis dan demografis Majene yang memiliki sejumlah permasalahan terkait pencemaran air, serta keterbatasan infrastruktur pengolahan limbah, menjadikan daerah ini sebagai lokasi yang tepat untuk menerapkan teknologi filtrasi yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan konfigurasi media filtrasi yang optimal, yang tidak hanya efektif dalam mengurangi pencemaran air tetapi juga ramah lingkungan dan ekonomis, sehingga dapat diterapkan dalam skala rumah tangga untuk meningkatkan kualitas lingkungan di Majene dan daerah sekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang sudah ada, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

- 1.2.1 Bagaimana kandungan greywater sebelum dan setelah melalui proses filtrasi.
- 1.2.2 Bagaimana efektivitas sistem filtrasi vertikal dengan metode aliran bawah (downflow) dalam menurunkan parameter pencemar air limbah greywater seperti BOD, COD, TSS, pH dan amonia
- 1.2.3 Bagaimana standar kualitas air yang dihasilkan serta klasifikasi termasuk kelas berapa.

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Mengetahui kandungan greywater sebelum dan setelah melalui proses filtrasi.
- 1.3.2 Mengetahui efektivitas sistem filtrasi vertikal dengan metode aliran bawah (downflow) dalam menurunkan parameter pencemar air limbah greywater seperti BOD, COD, TSS, pH dan amonia
- 1.3.3 Mengetahui standar kualitas air yang dihasilkan serta klasifikasi termasuk kelas berapa.

1.4 Batasan Masalah

Dalam hal ini, perlu direncanakan batasan masalah yang terdiri dari :

- 1.4.1 Pengambilan Sampel limbah hanya pada satu lokasi saja
- 1.4.2 Parameter uji yang digunakan untuk mengetahui efektivitas proses adalah 5 Parameter baku mutu air yaitu, pH, BOD, COD, amonia dan TSS.
- 1.4.3 Penggunaan media filtrasi serat sabut kelapa tidak dilakukan pemadatan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Dimana masyarakat bermukim, disanalah berbagai jenis limbah akan dihasilkan. Ada sampah, ada air kakus (black water), dan ada air buangan dari berbagai aktivitas domestik lainnya (grey water). Limbah padat lebih dikenal sebagai sampah, yang seringkali tidak dikehendaki kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia Senyawa organik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah(Novilyansa et al., 2020)

Air limbah adalah sisa buangan yang berasal dari kegiatan rumah tangga, industri maupun tempat umum lain yang mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia dan organisme lain, serta dapat mengganggu kelestarian lingkungan (Rika Widianita, 2023). Sedangkan air limbah rumah tangga merupakan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga seperti bekas mandi, mencuci, memasak, serta buang air. Air limbah dikelompokkan menjadi dua, yaitu grey water dan black water. Grey water merupakan air yang berasal dari bekas mencuci dan dari kamar mandi sedangkan black water air yang sudah terkena kotoran dan berpotensi mengandung patogen. Limbah domestik juga merupakan sumber kontaminan pada badan air (sungai, danau, laut dan sebagainya). Sedangkan air limbah rumah tangga merupakan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga seperti bekas mandi, mencuci, memasak, serta buang air. Air limbah dikelompokkan menjadi dua, yaitu grey water dan black water. Grey water merupakan air yang berasal dari bekas mencuci dan dari kamar mandi sedangkan black water air yang sudah terkena kotoran dan berpotensi mengandung patogen. Limbah domestik juga merupakan sumber

kontaminan pada badan air (sungai, danau, laut dan sebagainya) (Mubin dkk., 2016). Tabel 4.1 menunjukkan standar baku mutu pada parameter pH, COD, TSS yang berpacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan republik Indonesia Nomor: P. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik dan parameter kekeruhan yang berpacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum.

2.2 Sumber Air Limbah

Sumber air limbah yang mencemari lingkungan berasal dari berbagai aktivitas manusia dan kemajuan teknologi. Menurut Kusnoputranto (1986), sumber-sumber air limbah ini dapat dibedakan menjadi tiga kategori utama:

- a. Air Limbah Rumah Tangga (Domestic Wastewater), Air limbah dari permukiman atau rumah tangga ini biasanya terdiri dari tinja dan urin, air bekas cucian dapur, dan kamar mandi. Komposisi air limbah rumah tangga umumnya didominasi oleh bahan organik.
- b. Air Limbah Kota praja(Municipal Wastewater), Air ini berasal dari wilayah perkotaan, perdagangan, sekolah, tempat ibadah, dan tempat- tempat umum semacam hotel, restoran, serta sejenisnya. Air limbah kotapraja mempunyai karakteristik yang bermacam- macam serta umumnya lebih rumit daripada air limbah rumah tangga. Limbah.
- c. Air Limbah Industri, Air limbah industri berasal dari bermacam tipe industri serta dihasilkan sepanjang proses produksi. Air limbah industri cenderung lebih sulit dalam pengolahannya karena dapat mengandung berbagai zat kimia dan kontaminan yang bervariasi tergantung pada jenis industri yang menghasilkannya.

2.3 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah cairan atau limbah yang mengandung zat cair yang berasal dari rumah tangga bersamaan dengan air tanah. Limbah cair ini terdiri

dari berbagai sumber, seperti air cucian piring, air mandi, dan air limbah dari mesin cuci. Limbah domestik adalah salah satu sumber kontaminasi bagi badan air seperti sungai, danau, laut, dan sebagainya.

Limbah cair adalah limbah yang mempunyai sifat cair dimana komposisinya terdiri atas 99,9% air dan sisanya bahan padat (Ramadhanur & Sari, 2015). Selanjutnya dinyatakan bahwa limbah Domestik cair terdiri atas buangan 11 kamar mandi, dapur, tempat cucian, unsurunsur yang terdapat didalamnya merupakan unsur yang sangat kompleks.

Menurut Nurmayanti (2002) campuran rumit yang terdapat dalam kotoran ini terdiri dari zat-zat batuan mineral dan organik dalam bentuk partikel-partikel besar dan kecil, benda padat sisa bahan-bahan bahan-bahan larutan dalam keadaan terapung, terapung, bentuk koloid dan setengah koloid. Secara lengkap disebutkan oleh Dix (1981) bahwa limbah cair terdiri atas 99,9% bentuk cair yang meliputi bahan organik, anorganik, padatan tersuspensi, tersuspensi, koloida, koloida, padatan terlarut terlarut dan mikroorganisme. mikroorganisme. Bahan organik meliputi kertas, tinja, urin, sabun, lemak, deterjen dan sisa makanan. Sedang bahan anorganik, seperti amonia dan garamgaram amonium yang antara lain merupakan derivat dari dekomposisi tinja, urin dan nitrat. Sisa dari bentuk cair tersebut adalah berupa bahan bentuk cair tersebut adalah berupa bahan padat (0,1%) yang terdiri atas bahan organik dan bahan anorganik. Bahan organik tersusun dari protein (65%), karbohidrat (25%) dan lemak (10%). Kadang-kadang dapat berupa pestisida, phenol, deterjen deterjen dan bahan lainnya. Bahan anorganik tersusun tersusun atas butiran butiran dan garam metal. Selain itu dapat berupa klorida, logam berat, nitrogen, fosfor, belerang dan B3. Pada limbah cair yang sedang dalam proses pembusukan terdapat gas-gas hidrogen sulfida dan metan (Nurmayanti, 2002). Zat kimia dapat diklasifikasikan menjadi bahan organik yang jika jumlah dan jenis bahan organik semakin organik semakin banyak, akan mempersulit ersulit dalam pengolahan limbah, dalam pengolahan limbah, sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh

mikroorg beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (Sugiharto, 1987).

Ketentuan air limbah domestik diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah parameter kekeruhan yang berpacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum. Baku mutu air limbah domestik adalah ukiuran batas atau kadar unsur pencemaran dan atau jumlah unsur pencemar yang tenggang keberadaanya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha atau kegiatan. berikut adalah baku mutu air limbah domestik.

Tabel 2.1 *Baku Mutu Air Limbah*

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TTS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100mL	3000

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No.P.68/menlhk/setjen/kim.1/8/2016

2.3.1 Karakteristik Limbah Domestik

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

a. Karakteristik Kimia

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

b. Karakteristik Fisika

Berikut adalah beberapa karakteristik fisika pada limbah cair, diantaranya

- 1) Bau, dihasilkan dari zat kimia yang tercampur di udara pada proses perusakan susunan jaringan materi pada limbah sehingga dihasilkan bau.
- 2) Suhu, sangat berperan penting dalam aktivitas yang terjadi dalam air limbah laju reaksi, reaksi kimia dan organisme air, oleh karena itu kestabilan suhu sangat berpengaruh pada perkembangan mikroorganisme di dalam limbah cair.
- 3) Warna, limbah yang berwarna abu-abu bahkan kehitaman disebabkan kondisi anaerob dan waktu yang meningkat
- 4) Total Suspended Solid, tanah dan lumpur yang ada di dalam air limbah merupakan padatan total yang tertahan akibat saringan dan ukuran tertentu.
- 5) Total Solid, pendakalan yang terjadi di dasar air dikarenakan bahan organik dan anorganik merupakan komponen yang menyebabkan mengendap di dasar air atau terlarut tersuspensi.
- 6) Turbiditas, zat padat tersuspensi yang disebabkan oleh kekeruhan atau turbiditas, baik anorganik maupun organik membatasi pencahayaan kedalam air serta menunjukkan sifat optis air.

c. Karakteristik Biologi

Adanya mikroorganisme yang terdapat di dalam limbah cair merupakan parameter yang diukur untuk menentukan karakteristik biologi, mikroorganisme tersebut akan ditransformasikan menjadi senyawa baru dengan memanfaatkan bahan organik yang terdapat pada limbah tersebut

2.3.2 Jenis -Jenis Limbah Domestik

Air limbah domestik dapat dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu air limbah yang mengandung air buangan tubuh manusia, seperti tinja dan urine (blackwater) dan air limbah yang berasal dari kamar mandi, mencakup air bekas cuci tangan, air cucian kamar mandi, dan air cucian baju (greywater) (Throriq & Ni'am, 2021).

a. Blackwater

Blackwater adalah jenis air limbah domestik yang berasal dari toilet, urinoir, dan bidet. Pengolahan blackwater biasanya melibatkan penggunaan septik tank, yang memiliki efisiensi pengolahan sekitar 65%. Namun, hanya sekitar 22,5% dari total beban polutan organik yang dapat dihilangkan, sedangkan 77,5% sisanya masih terbuang ke lingkungan. Menurut (Sembel, 2015), Blackwater yang mencemari lingkungan dapat mengandung berbagai zat berbahaya, termasuk:

- 1) Mikroba: Blackwater dapat mengandung mikroba berbahaya seperti *Salmonella typhi* yang menyebabkan demam tifus, *Vibrio cholerae* penyebab kolera, hepatitis A, dan virus penyebab polio. Tinja manusia dapat mengandung puluhan miliar mikroba, termasuk bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*).
- 2) Materi organik dalam bentuk sisa dan ampas makanan yang tidak tercerna mencakup karbohidrat, enzim, lemak, mikroba, dan sel-sel mati. Satu liter tinja mengandung materi organik yang setara dengan 200-300 mg BOD₅ (kebutuhan oksigen biokimia dalam lima hari). Kandungan BOD yang tinggi ini dapat menyebabkan air mengeluarkan bau tak sedap dan berwarna hitam.
- 3) Telur Cacing: Blackwater juga dapat mengandung telur cacing, yang dapat disebabkan oleh cacing cambuk dan cacing gelang.
- 4) Nutrien: Umumnya, blackwater mengandung senyawa nitrogen (N) dan fosfor (P) yang dibawa oleh sisa-sisa protein dan sel-sel mati. Nutrien ini dapat menyebabkan masalah eutrofikasi dalam lingkungan air, yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan.

b. GreyWater

Greywater didefinisikan sebagai air limbah tanpa kontribusi apa pun dari air toilet (Ummah, 2019). Ini dianggap sebagai air limbah bervolume tinggi dan berkekuatan rendah dengan potensi tinggi untuk digunakan kembali dan digunakan. Komposisi greywater bervariasi dan bergantung pada gaya hidup,

perlengkapan dan kondisi iklim (Abedin dan Rakib, 2013 dalam Oteng-Pepurah, 2018). Jumlah greywater yang diproduksi dalam suatu rumah tangga bisa sangat bervariasi, mulai dari 15 L per orang per hari di daerah miskin hingga beberapa ratus per orang per hari. Faktor-faktor yang menyebabkan kesenjangan yang begitu besar antara lain disebabkan oleh lokasi geografis, gaya hidup, kondisi iklim, jenis infrastruktur, budaya dan kebiasaan. Greywater menyumbang hingga 75% volume air limbah yang dihasilkan rumah tangga, dan jumlah ini dapat meningkat hingga sekitar 90% jika toilet kering digunakan (Hernandez Leal dkk, 2010, dalam OtengPepurah, 2018). Diperkirakan juga bahwa produksi greywater menyumbang sekitar 69% dari konsumsi air domestik (Jamrah dkk, 2011, dalam Oteng-Pepurah, 2018).

Komposisi greywater bervariasi, dan sebagian besar mencerminkan gaya hidup serta jenis dan pilihan bahan kimia yang digunakan untuk mencuci, membersihkan, dan mandi. Kualitas pasokan air dan jenis jaringan distribusi juga mempengaruhi karakteristik greywater. Akan terdapat variasi yang signifikan dalam komposisi greywater baik di tempat maupun waktu yang mungkin disebabkan oleh variasi penggunaan air sehubungan dengan kuantitas yang dibuang. Komposisi tersebut juga dapat dipengaruhi oleh degradasi kimia dan biologi beberapa senyawa dalam jaringan transportasi dan penyimpanan. Umumnya, greywater mengandung konsentrasi tinggi bahan organik yang mudah terurai secara hayati dan beberapa unsur dasar yang sebagian besar dihasilkan dari rumah tangga. Bahan-bahan tersebut termasuk unsur hara seperti nitrat dan semua turunannya, fosfor dan turunannya, namun yang lain termasuk senyawa organik xenobiotik (XOCs) (FattaKassinis dkk, 2011, dalam Oteng-Pepurah, 2018) dan mikroba biologis seperti koliform feces, salmonella, dan unsur hidrokimia umum. Namun penelitian terbaru menemukan obat-obatan, produk kesehatan dan kecantikan, aerosol, pigmen logam berat beracun seperti Pb, Ni Cd, Cu, Hg dan Cr (Eriksson dkk, 2010, dalam OtengPepurah, 2018) dalam konsentrasi yang cukup besar dalam greywater. Kehadiran kontaminan ini dalam

greywater merupakan indikasi peningkatan bertahap dalam tingkat kompleksitas komposisi greywater.

1) Karakteristik Kimia

Untuk mengidentifikasi berbagai kandungan kimia dalam greywater, penting untuk memahami sumber kontaminan. Kandungan kimia yang signifikan dalam greywater berasal dari bahan kimia yang digunakan untuk keperluan pembersihan, 11 memasak, dan mandi. pH dalam greywater sangat bergantung pada pH dan alkalinitas dalam persediaan air dan biasanya berada dalam kisaran 5–9. Greywater yang sebagian besar sumbernya berasal dari laundry umumnya akan menunjukkan pH tinggi karena adanya bahan alkali yang digunakan dalam deterjen. Kandungan kimia utama yang terdapat pada greywater yang dihasilkan dari kegiatan pembersihan atau pencucian adalah surfaktan. Surfaktan ini berfungsi sebagai bahan aktif utama pada sebagian besar produk pembersih. Bahan-bahan tersebut dapat bersifat kationik atau anionik dan sebagian besar produk pembersih dan laundry bersifat anionik (Jakobi dan Lohr, 1987, dalam Oteng-Pepurah, 2018).

Surfaktan kationik umumnya berbahan dasar garam, dan merupakan sumber amonium dalam greywater. Konstituen lain yang ditemukan dalam greywater juga mencakup nitrat dan fosfat yang masing-masing dilaporkan berasal dari amonium dan surfaktan kationik serta disinfektan cucian (Eriksson dkk, 2002, dalam Oteng-Pepurah, 2018). Kandungan lain seperti natrium yang juga berasal dari kegiatan memasak dan pengawetan di dapur juga ditemukan dalam jumlah yang cukup besar. Sabun berbahan dasar natrium juga menyumbangkan sejumlah besar natrium ke dalam greywater. Aditif lain seperti bahan pembangun mengendalikan kesadahan air dalam deterjen dan juga berfungsi sebagai sumber utama kontaminan fosfat dalam air abu-abu (Lange, 1994, dalam Oteng-Pepurah, 2018). Nutrisi seperti N dan P berhubungan dengan aktivitas dapur dan laundry. Sumber greywater dengan konsentrasi nutrisi tinggi sebagian besar berasal dari sebagian besar sumber dapur dan laundry (Boyjoo dkk, 2013, dalam Oteng-Pepurah, 2018).

Limbah dapur merupakan sumber utama nitrogen dalam greywater dengan kadar antara 4 dan 74 mg/L, sedangkan deterjen pencuci merupakan sumber utama fosfat yang ditemukan dalam grey water yang juga berkisar antara 4 dan 14 mg/L (Boyjoo dkk, 2013, dalam Oteng-Pepurah, 2018).

2) Karakteristik Fisik

Ini adalah konstituen yang terkait dengan tampilan fisik greywater, antara lain suhu, kekeruhan, konduktivitas listrik, dan padatan tersuspensi. Greywater biasanya memiliki kisaran suhu antara 18 dan 35 °C, dan suhu yang agak tinggi mungkin berasal dari air hangat yang digunakan untuk kebersihan pribadi dan aktivitas memasak. Temperatur yang tinggi ini dapat mendukung pertumbuhan mikrobiologi yang tidak diinginkan dan juga dapat menyebabkan pengendapan karbonat tertentu seperti CaCO_3 dan garam anorganik lainnya yang menjadi kurang larut pada temperatur tinggi. Konsentrasi total padatan tersuspensi dalam greywater dapat berkisar antara 190–537 mg/L seperti yang telah dilaporkan (Oteng-Pepurah dkk, 2018).

Greywater yang sebagian besar airnya berasal dari dapur dan laundry menyumbang nilai total padatan tersuspensi (TSS) yang relatif tinggi, dan hal ini mungkin disebabkan oleh pencucian pakaian, sepatu, sayuran, buah-buahan, umbi-umbian dan banyak lainnya yang mungkin mengandung pasir, tanah liat dan bahan lain yang dapat meningkatkan TSS. Kisaran konduktivitas listrik yang tercatat dalam greywater adalah antara 14 dan 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ciabatti dkk, 2009, dalam Oteng-Pepurah, 2018). Sumber air tanah dan daerah yang kekurangan air sebagian besar terkait dengan konduktivitas listrik yang tinggi karena bahan terlarut. Bahan pipa yang buruk atau tua juga berkontribusi terhadap peningkatan konduktivitas listrik akibat pencucian ke sumber air abu-abu. Kisaran kekeruhan greywater yang tercatat adalah antara 19 hingga 444 NTU dan sebagian besar dipengaruhi oleh aktivitas penggunaan air. Greywater yang sebagian besar sumbernya berasal dari dapur dan laundry diperkirakan akan menjadi lebih keruh karena adanya bahan tersuspensi

3) Karakteristik Biologi

Greywater mengandung mikroorganisme seperti bakteri, protozoa, dan cacing yang masuk ke dalamnya melalui kontak tubuh. Penanganan makanan yang tidak tepat di dapur dan penanganan langsung makanan yang terkontaminasi telah diidentifikasi sebagai sumber bakteri patogen enterik seperti *Salmonella* dan *Campylobacter* ke dalam greywater (Maimon dkk, 2014, dalam Oteng-Pepurah, 13 2018). Kontaminasi feses juga umum terjadi pada greywater dan sebagian besar disebabkan oleh buruknya kebersihan pribadi dan pembuangan greywater yang berisi popok yang sudah dicuci. *Escherichia coli* patogen dan virus enterik telah terdeteksi dalam greywater dan sebagian besar airnya berasal dari sumber cucian selama program pemantauan mikroba di Melbourne Australia (O'Toole dkk, 2012, dalam Oteng-Pepurah, 2018). Dalam penelitian ini, 18% sampel mengandung virus enterik, 7% enterovirus, dan 11% *E. coli*. Indikator yang paling umum digunakan untuk menilai kontaminasi feses adalah bakteri coliform dan *E. coli*. Penelitian lain telah mengidentifikasi lebih lanjut sejumlah patogen dalam greywater, dan ini adalah *Pseudomonas*, *Legionella* (Birks dkk, 2004, dalam Oteng-Pepurah, 2018), *Giardia* (Birks dan Hills, 2007, dalam Oteng-Pepurah, 2018), *Cryptosporidium* (Birks dkk, 2004, dalam Oteng-Pepurah, 2018) dan *Staphylococcus aureus* (Shoults dan Ashbolt, 2017, dalam Oteng-Pepurah, 2018) dalam greywater.

Tabel 2.2 *Karakteristik Biologis Greywater*

Mikroba	Konsentrasi	Sumber
Total coliforms (counts/100 mL)	1.2×10^3 – 8.2×10^8	(Alsulaili dkk, 2017; Dwumfour-Asare dkk, 2017; Mandal dkk, 2011; Masi dkk, 2010, dalam Oteng-Pepurah, 2018)
<i>E. coli</i>	Up to 6.5×10^6	(Atanasova dkk, 2017; Friedler dkk, 2006a; Khalaphallah and Andres, 2012;

		Kim dkk, 2009; Oteng-Pepurah dkk, 2018; Paulo dkk, 2009, dalam Oteng-Pepurah, 2018)
Faecal coliforms	Up to 1×10^6	(Halalsheh dkk, 2008; Mandal dkk, 2011; Masi dkk, 2010, dalam Oteng-Pepurah, 2018)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1.4×10^4	(Benami dkk, 2015a); Khalaphallah and Andres, 2012, dalam Oteng-Pepurah, 2018)
<i>Staphylococcus aureus</i>	1.2×10^2 – 1.8×10^3	(Benami dkk, 2015b; Kim dkk, 2009; Maimon dkk, 2014); Shoults and Ashbolt, 2017, dalam Oteng-Pepurah, 2018)
<i>Salmonella typhi</i>	5.4×10^3	(Kim dkk, 2009, dalam Oteng-Pepurah, 2018)

2.3.3 Dampak Limbah Domestik pada air tanah

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energy dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Sumber pencemar yang paling umum berasal dari limbah industri, pertanian dan permukiman. Ketika sumber-sumber air tersebut tercemar maka berbagai kegiatan manusia yang membutuhkan air seperti untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan sebenarnya berpotensi sebagai objek wisata akan terganggu. Dari sekian banyak sumber air yang ada, air tanah merupakan sumber air yang sangat perlu untuk dijaga kualitasnya, karena kebanyakan masyarakat menggunakan air tanah yang berasal dari sumur gali atau sumur bor untuk

kebutuhan sehari-hari seperti, untuk air minum, mengolah makanan, dan lain sebagainya (Priangga, 2013).

Pencemaran air tanah adalah suatu keadaan dimana air tanah tersebut telah mengalami penyimpangan dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air (Wardhana, 1995). Ketika limbah cair dibuang ke tanah, partikel tanah berfungsi sebagai filter, mencegah kandungan limbah yang berukuran besar dan meloloskan cairan untuk meresap ke dalam tanah. Zat berbahaya yang terlarut dalam air ikut meresap ke dalam tanah mencemari air tanah yang ada. Beberapa sumber pencemaran air tanah adalah seperti limbah yang berasal dari kegiatan-kegiatan industri baik yang bersifat padat atau pun cair, karena limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri ini jika tidak ditangani dengan tepat akan sangat berbahaya bagi lingkungan, terutama kualitas air tanah (Ginting, 2007), limbah yang berasal dari kegiatan perikanan dan pertanian juga berpotensi untuk mencemari air tanah, dan yang paling sering terjadi di daerah pemukiman penduduk adalah pembuangan limbah domestik yang tidak sesuai dengan aturan sanitasi yang benar

2.3.4 kriteria Mutu Air berdasarkan Kelas

Dalam lingkungan sekitar kita ada berbagai macam air, mulai dari air sungai, air laut, air danau, air hujan, air limbah, hingga air minum. Air tersebut mempunyai persamaan dan perbedaan yang dapat kita golongkan baik dari wujudnya, kualitasnya, atau sumber darimana itu berasal. Oleh karena itu pemerintah Indonesia menggolongkan mutu air menjadi 4 kelas berdasarkan fungsinya. Hal ini tertulis dalam PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Berikut adalah kelas air berdasarkan PP Nomor 82 tahun 2001

Tabel 2.3 Mutu Air Berdasarkan kelas

Jenis kelas	Kriteria peruntukkan
Kelas I	Air yang dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukkan lain memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
Kelas 2	Air yang dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukkan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
Kelas 3	Air yang digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukkan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
Kelas 4	Air yang digunakan untuk mengairi pertanian atau 19 peruntukkan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	Mg/l	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	Mg/l	50	50	50	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 500 mg/L
KIMIA						
pH	Mg/l	6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut maka ditentukan

						berdasarkan kondisi alamiah
BOD	Mg/l	2	3`	6	12	
COD	Mg/l	10	25	50	100	
DO	Mg/l	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	Mg/l	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	Mg/l	10	10	20	20	
NH ₃ N	Mg/l	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/ L sebagai NH ₃
Arsen	Mg/l	0,05	1	1	1	
Kobalt	Mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	Mg/l	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	Mg/l	1	1	1	1	
Selenium	Mg/l	0.01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	Mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	
Khrom (VI)	Mg/l	0,05	0,05	0,05	1	
Tembaga	Mg/l	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum konvesional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	Mg/l	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Timbal	Mg/l	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional , Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	Mg/l	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air raksa	Mg/l	0,001	C	0,002	0,005	

Seng	Mg/l	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Khlorida	Mg/l	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	Mg/l	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	Mg/l	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	Mg/l	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ N 1 ≤ mg/L
Sulfat	Mg/l	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	Mg/l	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipertanyakan
Belerang sebagai H ₂ S	Mg/l	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H ₂ S ≤ 0,1 mg/L
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	Jm/100 ml	100	1000	2000	200	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/ 100 Ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100 mL
Total coliform	Jm/1/100 ml	100	1000	2000	2000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	μg/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	μg/L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol sebagai fenol	μg/L	1	1	1	(-)	
BHC	μg/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Diedrin	μg/L	17	(-)	(-)	(-)	

Chlordane	$\mu\text{g/L}$	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	$\mu\text{g/L}$	2	2	2	2	
Heptachlor dan heptachlor epoxide	$\mu\text{g/L}$	118	(-)	(-)	(-)	
Lindane	$\mu\text{g/L}$	35	(-)	(-)	(-)	
Rovacapham	$\mu\text{g/L}$	5	(-)	(-)	(-)	

Sumber : PP Nomor 82 tahun 2001

2.4 Sistem Filtrasi

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

Sistem filtrasi downflow merupakan salah satu metode penyaringan air limbah yang paling sederhana dan efisien untuk diterapkan, terutama dalam skala rumah tangga atau komunitas kecil. Dalam sistem ini, air limbah dialirkan dari bagian atas suatu tabung atau kolom penyaring dan dibiarkan mengalir secara vertikal ke bawah melalui berbagai lapisan media filter. Aliran air terjadi secara alami karena pengaruh gravitasi, sehingga sistem ini tidak memerlukan bantuan pompa atau tenaga listrik, menjadikannya sangat hemat energi dan mudah diterapkan, terutama di daerah pedesaan atau daerah yang belum memiliki akses terhadap teknologi pengolahan limbah modern.

Air limbah yang dimasukkan ke bagian atas tabung akan meresap ke bawah melalui berbagai media penyaring yang disusun berlapis-lapis. Masing-masing

lapisan media memiliki peran dan fungsi tersendiri. Misalnya, lapisan sabut kelapa dapat menahan partikel besar dan bahan organik kasar; karbon aktif berfungsi untuk menyerap senyawa organik, bau, dan warna; pasir silika menyaring partikel halus dan memperbaiki kejernihan air; sementara zeolit sangat efektif dalam menyerap ion amonia serta beberapa jenis logam berat. Kombinasi berbagai media ini menciptakan proses penyaringan yang tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga kimiawi dan biologis, tergantung dari jenis kontaminan yang ada di dalam air limbah.

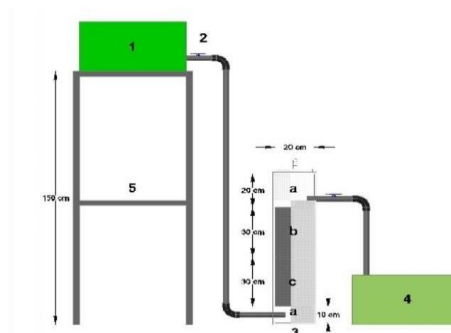
Keberhasilan sistem downflow sangat tergantung pada susunan dan ketebalan setiap media, kecepatan aliran air, dan waktu tinggal air dalam sistem. Semakin lama air berada dalam sistem dan semakin optimal kontak antara air dan media filter, maka semakin besar kemungkinan zat pencemar dapat terperangkap, diserap, atau diuraikan sebelum air keluar sebagai hasil akhir. Sistem ini sering digunakan dalam penelitian untuk menguji efektivitas media alami dan kombinasi material lokal dalam menurunkan berbagai parameter pencemar seperti BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solid), kekeruhan, amonia, dan pH.

Dalam praktiknya, sistem downflow dapat dibuat menggunakan pipa PVC vertikal berdiameter tertentu, seperti 4 inci, dan panjang sekitar 50 sampai 100 cm, tergantung kebutuhan dan konfigurasi media. Air limbah dituangkan dari bagian atas dan air bersih akan keluar melalui lubang kecil di bagian bawah tabung. Hasil filtrasi kemudian diuji untuk mengetahui penurunan konsentrasi polutan dibandingkan dengan air sebelum disaring. Melalui pendekatan ini, sistem downflow menjadi alat uji sekaligus alat filtrasi yang nyata dan aplikatif.

Metode ini sangat sesuai untuk daerah seperti Majene di Sulawesi Barat, yang memiliki potensi sumber daya alam berupa sabut kelapa serta kebutuhan akan solusi sanitasi yang murah dan efektif. Sistem ini tidak hanya berfungsi untuk memperbaiki kualitas air limbah sebelum dibuang ke lingkungan, tetapi juga dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pengelolaan limbah domestik yang berkelanjutan. Selain itu, sistem ini juga berpotensi untuk

dimodifikasi dan dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem yang lebih besar atau lebih kompleks jika dibutuhkan, misalnya dengan menambahkan tahap-tahap filtrasi lanjutan atau disinfeksi.

Dengan demikian, sistem filtrasi downflow tidak hanya menjadi alat penyaring sederhana, tetapi juga bagian penting dari upaya perbaikan lingkungan hidup melalui pendekatan teknologi tepat guna yang mudah diadopsi oleh masyarakat.



Gambar 2.1 Reaktor filtrasi Upflow

2.5 Media Filter

2.5.1 Karbon aktif

Activated carbon atau Karbon aktif adalah hasil aktivasi dari arang, yang menghasilkan karbon dengan pori-pori yang lebih terbuka, melalui proses fisik dan kimia. Pembuatan karbon aktif melibatkan pembakaran tanpa oksigen. Jika pembakaran menggunakan oksigen, arang hanya akan menjadi abu, dan pori-porinya tidak akan terbuka. Hal ini memungkinkan karbon aktif untuk menyerap zat dalam larutan dan udara. Karbon aktif digunakan sebagai adsorben karena memiliki kemampuan adsorpsi.

Karbon aktif digunakan sebagai adsorben untuk menangkap greywater, yang umumnya mengandung bahan organik. Proses adsorpsi adalah metode pengolahan limbah sederhana yang umum digunakan untuk mengatasi limbah organik. Namun, dalam proses adsorpsi terdapat kelemahan, yaitu perlunya meregenerasi adsorben ketika telah jenuh dengan senyawa organik. Selain itu, polutan organik yang telah diadsorpsi pada adsorben tetap berbahaya karena tidak dapat terdegradasi menjadi senyawa lain seperti CO_2 dan H_2O . (Slamet dkk, 2006). Pori-pori dalam karbon

aktif memiliki berbagai bentuk dan ukuran yang tidak teratur, dengan ukuran pori berkisar antara 10-10.000 Å.

Pori-pori ini mampu menangkap partikel-partikel sangat halus (molekul). Semakin banyak zat yang diadsorpsi, pori-pori akhirnya akan jenuh, sehingga karbon aktif tidak berfungsi lagi. Namun, karbon aktif yang sudah jenuh dapat direaktivasi, meskipun seringkali direkomendasikan untuk penggunaan sekali pakai. Dalam pengolahan limbah cair, karbon aktif juga digunakan untuk menghilangkan bahan organik dan anorganik. (Sujarwo, 2007).

Menurut Pratama (2008), activated carbon mempunyai daya jerap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum mengalami proses aktivasi serta mempunyai permukaan yang luas yaitu 300 – 2000 m²/gram. Luasnya permukaan activated carbon disebabkan adanya rongga pada karbon akibat proses aktivasi sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada di dalam suatu larutan.

Penggunaan karbon aktif dalam pengolahan air telah berkembang pesat. Biasanya, karbon aktif digunakan sebagai langkah lanjutan setelah pengolahan fisik atau biologis. Karbon aktif digunakan untuk mengurangi kadar bahan organik terlarut dalam air, dan dengan kontakannya dengan air, partikel-partikel juga dapat dihilangkan. Proses adsorpsi tersebut memungkinkan zat-zat terlarut dalam air terserap pada permukaan karbon aktif, meningkatkan kualitas air yang dihasilkan.. Karbon aktif menjadi salah satu alternatif teknologi yang populer dalam pengolahan limbah bukan hanya karena efektivitasnya dalam mengurangi pencemar, melainkan juga karena keunggulan-keunggulan seperti kemudahan dalam penggunaan serta biaya yang relatif murah dalam perawatannya. (Chrisafitri, 2012).

Kontaminan dalam air terserap oleh karbon aktif karena daya tariknya lebih kuat daripada daya yang menahan zat-zat tersebut dalam larutan. Senyawa yang mudah terserap oleh karbon aktif biasanya memiliki kelarutan yang lebih rendah daripada karbon aktif. Kontaminan dapat masuk ke dalam pori-pori karbon aktif dan terakumulasi di dalamnya jika ukuran pori kontaminan lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori karbon aktif. Karbon aktif juga memiliki sifat

sebagai adsorben zat organik dalam limbah, sehingga mampu mengurangi kadar warna dan BOD. (Setiawan, 2007).

2.5.2 Sabut Kelapa

Serat sabut kelapa merupakan salah satu limbah pertanian yang banyak ditemukan di daerah tropis, khususnya di negara-negara penghasil kelapa seperti Indonesia. Meskipun sering dianggap sebagai limbah, sabut kelapa memiliki kandungan kimia dan struktur fisik yang menjadikannya sangat berguna, salah satunya dalam aplikasi lingkungan seperti penyaringan atau filtrasi air limbah rumah tangga.

Kandungan utama dalam serat sabut kelapa adalah lignin dan selulosa. Lignin adalah senyawa kompleks yang membuat serat menjadi kuat dan tahan terhadap degradasi biologis, terutama dalam kondisi lembap atau basah. Kandungan lignin yang tinggi (sekitar 40–45%) menjadikan sabut kelapa tahan lama ketika digunakan dalam media basah seperti filter air. Di samping itu, serat ini juga mengandung selulosa dalam jumlah yang cukup besar (sekitar 35–40%), yang berperan dalam memberikan struktur dasar dan kekuatan tarik pada serat. Selain itu, terdapat juga hemiselulosa dan pektin, meskipun dalam jumlah yang lebih kecil, yang turut memberikan daya serap air serta membantu dalam proses ikatan antarserat. Kandungan mineral dan abu dalam jumlah kecil turut melengkapi komposisi kimia sabut kelapa, namun bukan komponen utama.

Dengan kandungan tersebut, sabut kelapa memiliki sifat-sifat fungsional yang sangat berguna dalam proses filtrasi air limbah. Salah satu manfaat utamanya adalah sebagai media penyaring partikel fisik. Struktur serat yang berongga dan berserat kasar mampu menjerat partikel-partikel padat tersuspensi dalam air, seperti lemak, kotoran, dan sedimen halus. Ini sangat penting dalam tahap awal penyaringan air limbah rumah tangga, di mana kontaminan fisik harus dipisahkan terlebih dahulu sebelum proses pengolahan lanjutan.

Selain berfungsi sebagai penyaring fisik, sabut kelapa juga berperan dalam proses adsorpsi zat terlarut. Permukaan seratnya yang luas serta kandungan lignoselulosa membuatnya mampu menyerap berbagai zat pencemar, seperti

senyawa organik, logam berat, bahkan pewarna dari air limbah domestik. Kemampuan adsorpsi ini sangat membantu dalam menurunkan parameter pencemar air seperti BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), dan TSS (Total Suspended Solids). Artinya, serat sabut kelapa tidak hanya menyaring secara mekanik, tetapi juga secara kimiawi menyerap berbagai senyawa pencemar.

Lebih jauh lagi, sabut kelapa juga menyediakan media yang ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme. Permukaan yang tidak rata dan struktur berseratnya menjadi tempat ideal bagi biofilm mikroba untuk berkembang. Mikroorganisme ini kemudian akan membantu menguraikan zat-zat organik dalam air limbah melalui proses bioremediasi. Dengan demikian, sabut kelapa tidak hanya berfungsi secara pasif sebagai penyaring, tetapi juga secara aktif mendukung proses pembersihan biologis.

Manfaat lainnya yang tak kalah penting adalah keberlanjutan dan keramahan lingkungan dari bahan ini. Sabut kelapa merupakan bahan organik yang dapat terurai secara hayati. Ini membuatnya menjadi alternatif yang jauh lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan-bahan filter sintetis yang sulit terurai. Selain itu, karena berasal dari limbah pertanian, serat ini sangat murah, melimpah, dan mudah diperoleh, terutama di daerah pedesaan atau wilayah penghasil kelapa. Penggunaan sabut kelapa juga turut mendukung ekonomi sirkular, di mana limbah pertanian dimanfaatkan kembali menjadi produk yang berguna untuk lingkungan.

Dalam konteks rumah tangga, serat sabut kelapa bisa digunakan sebagai bagian dari sistem filter sederhana. Biasanya, sabut kelapa ditempatkan sebagai salah satu lapisan dalam filter yang terdiri dari beberapa media seperti kerikil, pasir, arang aktif, dan sabut kelapa itu sendiri. Dalam sistem ini, sabut kelapa biasanya diletakkan di tengah atau setelah lapisan pasir, berfungsi untuk menangkap partikel halus dan mendukung aktivitas biologis penyaring alami.

Dengan segala kelebihan tersebut, tidak mengherankan jika sabut kelapa mulai dilirik sebagai solusi alami dan berkelanjutan untuk pengolahan air limbah, baik dalam skala rumah tangga maupun komunitas kecil. Penggunaannya tidak

hanya berkontribusi pada pengurangan limbah pertanian, tetapi juga meningkatkan kualitas air dan kesehatan lingkungan secara umum.

Serat sabut kelapa memiliki kemampuan filtrasi limbah cair rumah makan dengan menurunkan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) (Amira.et.al.,2022). Selain itu serat sabut kelapa juga dapat menurunkan kadar logam pada air limbah, seperti kadmium, besi, dan tembaga (Pinandari.et.al.,2011).

2.5.3 Zeolit

Zeolit adalah sebuah material serbaguna yang telah diterapkan dalam berbagai bidang. Zeolit digunakan sebagai adsorben, penukar ion, dan juga berfungsi sebagai katalis. Zeolit batuan merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumina silika tetrahidrat yang memiliki struktur kerangka tiga dimensi. Struktur ini dibentuk oleh tetrahedral (SiO_4)- dan (AlO_4) yang saling terhubung melalui atom-atom oksigen, membentuk kerangka tiga dimensi yang terbuka. Kerangka ini mengandung kanal kanal dan rongga-rongga yang diisi oleh ion-ion logam, biasanya logam alkali atau alkali tanah, serta molekul air yang dapat bergerak bebas di dalamnya (Akhir & Nugroho, 2023). Zeolit juga dapat dijelaskan sebagai mineral yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu kation yang dapat dipertukarkan, kerangka alumina silikat, dan air (Hamdan, 1992).

Zeolit memiliki sifat-sifat unik ini yang menjadikannya bahan yang berguna dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan adsorpsi, penukar ion, dan katalis dalam berbagai proses kimia dan pengolahan. Air yang terperangkap dalam pori-pori zeolit dapat dikeluarkan dengan memanaskannya pada suhu antara 300 hingga 400 derajat Celsius. Pemanasan pada rentang suhu tersebut memungkinkan air untuk keluar dari pori-pori zeolit, sehingga zeolit dapat berperan sebagai penyerap gas atau cairan (Sutarti, 1994). Jumlah air yang terkandung dalam zeolit sejalan dengan banyaknya pori atau volume pori yang ada dalam zeolit tersebut. Struktur khas zeolit, yang terdiri sebagian besar dari kanal dan pori, menghasilkan luas permukaan yang besar. Hal ini dapat dijelaskan dengan menganggap bahwa setiap pori dan kanal, baik di dalam maupun antar kristal zeolit,

memiliki bentuk silinder. Oleh karena itu, luas permukaan total zeolit adalah hasil akumulasi dari luas permukaan dinding pori dan kanal-kanal yang membentuk zeolit (Lestari, 2010).

Menurut (Dyer, 1988), zeolit memiliki luas permukaan internal yang jauh lebih besar daripada permukaan luarannya, bahkan mencapai puluhan hingga ratusan kali lipat. Keunggulan luas permukaan yang signifikan ini sangat menguntungkan dalam penggunaan zeolit sebagai adsorben. Beragam struktur pori dalam zeolit menjadikannya pilihan populer untuk memisahkan molekul-molekul kecil. Menurut (Nasir, 2013), penurunan fluks (kapasitas aliran) dalam proses pengolahan air bisa terjadi karena adanya adsorpsi pada permukaan zeolit yang terdapat dalam filter. Oleh karena itu, proses ini merupakan kombinasi dari filtrasi dan adsorpsi fisik oleh zeolit. Menambahkan zeolit dalam komposisi filter keramik dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi filter, namun juga meningkatkan risiko penyumbatan (fouling) pada permukaan filter.

Peningkatan tekanan operasi bisa meningkatkan fluks, tetapi juga meningkatkan kemungkinan fouling pada permukaan filter. Menurut (Martin, 1996), zeolit adalah senyawa alumino silikat yang memiliki struktur karakteristik. Kekurangan muatan positif pada atom dalam zeolit memungkinkan zeolit untuk mengikat kation melalui pertukaran ion. Struktur kristal zeolit yang terbentuk oleh tetrahedron menciptakan rongga, yang memungkinkan zeolit untuk mengikat ion melalui adsorpsi. Zeolit dengan struktur senyawa alumino silika fosfat (ASP) dapat digunakan sebagai penukar anion dan 24 25 kation karena memiliki muatan positif dan negatif dalam struktur kristalnya. Inilah yang memungkinkan zeolit berperan sebagai penukar ion yang sangat efektif (Martin, 1996).

Manfaat utama zeolit dalam sistem filtrasi air limbah rumah tangga adalah menyerap ion dan senyawa pencemar. Air limbah dari aktivitas rumah tangga—seperti cucian, air dapur, atau kamar mandi—seringkali mengandung deterjen, amonia, fosfat, serta logam berat dalam konsentrasi rendah. Zeolit sangat efektif dalam menyerap dan mengikat senyawa-senyawa ini, sehingga mampu menurunkan kadar pencemar secara signifikan sebelum air dilepaskan ke lingkungan atau digunakan kembali.

Selain itu, zeolit juga memiliki kemampuan sebagai penyangga pH. Dalam beberapa kasus, air limbah rumah tangga bisa bersifat terlalu asam atau terlalu basa, tergantung pada sumbernya. Zeolit dapat membantu menstabilkan pH air karena sifatnya yang sedikit basa dan kemampuan untuk menukar ion-ion hidrogen (H^+) atau hidroksil (OH^-) dalam larutan. Stabilitas pH ini penting karena banyak mikroorganisme pengurai pencemar hanya dapat hidup dalam kisaran pH tertentu.

Dalam sistem filtrasi gabungan, zeolit biasanya digunakan setelah lapisan sabut kelapa atau arang aktif. Setelah partikel kasar dan zat organik tersaring oleh media sebelumnya, zeolit akan bekerja pada tahap akhir dengan menyerap zat-zat kimia yang masih tersisa, seperti ion logam dan amonia. Dengan demikian, air hasil filtrasi menjadi jauh lebih bersih dan aman untuk dibuang atau bahkan dimanfaatkan kembali untuk keperluan non-konsumsi, seperti penyiraman tanaman atau cuci kendaraan.

Keunggulan lain dari zeolit adalah ketersediaannya yang melimpah dan harganya yang relatif murah. Zeolit banyak ditemukan di Indonesia dan sudah banyak digunakan dalam berbagai industri, mulai dari pertanian, peternakan, hingga pengolahan limbah. Ia juga tergolong bahan yang tahan lama dan bisa digunakan berulang kali setelah melalui proses pencucian atau regenerasi ion, meskipun dalam skala rumah tangga, regenerasi ini jarang dilakukan karena lebih praktis mengganti zeolit setelah masa pakainya habis.

Menurut Pungut (2021) Penambahan volume pada media zeolit berpengaruh pada penurunan kadar COD, semakin banyak bahan pengisi yang digunakan, semakin baik nilai efisiensi penyisihan COD yang dihasilkan.²⁰ Kemampuan adsorpsi zeolit, yang berfungsi sebagai pelunak air dan menggantikan adsorpsi yang dapat membahayakan lingkungan, adalah yang menyebabkan penurunan kadar COD dalam air limbah setelah pengolahan. Untuk mencegah timbulnya busa di dalam air, senyawa kalsium dan magnesium bereaksi dengan sabun untuk menghasilkan endapan, yang membuat air menjadi lebih sulit untuk dicuci

2.5.4 Pasir Silika

Setelah penggunaan serat sabut kelapa dan zeolit dalam sistem filtrasi air limbah rumah tangga, komponen alami lain yang sangat penting adalah pasir silika. Pasir silika merupakan salah satu bahan paling umum dan efektif yang digunakan dalam sistem penyaringan air, baik dalam skala kecil maupun besar. Bahan ini tersusun atas mineral kuarsa (SiO_2), yang memiliki bentuk kristal dan struktur yang sangat stabil.

Pasir silika dikenal karena memiliki ukuran butiran yang seragam, permukaan yang keras, dan sifat kimia yang inert atau tidak mudah bereaksi dengan zat lain. Ini membuatnya sangat ideal sebagai media penyaring karena tidak mengubah komposisi kimia air yang mengalir melaluinya. Dalam filtrasi air limbah rumah tangga, pasir silika biasanya berfungsi sebagai penyaring partikel halus yang belum tertangkap oleh lapisan media sebelumnya, seperti kerikil atau sabut kelapa.

Fungsi utama pasir silika dalam sistem penyaringan adalah menyaring partikel tersuspensi atau koloid berukuran kecil, seperti lumpur, tanah, dan sisa sabun. Dengan kemampuan fisiknya, pasir silika mampu menangkap partikel dengan ukuran mikron dan menjernihkan air secara signifikan. Karena struktur porinya yang rapat dan butirannya yang kecil, air yang melewati lapisan pasir silika akan menjadi lebih bersih secara visual dan bebas dari kekeruhan.

Selain menyaring partikel, pasir silika juga secara tidak langsung membantu dalam mengurangi beban pencemaran biologis dan kimiawi. Meskipun pasir silika tidak aktif secara kimia seperti zeolit, ia tetap berkontribusi dalam menjaga stabilitas proses filtrasi secara keseluruhan. Air yang telah melewati lapisan pasir silika akan memiliki tingkat kejernihan yang cukup tinggi, sehingga mempermudah media filtrasi lain di lapisan bawah—seperti arang aktif atau zeolit—untuk bekerja lebih optimal dalam menyerap zat terlarut.

Pasir silika juga memiliki umur pakai yang panjang dan dapat digunakan dalam jangka waktu lama sebelum perlu diganti. Ketika sudah jenuh atau tersumbat oleh partikel kotoran, pasir ini dapat dibersihkan dengan cara dicuci dan dijemur, lalu digunakan kembali. Sifat ini sangat menguntungkan bagi rumah tangga karena mengurangi biaya pemeliharaan sistem penyaringan air.

Dalam konstruksi filter air sederhana, pasir silika biasanya ditempatkan di tengah atau atas sistem filtrasi, setelah kerikil kasar dan sebelum media penyerap seperti sabut kelapa atau arang aktif. Susunan ini memungkinkan pasir silika menangkap partikel-partikel halus yang belum tersaring, sehingga lapisan di bawahnya bisa bekerja lebih fokus pada penyerapan kimiawi atau proses bioremediasi.

Ketersediaan pasir silika juga menjadi salah satu keunggulan utamanya. Di Indonesia, pasir silika dapat ditemukan dengan mudah, terutama di daerah yang memiliki tambang kuarsa atau sungai yang kaya akan pasir putih. Selain mudah didapat, harga pasir silika juga relatif murah, menjadikannya pilihan ekonomis dan efektif dalam sistem pengolahan air limbah skala rumah tangga.

Dengan demikian, pasir silika memainkan peran penting sebagai lapisan penyaring mekanis dalam sistem filtrasi air limbah. Kombinasinya dengan media lain seperti sabut kelapa dan zeolit menjadikan sistem penyaringan menjadi lebih lengkap dan efektif, baik dalam hal penyaringan fisik, penyerapan kimia, maupun dukungan terhadap proses biologis. Kolaborasi ketiga bahan alami ini menghasilkan air limbah yang lebih bersih, jernih, dan aman untuk dibuang atau digunakan kembali secara terbatas, sehingga mendukung konsep pengelolaan air limbah yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2.7 Penelitian terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis, tahun penelitian	Nama penelitian/Judul Skripsi/Jurnal	Perbedaan Penelitian		Persamaan	Efektifitas
			Terdahulu	Sekarang		
1	Raeny Tenriola Idrus, dkk,2021	Pengelolaan air limbah greywater rumah tangga	Metode yang dipakai berupa pendampingan (<i>mentoring</i>) dan <i>partisipatory rural approach</i> (PRA)	Metode Expereimen dengan melakukan pengujian limbah greywater di laboratorium untuk	Sama-sama mengatasi terjadinya pencemaran yang dihasilkan pada limbah greywater dengan filtrasi	
2	Dyah Sulistyanti, antoniker, nasrokhan, 2018	Penerapan Metode filtrasi dan adsorpsi dalam pengolahan limbah laboratorium	Penggunaan Media ijuk, pasir dan batu kerikil	Penambahan Media Serat sabut kelapa dan pengujiann parameter pH dan amonia	Penggunaan karbon aktif dan Zeolit serta pengujian COD, BOD dan TSS	Penurunan BOD 67.41%, COD 85% dan TSS 94,99%
3	Yugo Dian Nugroho , 2003	Pengolahan Greywater menggunakan teknologi filtrasi	Penggunaan Media ijuk dan karbon aktif	Penggunaan media serat sabut kelapa dan kerikil dan pengujian paramter pH dan Amonia	Menggunakan media karbon aktif, zeolit dan pasir silikaa dan pengujian parameter COD, BOD dan TSS.	Penurunan Parameter COD 69 %, BOD, 21 % dan PH 89%
4	Firda Ainun Nisah, Halida Ainun Nazwa, Riki Renaldi, 2003	Analisis Kualitas dan efektifitas filter air limbah dari limbah kelapa pada air tanah	Pengujian Parameter , TDS, Mn, dan Fe	Pengujian parameter COD, BOD , TSS dan Amonia	Penggunaan serat sabut kelapa, karbon aktif, dan zeolit	Penurunan TDS 32,05%, Logam Mn 81,76% dan Logam Besi 83,33%

No.	Nama Penulis, tahun penelitian	Nama penelitian/Judul Skripsi/Jurnal	Perbedaan Penelitian		Persamaan	Efektifitas
			Terdahulu	Sekarang		
5	Rafida faradila, haryono Setiyo Huboyo, Abdul Syakur, 2023	Rekayasa Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Metode Kombinasi Filtrasi Untuk Menurunkan Tingkat Polutan Air	Media Filtrasi Spons, Ijuk dan Kerikil	Media Serat sabut kelapa, karbon aktif dan pasir silika	-Penggunaan media zeolit . -Uji parameter BOD, COD, TSS dan Amonia	TSS 0,89%, BOD 69,11%, COD 87,24%, Amonia 18,35%, Minyak dan Lemak 95,16%,
6	Refsi Reka Saputri, 2021	Pengolahan Limbah Rumah Tangga dengan sistem Filtrasi <i>Upflow</i> menggunakan filter multimedia	Sistem Filtrasi <i>upflow</i> atau melalui aliran atas	Metode <i>Downflow</i> yaitu filtrasi melalui aliran bawah	-Penggunaan media serat sabut kelapa, karbon aktif dan zeolit.	Ketebalan media 20 cm mampu menurunkan COD 84%, TSS 90,90% dan kekeruhan 59,NTU.
7	Asurin, Shawan Amrullah, 2024	Analisis Kualitas Air Hasil Filtrasi Pengolahan Air Sekal Rumahan Berdasarkan Variasi Jumlah Arang Aktif Tempurung Kelapa	Uji TDS, Suhu Air dan warna air	Uji Parameter BOD, COD, dan Amonia.	Penggunaan Serat sabut kelapa dan Karbon aktif	variasi arang aktif tempurung kelapa memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap nilai pH air, TDS, suhu, warna dan rasa.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap sistem filtrasi vertikal dengan metode aliran bawah (downflow) menggunakan media lokal berupa serat sabut kelapa, pasir silika, zeolit, dan karbon aktif dalam mengolah limbah greywater rumah tangga di Majene, Sulawesi Barat, diperoleh beberapa kesimpulan penting:

1. Efektivitas Penurunan Polutan:

Sistem filtrasi menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam menurunkan konsentrasi parameter pencemar. Nilai COD mengalami penurunan dari 617 mg/L menjadi 162 mg/L, BOD dari 248 mg/L menjadi 65 mg/L, TSS dari 182 mg/L menjadi 76 mg/L, dan amonia dari 1,8 mg/L menjadi 0,6 mg/L. Hal ini menunjukkan sistem mampu menurunkan beban organik dan partikel tersuspensi secara signifikan. Nilai pH sebelum dan sesudah filtrasi berada dalam kisaran netral (7,2–6,79), menunjukkan bahwa proses filtrasi tidak menyebabkan perubahan keasaman yang signifikan pada air hasil olahan, sehingga relatif aman untuk dibuang ke lingkungan.

2. Efektifitas Sistem filtrasi.

Secara keseluruhan Percobaan keempat pada sistem filtrasi dengan masing-masing ketebalan media filter 15 cm menunjukkan efektifitas yang tinggi dalam menurunkan parameter air limbah. Nilai COD dengan persentase penurunan 73,74%, BOD dengan persentase penurunan 73,79 % , TSS dengan persentase 58.24% , ammonia 66,66 %. Dan PH stabil pada angka 7,2-6,79

3. Standar Kualitas Air

Hasil filtrasi belum seluruhnya memenuhi baku mutu air limbah domestik menurut Permen LH No. 68 Tahun 2016 atau belum termasuk dalam klasifikasi kelas air permukaan berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021. Namun demikian, nilai-nilai parameter sudah mengalami penurunan yang cukup

untuk dapat digunakan sebagai *pre-treatment* sebelum proses lanjutan seperti fitoremediasi atau desinfeksi.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, disarankan agar sistem filtrasi vertikal metode aliran bawah (*downflow*) dengan media serat sabut kelapa, pasir silika, zeolit, dan karbon aktif terus dioptimalkan, terutama dalam hal ketebalan dan susunan lapisan media. Uji coba dengan variasi konfigurasi yang lebih luas dapat membantu menemukan kombinasi paling efektif dalam menurunkan masing-masing parameter pencemar air limbah greywater. Selain itu, karena penurunan debit dan HLR dari percobaan ke percobaan menunjukkan adanya potensi penyumbatan, maka sistem ini sebaiknya dilengkapi dengan prosedur perawatan dan pembersihan rutin pada media filter, khususnya lapisan atas. Untuk memastikan kualitas air hasil filtrasi lebih aman dan sesuai standar, perlu dilakukan pengujian lanjutan terhadap parameter mikrobiologis dan logam berat. Sistem filtrasi ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggabungkannya ke dalam sistem pengolahan lanjutan seperti fitoremediasi atau desinfeksi, guna menghasilkan air olahan yang lebih bersih dan sesuai untuk penggunaan kembali non-konsumsi. Mengingat kemudahan konstruksi dan pemanfaatan bahan lokal, sistem ini sangat layak untuk diterapkan di daerah dengan keterbatasan infrastruktur pengolahan air limbah, seperti di wilayah pedesaan Majene, Sulawesi Barat. Untuk itu, keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan sistem ini juga sangat penting sebagai upaya pemberdayaan dan peningkatan kesadaran terhadap pentingnya pengolahan limbah rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

- Artiyani, A., dan Firmansyah, N. H. (2016). Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi UpFlow Dengan Media Pasir Zeolit Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Dan Deterjen Air Limbah Domestik. *Jurnal Industri Inovatif*, 6(1), 8–15.
- Akhir, T., & Nugroho, Y. D. (2023). *Pengolahan greywater menggunakan teknologi filtrasi*.
- Amira, A., Utomo, K. P., & Paramadita, S. (2022). Efektivitas Penurunan BOD dan TSS Menggunakan Media Filter Serabut Kelapa dan Serbuk Serabut Kelapa. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, 1, <https://jurnal.untan.ac.id/index.php%0Ap/jurlis/index>.
- Fitriani, H., Fakhrah, F., Unaida, R., Nufus, H., Fadli, M. R., & Pasaribu, A. I. (2024). Pembinaan Masyarakat Dalam Pembuatan Ecotech Garden (Ega) Sebagai Media Alternatif Dalam Pengolahan Limbah Air Rumah Tangga (Grey Water) Di Desa Alue Anoe Barat Kecamatan Baktiya Aceh Utara. *Jurnal Vokasi*, 8(1), 31. <https://doi.org/10.30811/vokasi.v8i1.4593>
- Gultom, S. O., Mess, T. N., dan Isak Silamba. (2018). Pengaruh Penggunaan Beberapa Jenis Media Filtrasi Terhadap Kualitas Limbah Cair Ekstraksi Sagu. *Jurnal Agointek*, 12(No.2).
- Hidayah, N. (2016). Pemanfaatan Senyawa Sekunder Tanaman (Tanin dan Saponin) dalam Mengurangi Emisi Metan Ternak Ruminansia. *Jurnal Sains Peternakan Indonesia*. Vol.11(2). Hal: 89
- Maliga, I., Rafi'ah, R., Lestari, A., Pratama, D. B., & Febriansyah, D. (2022). Penyuluhan Pengelolaan Air Limbah Greywater Rumah Tangga dalam Upaya Meningkatkan Derajat Kesehatan Masyarakat. *ABDIKAN: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains Dan Teknologi*, 1(2), 259–263. <https://doi.org/10.55123/abdikan.v1i2.308>
- Novilyansa, E., Anwar, A., & Cambodia, M. (2020). Analisis Kebutuhan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (Ipald) Dengan Variasi Jumlah Sambungan

- Rumah (Sr). *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, 5(1), 27–34.
<https://doi.org/10.24967/teksis.v5i1.706>
- Oteng-Pepurah M, de Vries NK, Acheampong MA. Greywater characterization and generation rates in a peri urban municipality of a developing country. *Journal of Environmental Management*. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.10.068. 2018;206:498–506.
- Pungus, M., Palilingan, S., & Early Tumimomor. (2019). Penurunan kadar BOD dan COD dalam Limbah Cair Laundry Menggunakan Kombinasi Adsorben Alam Sebagai Media Filtrasi. *Fullerene Journal Of Chem*, 4(No.2), 54–60.
- Qomariyah, S., Koosdaryani, & Fitriani, R. D. K. (2016). Perencanaan Bangunan Pengolahan Greywater Rumah Tangga dengan Lahan Basah Buatan dan Proses Pengolahannya. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil, September*, 939–945.
- Raeny Tenriola Idrus, Armiwaty, Romadhani, N. F., Ahmad Raihan, & Andi Nur Kalsum Ningki. (2024). Pengelolaan Air Limbah Greywater Rumah Tangga. *Vokatek: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 02, 17–22.
<https://doi.org/10.61255/vokatekjp.v2i1.321>
- Ramadhanur, S., & Sari, A. M. (2015). Pengaruh Konsentrasi Khitosan dan Waktu Filtrasi Membran Khitosan Terhadap Penurunan Kadar Fosfat Dalam
- Slamet., Bismo, S., Arbianti, R., dan Sari, Z., 2006. Penyisihan fenol dengan kombinasi proses adsorpsi dan fotokatalisis menggunakan karbon aktif dan TiO₂. *Jurnal teknologi* Edisi No.4 Hal 303-311.
- Silviani, A. (2019). Studi Penurunan Kekeruhan dan Total Suspended Solid (TSS) Dengan Menggunakan Horizontal Roughing Filter. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- 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), 33-37.
- 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), 33-37.

Throriq, M. N. A., & Ni'am, A. C. (2021). Evaluasi Kinerja Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Proses Lumpur Aktif Pada PT. X. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 38–43.

Utama, M. P., Kusdarwati, R., & Sahidu, A. M. (2017). Pengaruh Penggunaan Filtrasi Zeolit dan Arang Aktif terhadap Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) Air Tambak Kecamatan Jabon , Sidoarjo. *Journal of Marine and Coastal Science*, 6(1), 19–30.

Wulandari, & Retno, P. (2014). Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus Di Perumahan Pt . Pertamina Unit. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3), 499–509.