

PENGOLAHAN AIR LIMBAH TAHU MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DARI AMPAS KOPI SEBAGAI MEDIA ANAEROBIC BIOFILTER REAKTOR

TREATMENT OF TOFU WASTEWATER USING ACTIVATED CARBON FROM COFFEE GROUNDS AS A MEDIUM IN AN ANAEROBIC BIOFILTER REACTOR

Marchello Gabriel¹, Sudiro², Hery Setyobudiarso³

¹²³)Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2, Sumbersari, Lowokwaru, Kota Malang

Email: ¹)marchellogabriel08@gmail.com, ²) sudiro_enviro@lecturer.itn.ac.id,
³)hery_sba@yahoo.com

ABSTRAK: Limbah cair industri tahu yang memiliki beban organik yang tinggi dapat secara efektif dengan metode anaerob biofilter; anaerob biofilter memiliki keunggulan yaitu dapat mereduksi senyawa organik yang besar. Karbon aktif dikenal sebagai adsorben yang efektif untuk menyisihkan berbagai polutan organik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan karbon aktif ampas kopi sebagai media anaerobic biofilter untuk menurunkan konsentrasi BOD dan COD limbah cair tahu, serta pengaruh variasi ketebalan media terhadap efisiensi penyisihannya. Penelitian dilakukan menggunakan reaktor anaerobic biofilter skala laboratorium dengan sistem aliran kontinu, variasi ketebalan media 20 cm dan 24 cm, serta variasi waktu detensi 1–5 hari. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan tertinggi dicapai pada ketebalan media 24 cm dan waktu detensi 5 hari, yaitu sebesar 62,2% untuk COD dan 57,6% untuk BOD, lebih tinggi dibandingkan dengan ketebalan 20 cm. Temuan ini membuktikan bahwa karbon aktif ampas kopi berpotensi sebagai media biofilter yang efektif, dimana proses penyisihan polutan terjadi melalui kombinasi mekanisme adsorpsi dan biodegradasi anaerob.

Kata Kunci: Ampas Kopi, Anaerob biofilter, BOD, COD, Karbon Aktif.

ABSTRACT: Wastewater from tofu industries, which contains a high organic load, can be effectively treated using the anaerobic biofilter method. Anaerobic biofilters have the advantage of being able to reduce complex organic compounds. Activated carbon is widely recognized as an effective adsorbent for removing various organic pollutants. This study aims to analyze the potential of coffee ground-based activated carbon as a medium in an anaerobic biofilter to reduce BOD and COD concentrations in tofu wastewater, as well as to evaluate the effect of media thickness variations on removal efficiency. The experiment was carried out using a laboratory-scale anaerobic biofilter reactor with a continuous flow system, applying media thickness variations of 20 cm and 24 cm, and detention times ranging from 1 to 5 days. The results showed that the highest removal efficiency was achieved at a media thickness of 24 cm with a detention time of 5 days, reaching 62.2% for COD and 57.6% for BOD, which was higher compared to the 20 cm media thickness. These findings demonstrate that coffee ground-based activated carbon has strong potential as an effective biofilter medium, where pollutant removal occurs through a combination of adsorption and anaerobic biodegradation mechanisms.

Keywords: Activated Carbon, Anaerobic Biofilter, BOD, COD, Coffee Grounds

PENDAHULUAN

Limbah cair dari proses produksi tahu mengandung konsentrasi zat organik yang tinggi, dengan nilai BOD₅ berkisar antara 6.000 hingga 8.000 mg/L dan COD antara 7.500 hingga 14.000 mg/L (Pangestu et al., 2021). Tingginya konsentrasi pencemar organik ini menjadikan limbah cair tahu bersifat asam (pH 4-5) dan berbahaya jika dibuang langsung ke badan air. Jika dibuang langsung ke badan air seperti sungai tanpa pengolahan, limbah tersebut dapat mencemari lingkungan, menurunkan kualitas air, serta mengancam kehidupan organisme akuatik akibat tingginya kandungan bahan organik. Bahkan, pencemaran bisa merembet hingga ke air tanah. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air sungai kelas III menetapkan batas maksimum BOD sebesar 6 mg/L dan COD sebesar 40 mg/L

Industri tahu memerlukan sistem pengolahan limbah yang sederhana, efisien secara biaya, dan ramah lingkungan agar dapat berfungsi secara optimal. Salah satu metode yang direkomendasikan adalah pengolahan anaerob menggunakan biofilter. Metode ini efektif dalam menurunkan konsentrasi senyawa organik dalam limbah (Hakim, 2022). Selain itu, proses anaerob memiliki keunggulan seperti stabilitas tinggi, produksi limbah biologis yang minim, kebutuhan nutrisi rendah, dan potensi menghasilkan gas metana yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi (Ekawati, 2016). Kebutuhan media filter yang ditujukan untuk tempat melekatnya mikroorganisme agar dapat melakukan proses perkembangbiakan. Dalam memilih media biofilter ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi antara lain: permukaan media sebagai pelekatan (adhesi) bakteri, parameter dalam air limbah dan sifat media sesuai dengan teknik aplikasinya. Karbon aktif merupakan adsorben yang mengandung karbon sebanyak 85–95%, dan diperoleh melalui proses karbonisasi serta aktivasi bahan-bahan yang mengandung karbon. Proses aktivasi ini dapat dilakukan secara kimia maupun fisika guna meningkatkan luas permukaan pori karbon aktif. Karbon aktif

memiliki berbagai kegunaan, antara lain dalam pemurnian gas, sebagai katalis, penyaring udara dan air, penghilang bau, serta dalam industri pengolahan air. Selain itu, karbon aktif juga dimanfaatkan untuk pemulihan pelarut dan penyimpanan energi (Azzahra, 2023).

Ampas kopi memiliki kandungan yang berpotensi untuk dijadikan bahan dasar pembuatan karbon aktif. Kandungan total karbon dalam ampas kopi berkisar antara 47,8 hingga 58,9 persen, nitrogen total antara 1,9 hingga 2,3 persen, abu sebesar 0,43 hingga 1,6 persen, serta kandungan selulosa sekitar 21 persen. Komposisi ini menunjukkan bahwa ampas kopi berpotensi sebagai prekursor karbon aktif yang efektif sebagai bahan adsorben. Berdasarkan penelitian sebelumnya, karbon aktif yang dibuat dari ampas kopi melalui metode adsorpsi mampu menurunkan kadar COD dari 1070,16 ppm menjadi 148,18 ppm, dan BOD dari 54,40 ppm menjadi 11,87 ppm (Febrianti et al., 2023).

METODOLOGI

Desain penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif yakni meneliti karbon aktif dari ampas kopi sebagai media filter anaerobik biofilter dalam pengolahan limbah cair industri tahu. Penelitian ini berskala laboratorium dan menguji kemampuan ampas kopi dalam penggunaan sebagai media yang dibuat berdasarkan penyisihan parameter limbah cair industri tahu. Karbon aktif yang digunakan dengan variasi ketebalan 20 cm dan 24 cm dan variasi waktu detensi 1-5 hari. Durasi penelitian dilakukan selama 17 hari. Sampel limbah cair diambil dari salah satu industri tahu yang terletak di Sukun, Kota Malang. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

Alat yang digunakan untuk penelitian ini yaitu reaktor anaerob biofilter, alat pembuatan karbon aktif (Oven, furnace, mortar dan alu, neraca analitik), neraca analitik, ayakan 100 mesh. Bahan yang digunakan yaitu ampas kopi, limbah cair industri tahu, dan kertas saring. Proses anaerob biofilter diawali dengan pembuatan karbon aktif ampas kopi, proses seeding dan aklimatisasi. Proses

pembuatan karbon sebagai berikut: 1) Preparasi Ampas Kopi, Ampas kopi dioven 1 malam pada suhu 80°C, dilanjutkan 2 jam pada suhu 110°C hingga kering. Ampas kopi kering diayak dan diambil yang lolos mesh 40 dan tertahan pada mesh 100. 2) Karbonisasi ampas kopi dalam furnace selama 60 menit dengan suhu 500°C, sehingga diperoleh karbon aktif kasar. Karbon aktif kasar kemudian dimurnikan dengan akuades panas, selanjutnya dioven selama 24 jam dengan suhu 80 °C dan dilanjutkan 3 jam menggunakan suhu 110 °C

dan ditimbang hingga berat konstan (Febrianti

et al., 2023). 3) Aktivasi Ampas kopi dengan ukuran seragam direndam dalam bahan kimia pengaktif (aktivator) dengan konsentrasi 0,1 M untuk menyiapkan karbon aktif ampas kopi dengan 1 jenis aktivator, yaitu: ZnCl₂ (A3). Perendaman ampas kopi dilakukan dengan rasio ampas kopi:bahan pengaktif (1:3), yang dikerjakan dengan merendam ampas kopi ke dalam bahan pengaktif dengan waktu 24 jam. Setelah waktu perendaman tercapai, selanjutnya ampas kopi disaring menggunakan kertas Whatman No.1 dan ditiriskan hingga diperoleh ampas kopi (Febrianti et al., 2023).

Proses seeding dilakukan selama 7 hari dan aklimatisasi selama 5 hari dapat dimulai dengan langkah-langkah sebagai berikut: 1) Mengaktifkan mikroorganisme yang terdapat dalam *Effective Microorganism* (EM4) dan diberikan penambahan nutrisi berupa gula merah, Hal itu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan karbon, nitrogen, dan fosfor Proses pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi (Laksono, 2012). 2) Aklimatisasi dilakukan dengan cara mengganti secara bertahap air limbah penampungan hasil *seeding* dengan limbah asli. Penggantian dimulai dengan perbandingan 10% limbah asli: 90% limbah penampungan. Proses aklimatisasi dikatakan selesai ketika terjadi kondisi steady state dengan fluktuasi efisiensi penyisihan COD tidak lebih dari 10% (Atiqoh, et al., 2022). Uji karakteristik air limbah terhadap parameter COD dan BOD setelah proses seeding dan aklimatisasi selesai dan proses running pada anaerobik reaktor.

Uji COD dilakukan dengan metode pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (COD)

dengan refluks terbuka secara titrimetri dan uji BOD dilakukan dengan metode iodometri (modifikasi Azida).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis awal terhadap limbah cair industri tahu bertujuan untuk mengetahui karakteristik awal limbah, sebelum dilakukam proses anaerobik biofilter menggunakan media filter dari ampas kopi. Hasil analisis awal karakteristik limbah cair industri tahu dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Awal Limbah Cair Industri tahu

No	Parameter	Konsentrasi Air Limbah (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
1	COD	448,5	40
2	BOD	230,4	6

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium, 2025

Tabel 1, menunjukkan bahwa karakteristik awal limbah cair industri tahu melebihi baku mutu terhadap pembuangan dan atau pemanfaatan lebih lanjut sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada baku mutu air sungai kelas 3.

Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Proses Seeding dengan Ketebalan Media 20 cm

Tabel 2. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan COD Proses Seeding dengan Ketebalan Media 20 cm

Hari ke	Konsentrasi awal COD (mg/L)	Konsentrasi COD (mg/L)			Rata - Rata	Persentase penyisihan (%)
		20 CM				
		I	II	II		
1	448,5	416	417	415	414	7.6
2		387	384	386	384	14
3		371	369	370	368	17.9
4		338	337	339	338	24.7
5		329	328	327	328	26.9
6		314	316	315	315	29.8
7		307	305	304	305	31.9

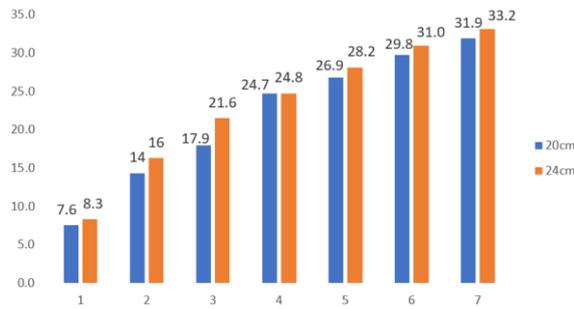
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Proses Seeding dengan Ketebalan Media 24 cm

Tabel 3. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan COD Proses Seeding dengan Ketebalan Media 24 cm

Hari ke	Konsentrasi awal COD (mg/L)	Konsentrasi COD (mg/L)			Rata - Rata	Presentase penyisihan (%)
		24 CM				
		I	II	II		
1	448,5	410	412	411	411	8.3
2		376	374	375	375	16.3
3		351	353	352	352	21.6
4		336	337	339	337	24.8
5		324	322	321	322	28.2
6		310	311	308	310	31
7		298	301	300	300	33.2

Sumber: Hasil Penelitian, 2025
Seeding



Gambar 1. Grafik Persentase Penyisihan COD Pada Proses Seeding

Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Proses Aklimatisasi dengan Ketebalan Media 20 cm

Tabel 4. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan COD Proses Aklimatisasi dengan Ketebalan Media 20 cm

Hari ke	Konsentrasi awal COD (mg/L)	Konsentrasi COD (mg/L)			Rata - Rata	Presentase penyisihan (%)
		20 CM				
		I	II	II		
1	364	245	243	242	243	33
2	385	237	238	236	237	38
3	393	221	224	223	223	43
4	421	222	219	221	221	48
5	438	208	207	206	207	53

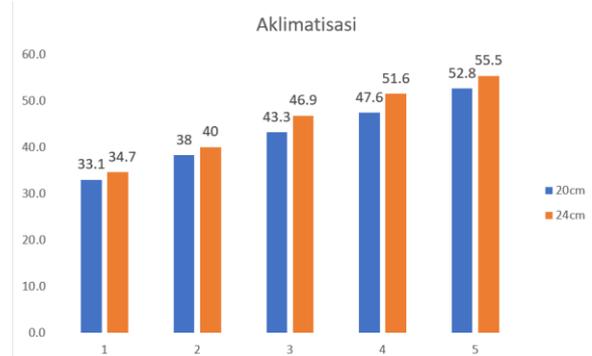
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Proses Aklimatisasi dengan Ketebalan Media 24 cm

Tabel 5. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan COD Proses Aklimatisasi dengan Ketebalan Media 24 cm

Hari ke	Konsentrasi awal COD (mg/L)	Konsentrasi COD (mg/L)			Rata - Rata	Presentase penyisihan (%)
		24 CM				
		I	II	II		
1	364	238	240	241	240	35
2	385	229	232	236	230	40
3	393	210	212	211	211	47
4	421	204	201	203	203	52
5	438	297	294	295	195	56

Sumber: Hasil Penelitian, 2025



Gambar 2. Grafik Persentase Penyisihan COD Pada Proses Aklimatisasi

Hasil Proses Seeding pada tabel 2.1 dan 2.2, menunjukkan konsentrasi COD terjadi penurunan yang relatif stabil. Dari hari ke-6 hingga hari ke-7, variasi ketebalan 20 cm hanya mengalami kenaikan 1% dan ketebalan 24 cm mengalami kenaikan 2,2%. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan mikroba sudah aktif. Proses *seeding* dianggap selesai dan dapat dilanjutkan ke tahap aklimatisasi apabila penyisihan mencapai 10–12% dan telah terbentuk biofilm (Halim et al., 2023). Perkembangan mikroba pada fase awal berlangsung melalui tahapan adhesi sel pada permukaan media, kemudian membentuk biomassa yang terus berkembang menjadi biofilm (Li et al., 2022). Terbentuknya biofilm terjadi karena mikroorganisme cenderung menciptakan lingkungan mikro dan celah-celah kecil yang berfungsi untuk menangkap nutrisi demi mendukung pertumbuhan mereka serta mencegah terlepasnya sel dari permukaan media yang dialiri (Atiqoh et al., 2022). Biofilm tidak hanya meningkatkan efisiensi penyisihan COD melalui mekanisme biodegradasi, tetapi juga melindungi mikroorganisme dari fluktuasi kondisi lingkungan, sehingga proses dapat berlanjut ke tahap aklimatisasi dengan lebih stabil

Hasil proses aklimatisasi tabel 2.3 dan 2.4 menunjukkan konsentrasi COD pada reaktor dengan media 20cm dan 24 cm mengalami penurunan, hal ini menunjukkan penurunan konsentrasi COD pada proses degradasi menggunakan mikroorganisme dalam kondisi anaerob cukup baik. Penurunan COD disebabkan oleh proses degradasi bahan organik yang dibutuhkan sebagai nutrisi atau makanan bagi bakteri atau mikroorganisme.

Efisiensi penyisihan COD telah mencapai kestabilan dengan fluktuasi kurang dari 10%, maka proses aklimatisasi dianggap telah selesai (Atiqoh et al., 2022).

Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan Ketebalan 20 cm

Tabel 6. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan COD Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Ketebalan 20 cm

Hari ke	Konsentrasi awal COD (mg/L)	Konsentrasi COD (mg/L)			Rata - Rata	Presentase penyisihan (%)
		20 CM				
		I	II	II		
1	448.5	304	306	305	305	32
2		230	231	231	231	48
3		213	211	212	212	53
4		197	195	194	195	56
5		179	176	178	178	60

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

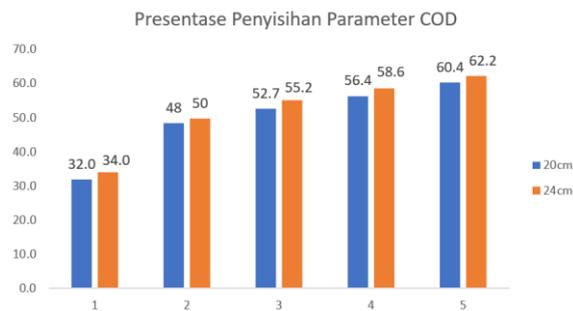
Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan Ketebalan Media 24 cm

Tabel 7. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan COD Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Ketebalan 24 cm

Hari ke	Konsentrasi awal COD (mg/L)	Konsentrasi COD (mg/L)			Rata - Rata	Presentase penyisihan (%)
		24 CM				
		I	II	II		
1	448.5	298	296	297	296	34
2		224	225	223	224	50,1
3		201	202	200	201	55,2
4		285	286	287	186	59
5		168	171	169	169	62,2

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Hasil Grafik Persentase Penyisihan COD



Gambar 3. Grafik Persentase Penyisihan COD

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penyisihan COD terendah terjadi pada ketebalan media 20 cm dengan waktu detensi 1 hari sebesar 32%, sedangkan penyisihan tertinggi tercapai pada ketebalan media 24 cm dengan waktu detensi 5 hari sebesar 62,2%. Hal ini menegaskan bahwa

ketebalan media filter dan lamanya waktu detensi merupakan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kinerja biofilter anaerob. Ketebalan media filter berperan penting karena semakin tebal media, semakin besar luas permukaan yang tersedia untuk pertumbuhan dan penempelan biomassa mikroorganisme. Biomassa ini berfungsi mendegradasi senyawa organik dalam air limbah. Media karbon aktif tidak hanya berfungsi sebagai tempat melekatnya mikroorganisme, tetapi juga membantu menyerap senyawa organik, sehingga mempercepat proses biodegradasi (Hasbiah et al., 2019). Proses penurunan COD terjadi melalui tahapan degradasi senyawa organik kompleks. Senyawa seperti protein, karbohidrat, dan lemak terlebih dahulu diuraikan menjadi molekul yang lebih sederhana berupa asam amino, asam lemak rantai pendek, serta sedikit gas hidrogen. Selanjutnya, senyawa-senyawa tersebut diubah menjadi asam organik, yang kemudian dikonversi lebih lanjut menjadi metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), serta sejumlah kecil H₂, H₂S, dan nitrogen (Suleman dan Lembayu, 2022). Dengan demikian, semakin tebal media filter dan semakin lama waktu detensi, maka semakin optimal proses kontak antara mikroorganisme dengan substrat organik. Hal ini berdampak pada peningkatan efisiensi penyisihan COD. Aktivitas enzimatik mikroorganisme yang terakumulasi dalam media berperan dalam memutus rantai karbon senyawa organik menjadi bentuk sederhana yang lebih mudah diuraikan (Jonathan, 2025)

Semakin lama antara bahan organik dengan mikroba pada lapisan biofilm sehingga akan memperbanyak kesempatan mikroba dalam memanfaatkan bahan organik tersebut untuk metabolisme tubuhnya dan akan menyisihkan kandungan organik dalam air limbah tersebut (Dayanti dan Herlina, 2018), Semakin lama waktu detensi, maka tingkat efisiensi penyisihan bahan organik akan semakin tinggi.

Hasil setelah pengolahan COD limbah cair industri tahu pada penelitian ini sebesar 169 mg/l, menunjukkan konsentrasi COD belum memenuhi baku mutu terhadap pembuangan dan atau pemanfaatan lebih lanjut sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22

Tahun 2021 Lampiran VI tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada baku mutu air sungai kelas 3, yang mana batas maksimum konsentrasi COD 40 mg/l

Penyisihan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dengan Ketebalan 20 cm

Tabel 8. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan BOD Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Ketebalan 20 cm

Hari ke	Konsentrasi awal BOD (mg/L)	Konsentrasi BOD (mg/L)			Rata - Rata	Presentase penyisihan (%)
		20 CM				
		I	II	II		
1	230,4	162	164	163	163	29.2
2		128	127	126	127	44.8
3		112	113	114	113	50.9
4		106	107	104	106	53.9
5		102	101	103	102	55.7

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

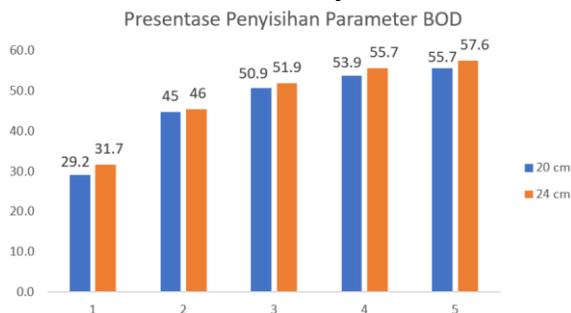
Penyisihan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dengan Ketebalan Media 24 cm

Tabel 9. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan BOD Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Ketebalan 24 cm

Hari ke	Konsentrasi awal BOD (mg/L)	Konsentrasi BOD (mg/L)			Rata - Rata	Presentase penyisihan (%)
		24 CM				
		I	II	II		
1	230,4	156	158	157	157	31.7
2		124	125	126	125	45.6
3		109	112	110	111	51.9
4		103	102	100	102	55.7
5		96	97	99	98	57.6

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Hasil Grafik Persentase Penyisihan BOD



Gambar 4. Grafik Persentase Penyisihan BOD

Hasil penelitian menunjukkan efisiensi konsentrasi BOD terendah terjadi pada variasi ketebalan media 20 cm dengan waktu detensi 1 hari sebesar 29,2%, sedangkan efisiensi tertinggi diperoleh pada ketebalan 24 cm

dengan waktu detensi 5 hari sebesar 57,6%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa ketebalan media dan lamanya waktu detensi merupakan faktor utama yang memengaruhi efektivitas biofilter anaerob. Media karbon aktif berfungsi ganda, yaitu sebagai penyerap senyawa organik dan sebagai tempat melekatnya biofilm mikroorganisme. Terbentuknya lapisan biofilm, yang ditandai dengan adanya lendir pada permukaan media, mengindikasikan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa organik (Fitri, 2016). Semakin tebal lapisan media, semakin luas permukaan yang tersedia bagi pertumbuhan biofilm, sehingga proses penyisihan organik berjalan lebih optimal. Penurunan BOD menggambarkan berkurangnya senyawa organik mudah terdegradasi dalam limbah (Paramita et al., 2012). Pada proses biofilter anaerob, penguraian zat organik dilakukan oleh bakteri anaerob yang memecah senyawa kompleks menjadi bentuk lebih sederhana melalui proses fermentasi dan degradasi biologis (Ramadhan, 2024). Penelitian sebelumnya juga menegaskan bahwa semakin lama waktu detensi, semakin besar persentase penyisihan BOD karena kontak antara mikroba dan substrat berlangsung lebih intensif (Dayanti & Herlina, 2018). Selain ketebalan dan waktu detensi, laju aliran berpengaruh terhadap efektivitas penyisihan.

Laju aliran yang lebih lambat memungkinkan waktu kontak lebih panjang antara air limbah dengan biomassa, sehingga efisiensi penyisihan meningkat (Al et al., 2022). Dalam proses ini, bakteri asam laktat berperan penting dengan memfermentasi bahan organik menjadi senyawa sederhana, yang selanjutnya menurunkan nilai BOD (Sari et al., 2017).

Hasil setelah pengolahan BOD limbah cair industri tahu pada penelitian ini sebesar 98 mg/l, menunjukkan konsentrasi BOD belum memenuhi baku terhadap pembuangan dan atau pemanfaatan lebih lanjut sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada baku mutu air sungai kelas 3, yang mana batas maksimum konsentrasi BOD 6 mg/l

Kesimpulan

1. Karbon aktif ampas kopi terbukti efektif digunakan sebagai media dalam reaktor anaerobic biofilter untuk menyisihkan pencemar organik pada limbah cair tahu. Efisiensi penyisihan tertinggi dicapai pada kondisi operasi ketebalan media 24 cm dan waktu detensi 5 hari, yaitu sebesar 62,2% untuk COD dan 57,6% untuk BOD. Meskipun demikian, efluen yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam PP No. 22 Tahun 2021.
2. Variasi ketebalan media memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja reaktor. Ketebalan media 24 cm secara konsisten menghasilkan efisiensi penyisihan COD dan BOD yang lebih tinggi dibandingkan ketebalan 20 cm pada semua variasi waktu detensi. Hal ini membuktikan bahwa luas permukaan yang lebih besar pada media yang lebih tebal berhasil menunjang pertumbuhan biofilm yang lebih optimal sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi, dan proses degradasi anaerobik

Saran

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperhatikan waktu detensi yang lebih lama dan variasi ketebalan yang lebih banyak sehingga hasil penurunan kadar pencemar pada air limbah dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M., Rohmah, M., Nurhayati, I., Walujo, D. A., & Majid, D. (2022). Penurunan beban pencemar rumah potong hewan (RPH) menggunakan sistem biofilter anaerob. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 14(2), 100-113
- Atiqoh, V. Z., Apriani, M., & Astuti, U. P. (2022). *Seeding dan Aklimatisasi Tutup Botol Plastik Bekas Sebagai Alternatif Media Biofilter Aerobik untuk Mengolah Air Limbah Restoran Cepat Saji*. In *Conference Proceeding On Waste Treatment Technology* (Vol. 5, No. 1).
- Azzahara, A. K. (2023). *Pemanfaatan Karbon Aktif Jerami Padi Untuk Pembuatan Amelioran* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Lampung).
- Dayanti, M. S., & Herlina, N. (2018). Studi Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Air Limbah Domestik Buatan Menggunakan Biofilter Aerob Tercelup dengan Media Bioring. *Dampak*, 15(1), 31-36.
- Ekawati, D. 2016. Analisis Kinerja Sistem Instalasi Pengelolaan Lumpur Tinja Kota Magelang. *Jurnal Presipitasi*, Vol.1, No.1. Semarang.
- Febrianati, C., Maria, U. & Kusumastuti. (2023). *Pemanfaatan Ampas Kopi sebagai Bahan Karbon Aktif untuk Pengolahan Air Limbah Industri Batik*. *agriTECH* (Vol 43, No.1), 1-10.
- Filliazati, M., Apriani, I., & Zahara, T. A. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
- Fitri, H. M., Hadiwidodo, M., & Kholiq, M. A. (2016). Penurunan Kadar COD, BOD, Dan TSS pada Limbah Cair Industri MSG (Monosodium Glutamat) dengan Biofilter Anaerob Media Bio-Ball. 5(1), 1–10.
- Laksono. (2012). *Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter*. (Doctoral dissertation, Universitas Indonesia)
- Hakim, I. E. (2022). *Studi Perencanaan Desain Pengolahan Limbah Cair Pada industri Tahu Di Pabrik Panen Kelurahan Pakunden*. Kota Blitar.
- Halim, Muhammad Alfian., Hendrarianti, Evy., Setyobudiarso, Hery. (2023). *Pengaruh Waktu Terhadap Penurunan Bod, Cod, Dan Tss Limbah Rumah*

- Hasbiah, A. W., Mulyatna, L., & Pahilda, W. R. (2019). Penyisihan total coliform dalam air hujan menggunakan media filter zeolite termodifikasi, karbon aktif, dan melt blown filter cartridge. *Infomatek*, 21(1), 15-26.
- Pangestu. P. W., Hada. S., Denny. V. (2021). Pengaruh Kadar BOD, COD, pH dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Media Filter Adsorben Alam dan Elektrokoagulasi. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)* Volume 6, Nomor 02, 74–80.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang pelaksanaan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.
- Salamah, U. H., dan Rahmanto, T. A. (2021). Pengaruh Media Biofiltrasi Anaerob 39 untuk Mendegradasi COD, TSS, dan NH₃-N pada Limbah Cair Pencucian Ikan. *ESEC Teknik Lingkungan*, 2(1), 117–121.
- Sari, K. L., As, Z. A., & Hardiono. (2017). Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Tahu Menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(1), 449–458