



JITS

Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains

E-ISSN: 3025-8871 | <https://jurnal.akipba.ac.id/index.php/JITS>

Studi Pengolahan Air Kolam Kampus ITK yang Tercemar Polutan Alga dengan Menggunakan Metode Lumpur Aktif

(Treatment Study ITK Campus Pond Water Polluted with Algae Pollutants Using the Activated Sludge Method)

Muhammad Yusuf¹, Asful Hariyadi², Ahmad Maulidi³, Juwita Payungallo⁴

^{1,2,3,4} Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia

¹ 05211057@student.itk.ac.id, ² asful.hariyadi@lecturer.itk.ac.id, ³ 05211002@student.itk.ac.id, ⁴ 05211039@student.itk.ac.id

Penulis Korespondensi: Asful Hariyadi | **Email:** asful.hariyadi@lecturer.itk.ac.id

Diterima (Received): 25/08/2024 | Direvisi (Revised): 30/08/2024 | Diterima untuk Publikasi (Accepted): 30/08/2024

ABSTRAK

Pengolahan air limbah dilakukan sebagai upaya pencegahan pencemaran air. Limbah suatu proses dikembalikan ke sungai hendaknya dalam keadaan sesuai nilai baku mutu. Salah satu metode yang digunakan pada industri untuk mengolah limbah cair adalah dengan penggunaan lumpur aktif. Bakteri aerob pada lumpur aktif berperan sebagai pengurai bahan-bahan organik di dalam limbah cair. Pada penelitian ini, bioaktivator EM4 digunakan untuk menghilangkan bau pada air limbah dan memperpendek waktu aklimatisasi mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar COD, pengujian MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid), dan NTU. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan air limbah masih melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, dengan kadar COD sebesar 869.565 mg/L dan nilai MLSS sebesar 200 mg/L. Sehingga berdasarkan data tersebut air tersebut masih jauh dari kata layak untuk digunakan untuk keperluan rumah tangga. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor diantaranya waktu pengendapan yang lama, kurangnya penambahan bakteri (EM4) dan volume tangki pada waktu retensi.

Kata Kunci: Mikroorganisme, Lumpur aktif, EM4, Chemical Oxygen Demand (COD), Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS)

ABSTRACT

Wastewater treatment is carried out as an effort to prevent air pollution. Waste from a process returned to the river should be in a condition that meets quality standard values. One method used in industry to treat liquid waste is the use of activated sludge. Aerobic bacteria in activated sludge act as decomposers of organic materials in liquid waste. In this research, the EM4 bioactivator was used to remove odors in wastewater and shorten the acclimatization time of microorganisms. This research aims to analyze COD levels, MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) testing, and NTU. The research results show that the waste water content still exceeds the quality standard value that has been determined in accordance with Government Regulation Number 22 of 2021, with a COD level of 869,565 mg/L and an MLSS value of 200 mg/L. So based on this data, the water is still far from suitable for use for household purposes. This is caused by many factors including long settling times, reduced addition of bacteria (EM4) and tank volume at retention time

Keywords: Microorganism, Active sludge, EM4, Chemical Oxygen Demand (COD), Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS)

© Author(s) 2024. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

1. Pendahuluan

Mikroorganisme adalah aset penting dalam berbagai industri saat ini dan memiliki peran vital dalam proses pengolahan. Dalam industri makanan, mikroorganisme banyak dimanfaatkan untuk memproduksi berbagai jenis makanan bergizi dan mencegah pembusukan dalam proses

pengawetan (Garg & Jit, 2015). Selain itu, mikroorganisme juga digunakan dalam industri kosmetik, farmasi, serta sektor pertambangan dan perminyakan, baik dalam pengolahan bahan baku dan produk, maupun dalam pengelolaan limbah yang dihasilkan oleh aktivitas industri.

Limbah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari aktivitas manusia atau proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Limbah dari aktivitas manusia dapat berbentuk cair atau padat. Limbah cair yang dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan dapat memberikan dampak negatif, seperti menyebabkan eutrofikasi dan berisiko mengganggu kesehatan masyarakat jika masuk ke rantai makanan atau pasokan air (Ariyanti, 2017).

Karena dampak buruk yang ditimbulkan oleh pembuangan limbah cair tersebut, pengolahan limbah menjadi keharusan dalam setiap kegiatan industri, terutama pada industri besar yang menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar. Upaya untuk mengurangi dampak limbah cair di industri dapat dilakukan melalui tiga metode: pengolahan fisik, kimia, dan biologi. Pengolahan limbah secara fisik melibatkan perubahan bentuk limbah menjadi sisa sekunder yang memerlukan pengolahan lanjutan. Pengolahan kimia dapat merusak limbah itu sendiri dan penggunaan bahan kimia dalam jumlah besar dapat meningkatkan biaya. Sementara itu, pengolahan limbah secara biologi dengan katalis mikroba dapat menghasilkan produk yang lebih sederhana meskipun beberapa produk tidak sepenuhnya terurai (G.A. et al., 2015). Salah satu metode pengolahan limbah biologis adalah dengan lumpur aktif.

Dalam industri berskala besar, sistem lumpur aktif sering dipilih sebagai metode pengolahan limbah, terutama untuk limbah dari pabrik pulp dan kertas (Morales et al., 2017). Lumpur aktif adalah padatan organik yang terurai secara biologis, membentuk biomassa aktif yang mampu mengubah dan mengendapkan massa. Proses lumpur aktif melibatkan dua tahapan penting: pertumbuhan mikroorganisme dalam lumpur dan penambahan oksigen (aerasi) untuk mendukung perkembangan bakteri (Haque, 2017).

Fase pertumbuhan mikroorganisme terdiri dari beberapa tahapan, yaitu fase lag, eksponensial, stasioner, dan fase kematian. Pada fase lag, bakteri menyesuaikan diri dengan lingkungan baru, dipengaruhi oleh faktor seperti komposisi media, jumlah sel, pH, suhu, dan sifat mikroba. Fase eksponensial ditandai dengan pertumbuhan bakteri yang pesat melalui pembelahan sel, yang dipengaruhi oleh suhu, pH, dan ketersediaan nutrisi. Fase stasioner terjadi ketika jumlah bakteri stabil, di mana laju pertumbuhan setara dengan laju kematian sel. Pada fase kematian, laju kematian bakteri melebihi laju pertumbuhan, menyebabkan penurunan jumlah total bakteri. Penambahan oksigen melalui aerasi diperlukan untuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme, yang memerlukan oksigen dalam proses penguraian bahan organik.

2. Data dan Metodologi

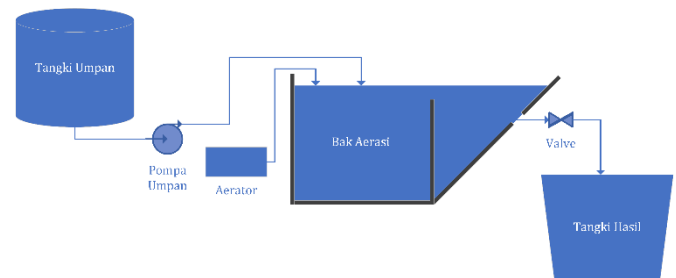
2.1. Data dan Lokasi

Penelitian ini dimulai dengan serangkaian prosedur yang bertujuan untuk memperoleh sampel yang kemudian diuji di Laboratorium Teknologi Proses, Institut Teknologi Kalimantan, guna mendapatkan data sampel yang diperlukan.

2.2. Metodologi

2.2.1 Persiapan Alat

Dalam penelitian ini, beberapa alat digunakan untuk proses pengolahan air limbah, termasuk serangkaian reaktor pengolahan yang terbuat dari kaca akrilik, aerator untuk menyuplai oksigen, serta berbagai peralatan analisis sampel, seperti gelas beaker, neraca analitik, oven, botol sampel, kertas saring, cawan petri, pipet ukur, erlenmeyer, dan gelas ukur. Rangkaian unit operasi lumpur aktif ditunjukkan dalam skema unit yang tertera pada Gambar 1. Alat utama dalam unit operasi ini meliputi tangki umpan, bak aerasi, dan tangki produk akhir.



Gambar 1 Skema Rangkaian Unit Operasi Lumpur Aktif

Setelah unit operasi lumpur aktif dirancang sesuai dengan skema di atas, ember digunakan sebagai tangki umpan untuk menampung limbah cair. Limbah cair tersebut kemudian dipompa menuju bak aerasi yang terbuat dari kaca akrilik. Hasil dari proses di bak aerasi selanjutnya akan dialirkan melalui katup (valve) yang terletak pada bak aerasi.

2.2.2 Proses Aklimatisasi

Proses awal dalam persiapan lumpur aktif adalah aklimatisasi mikroorganisme. Fase aklimatisasi ini merupakan tahap di mana mikroorganisme dalam lumpur aktif menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan dan jenis limbah yang ada dalam sistem pengolahan air limbah. Proses ini bertujuan untuk mengondisikan mikroorganisme agar dapat hidup dan beradaptasi dengan lingkungan baru (Titiresmi, 2009).

Effective Microorganism 4 (EM4) berperan sebagai inokulan mikroorganisme dalam proses ini. EM4 mengandung mikroorganisme seperti bakteri fermentasi dari genus *Lactobacillus*, jamur fermentasi, *Actinomyces*, serta ragi. Bakteri tersebut mensintesis senyawa organik

seperti glukosa yang dapat dikonsumsi oleh bakteri heterotrof pada lumpur aktif untuk mendukung pertumbuhan, sehingga mempercepat proses aklimatisasi mikroorganisme (Purwaningsih et al., 2008). Selain itu, EM4 juga terbukti efektif dalam menghilangkan bau tidak sedap yang dihasilkan oleh sampah pada air limbah (Aung & Kyi, 2018).

Reaktor diisi dengan air limbah sebanyak 8 L dan cairan EM4 sebanyak 8 ml. Kemudian, udara dari aerator akan dialirkan ke *sparger* udara pada reaktor sebagai sumber oksigen. Bakteri EM4 akan diaklimatisasi selama beberapa hari dalam air buangan tanpa ada lumpur yang dibuang. Pengamatan dilakukan selama dua hari sekali hingga hari ke-12. Selama proses aklimatisasi ini, massa lumpur akan bertambah dalam reaktor. Sampel yang diperoleh akan diamati untuk menguji konsentrasi lumpur yang biasa disebut uji MLSS, uji COD, uji turbiditas, serta uji pH.

2.2.3 Uji MLSS

MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) adalah uji untuk menentukan konsentrasi padatan organik dan mikroorganisme di dalam bak aerasi. Analisis MLSS dilakukan untuk mengukur jumlah padatan tersuspensi dalam larutan di tangki aerasi, sehingga dapat menjadi indikator kuantitas mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Proses penguraian biologis bahan organik dalam limbah yang dilakukan oleh mikroorganisme sangat bergantung pada nilai MLSS. Semakin tinggi nilai MLSS, semakin banyak mikroorganisme dalam lumpur aktif. Dalam sistem pengolahan air limbah yang berjalan terus-menerus, diharapkan nilai MLSS meningkat (Sari et al., 2013).

Campuran air limbah dan biomassa dalam bak aerasi disebut sebagai Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS). Dengan proses lumpur aktif, sebagian besar polutan organik dalam aliran air limbah terdegradasi secara biologis, sementara sebagian lainnya terurai secara kimia dalam bak aerasi. Efisiensi penguraian dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti waktu tinggal hidrolik (HRT) yang didefinisikan sebagai volume bak aerasi dibagi dengan debit air limbah yang masuk, serta beban influen yang mencakup konsentrasi zat organik (BOD dan COD), suplai oksigen, dan pengaruh suhu (Efendi, 2010).

Dalam pengolahan air limbah menggunakan sistem lumpur aktif, campuran dalam bak aerasi dikenal sebagai mixed liquor, yang terdiri dari biomassa mikroba dan zat tersuspensi lainnya dalam air limbah. MLSS mencakup total padatan tersuspensi yang terdiri dari bahan organik dan mineral, termasuk mikroorganisme. Pengukuran MLSS dilakukan dengan menyaring lumpur menggunakan kertas saring, kemudian mengeringkannya pada suhu 105 °C selama ±30 menit dan mengukur berat padatan sampel (Bernandez et al., 2021).

Kondisi ini tercapai ketika suplai udara melalui aerasi dan kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan mikroorganisme lumpur aktif terpenuhi, memungkinkan mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik. Menurut Soeparno dalam Sudaryati et al. (2007), mikroorganisme membutuhkan waktu yang cukup untuk berkembang, dan jika komponen yang diperlukan tersedia, mikroorganisme akan tumbuh dengan cepat.

2.2.4 Uji Turbiditas

Tingkat turbiditas (kekeruhan) mempengaruhi efektivitas proses klarifikasi dalam sistem lumpur aktif. Partikel tersuspensi dalam air dapat mengganggu proses pengendapan. Jika pengolahan air tidak mencapai turbiditas yang optimal, kualitas air yang dihasilkan akan menurun. Uji turbiditas dilakukan selama 12 hari untuk mengevaluasi kejernihan air dalam pengolahan dengan sistem lumpur aktif.

Pengukuran turbiditas pada sampel dilakukan dengan turbidimeter. Sebelum pengujian, perangkat dikalibrasi menggunakan aquades sebagai larutan standar. Setelah kalibrasi selesai, sampel dimasukkan ke dalam turbidimeter, di mana cahaya dipantulkan melalui sampel. Cahaya tersebut akan melewati sampel dan sebagian terhambur oleh sisa lumpur, partikel, serta zat lainnya dalam larutan. Sensor pada turbidimeter mendeteksi intensitas cahaya yang tersebar, kemudian mengonversinya menjadi nilai turbiditas. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan standar ambang batas turbiditas untuk sampel tersebut.

Tingkat turbiditas diukur dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Units) (Male et al., 2019). Nilai NTU menunjukkan kualitas air; semakin tinggi nilai NTU, semakin keruh airnya, yang dapat berdampak negatif terhadap kualitas air.

2.2.5 Uji COD

COD (Chemical Oxygen Demand) adalah salah satu parameter yang digunakan dalam pengujian kualitas air, yang menggambarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik secara kimiawi. Nilai COD menunjukkan tingkat pencemaran yang disebabkan oleh bahan organik. Seiring menurunnya konsentrasi bahan organik dalam air, nilai COD juga akan berkurang (Zhang et al., 2014).

Prosedur analisis COD dimulai dengan standarisasi larutan KMnO₄. Dalam erlenmeyer, dimasukkan 10 ml C₂H₂O₄ 0,1 N dan 5 ml H₂SO₄ 4 N. Larutan ini kemudian dipanaskan menggunakan hot plate hingga suhu mencapai 70-80°C dan dititrasi dengan larutan KMnO₄ hingga warna berubah dari bening menjadi ungu muda (rose). Volume titrasi yang dibutuhkan dicatat sebagai x ml. Selanjutnya, 1 ml sampel limbah yang telah mengalami proses koagulasi diencerkan menjadi 10 ml dan dimasukkan ke dalam

erlenmeyer, lalu ditambahkan 5 ml H₂SO₄ dan x ml larutan KMnO₄ standar. Campuran tersebut dipanaskan hingga suhu 70-80°C. Setelah itu, 10 ml larutan C₂H₂O₄ 0,1 N ditambahkan dan dititrasi lagi dengan KMnO₄ hingga warna berubah dari ungu muda menjadi ungu kehitaman. Volume titrasi yang dibutuhkan dicatat sebagai y ml. Nilai COD kemudian dihitung menggunakan persamaan tertentu.

$$\text{COD} = [(x + y) \text{ ml} \times N \text{ KMnO}_4 \text{ Standarisasi} - (N \times V) \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4] \times 8000 \text{ (1)}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisa Air Limbah

Analisa air limbah dilakukan untuk mengetahui sifat fisika dan kimia, dimana parameter yang dianalisis adalah pH, COD, dan TSS. dimana parameter yang ada belum memenuhi standar yang sudah ditetapkan pada Lampiran V PP RI no. 22 Tahun 2021.

Tabel 1 Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Air Limbah	Baku Mutu (PP RI No. 22 Tahun 2021)
pH	-	5,5	6-9
COD	mg/L	4040	100
TSS	mg/L	200	300

Berdasarkan hasil pengamatan, nilai COD yang terakumulasi menunjukkan tingkat yang sangat tinggi, melebihi ambang batas standar. Nilai COD mencerminkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut (DO). Kadar DO yang rendah dapat berdampak negatif pada ekosistem perairan dan berbahaya bagi manusia, terutama jika air tersebut digunakan untuk minum atau mandi. Tingginya nilai COD juga dapat menyebabkan air berbau tidak sedap dan tampak keruh.

COD (Chemical Oxygen Demand) adalah jumlah rata-rata oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik menggunakan oksidan kuat, dalam penelitian ini menggunakan KMnO₄. Air limbah mengalami penguraian oleh mikroorganisme. Dari hasil penelitian, ditemukan bahwa kandungan COD mencapai 4040 mg/l, jauh melebihi ambang batas COD yang ditetapkan sebesar 100 mg/l menurut PP RI No. 22 Tahun 2001. Hal ini disebabkan oleh kurangnya penambahan bakteri dalam proses awal pembuatan lumpur aktif, sehingga bakteri tidak mampu menguraikan nutrisi yang telah ditambahkan. Sistem aerobik digunakan untuk menguraikan senyawa organik, yang memerlukan suplai oksigen agar mikroorganisme pengurai dapat berfungsi secara optimal (Rachmawati, 2023).

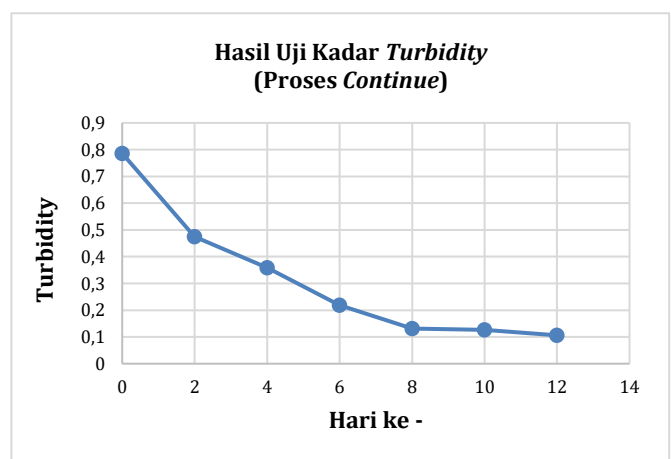
3.2. Hasil Uji Turbiditas Sampel Menggunakan Turbidimeter

Turbiditas merupakan tingkat kekeruhan dalam air, dimana transparansi pada cairan dapat berkurang karena terdapat zat-zat yang tidak terlarut. Hasil pengukuran turbiditas pada larutan sampel dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2 Hasil Data Pengujian Nilai *Turbidity* Sampel

Variabel (Hari)	Turbidity (NTU)	Persentase
Batch		
0	0,957	0%
5	0,786	18%
Continue		
0	0,786	0%
2	0,475	40%
4	0,359	54%
6	0,219	72%
8	0,131	83%
10	0,126	84%
12	0,106	87%

Dari hasil percobaan yang dilakukan menunjukkan konsentrasi kekeruhan (turbidity) di variabel hari ke-0 lebih tinggi dibandingkan hari ke-12 dengan menggunakan 2 metode yaitu *batch* dan *continue*. Sampel awal adalah hari ke-0 pada kondisi *batch*, dan untuk hari ke-0 *continue* dimulai pada hari ke-5 sistem *batch*. Pada tabel dapat dilihat bahwa waktu pengendapan air sampel terhadap turbidimeter sangat berpengaruh. Pada saat sebelum pengendapan nilainya sebesar 0,786 NTU, pada saat sesudah pengendapan pada hari terakhir nilainya menurun menjadi 0,106 NTU.



Gambar 2 Hasil Uji Kadar *Turbidity* Terhadap Lama Waktu Pengujian

Gambar 2 menunjukkan bahwa seiring bertambahnya waktu pengendapan, kadar turbiditas dalam sampel yang diukur menggunakan turbidimeter mengalami penurunan. Penurunan kadar turbiditas terjadi karena partikel yang mengendap semakin banyak seiring dengan lamanya waktu pengendapan. Semakin lama waktu pengendapan, semakin banyak lumpur yang terbentuk, sehingga kadar turbiditas air pun semakin rendah. EM4 sebagai bioaktivator membantu proses pengendapan dengan memfasilitasi pembentukan lumpur. Pada hari ke-8 hingga ke-12, kadar turbiditas mulai stabil, yang disebabkan oleh kurangnya penambahan bakteri EM4, sehingga bahan organik dalam air sulit terdekomposisi.

Penurunan jumlah bakteri juga terjadi karena mereka telah memasuki fase stasioner, di mana laju pertumbuhan melambat dan akhirnya berhenti sebelum mencapai fase kematian. Akibatnya, jumlah bakteri dalam air berkurang, memperlambat proses dekomposisi bahan organik. Dosis EM4 dan durasi waktu kontak sangat memengaruhi kemampuan bakteri dalam menguraikan bahan organik dalam sampel, yang kemudian diendapkan menjadi lumpur (Kusniawati, 2023). Pembentukan lumpur ini meningkatkan nilai pH karena mikroorganisme mereduksi zat organik.

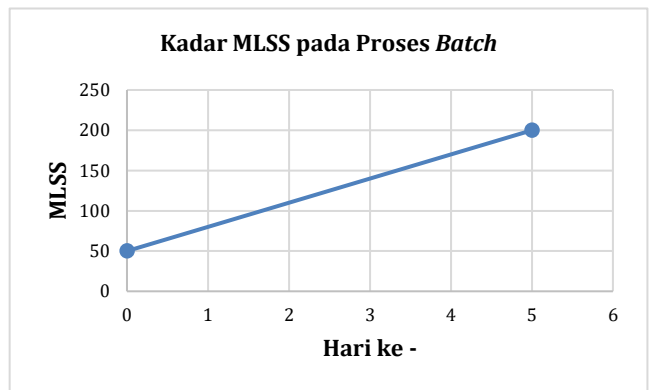
Turbiditas juga memengaruhi peningkatan suhu air. Semakin tinggi nilai turbiditas, semakin banyak panas dari sinar matahari yang diserap air, sehingga suhu meningkat dan metabolisme organisme akuatik terganggu. Oleh karena itu, semakin lama waktu pengendapan, semakin rendah nilai turbiditas. Selain itu, volume sampel juga berpengaruh pada tingkat kekeruhan air; dalam prosedur kali ini, volume yang digunakan hanya 8 liter, sehingga waktu retensi gelembung selama proses pengendapan menjadi lebih lama. Waktu retensi adalah durasi yang tersedia bagi partikel atau gelembung untuk mengendap atau naik ke permukaan. Dalam kasus ini, waktu retensi yang terlalu singkat menyebabkan partikel tetap tersuspensi dalam air, sehingga mengurangi efisiensi pemisahan.

3.3. Hasil Uji MLSS untuk Mengetahui Jumlah Padatan yang Tersuspensi

Uji MLSS dilakukan untuk mengetahui kuantitas mikroorganisme pada lumpur aktif dengan mengambil sampel lumpur untuk mengukur konsentrasi padatan tersuspensi dalam sampel selama proses *batch* dan *continue*. Hasil uji MLSS dapat dilihat pada data berikut.

Tabel 3 Hasil Data Pengujian Nilai MLSS Sampel

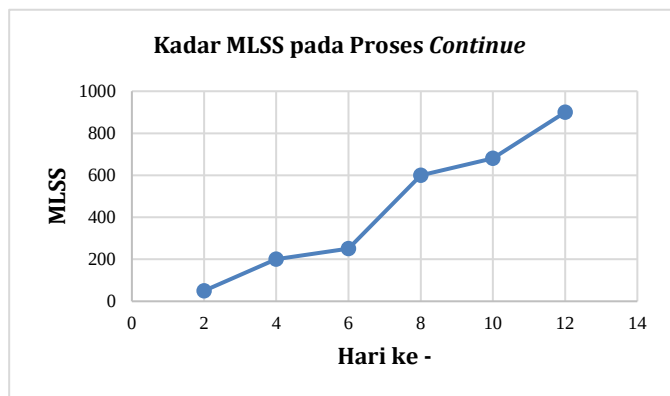
Hari Uji	Massa Kertas Saring		Volume (ml)	MLSS (mg/L)
	Awal (gr)	Akhir (gr)		
Batch				
0	0,97	0,975	100	50
5	0,97	0,99	100	200
Continue				
2	0,9	0,92	100	200
4	1,06	1,085	100	250
6	1,06	1,12	100	600
8	1,06	1,128	100	680
10	1,06	1,15	100	900
12	1,06	1,158	100	980



Gambar 3 Hasil Uji Kadar MLSS pada Proses *Batch* Terhadap Lama Waktu Pengujian

Proses *batch* dilakukan selama lima hari tanpa penambahan air limbah sintesis. Air limbah sintesis sebanyak 8 L dicampurkan di dalam reaktor dengan cairan EM4 sebanyak 8 ml. Hasil uji menunjukkan bahwa kadar MLSS pada proses *batch* tidak mengalami kenaikan secara signifikan, menggambarkan bahwa pada proses ini terjadi adaptasi EM4 terhadap larutan sampel.

Awal percobaan dapat terjadi penurunan MLSS dikarenakan mikroorganisme sedang beradaptasi terhadap kondisi *batch* (Cazaudehore et al., 2019). Jika dibiarkan semakin lama dalam kondisi *batch* dapat mengakibatkan mikroorganisme tidak dapat bertahan hidup karena tidak adanya penambahan materi organik sebagai sumber makanan mikroorganisme.



Gambar 4. Hasil Uji Kadar MLSS pada Proses *Continue* Terhadap Lama Waktu Pengujian

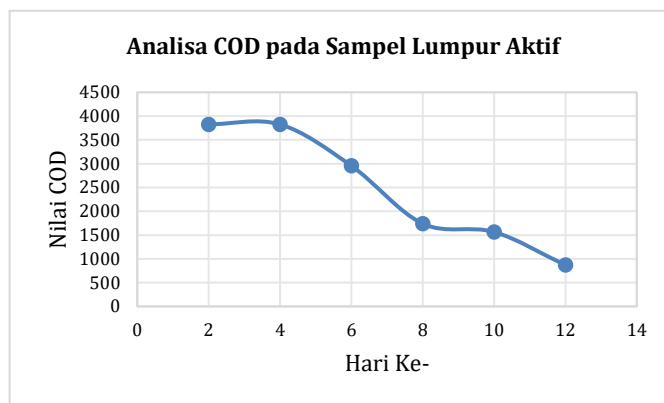
Proses kontinu dalam pengolahan limbah berlangsung hingga hari ke-12, dengan limbah sintetis yang terus dialirkan ke dalam bak aerasi bersama penambahan EM4. Selama proses ini, air limbah secara terus-menerus ditambahkan, yang menyebabkan peningkatan konsentrasi bahan organik, sehingga populasi mikroorganisme dalam bak aerasi juga bertambah. Bakteri EM4 berperan dalam mensintesis senyawa organik dalam lumpur aktif, yang mempercepat peningkatan populasi mikroorganisme dan mempercepat proses degradasi pencemar organik.

Peningkatan populasi mikroorganisme ini memicu peningkatan produksi lumpur aktif karena mikroorganisme mengonsumsi bahan organik dan menghasilkan biomassa. Proses ini juga didukung oleh penambahan udara melalui aerator yang berfungsi sebagai sumber oksigen bagi mikroba lumpur aktif untuk mendegradasi pencemar organik dalam air limbah (Rizaludin & Purwati, 2016).

Konsentrasi lumpur meningkat seiring bertambahnya waktu karena produksi lumpur aktif dan biomassa terus bertambah. Semakin lama proses berlangsung, semakin banyak mikroorganisme yang terbentuk, yang pada gilirannya menghasilkan lebih banyak biomassa dan meningkatkan konsentrasi lumpur dalam sistem. Kadar MLSS terus meningkat seiring waktu, menunjukkan bahwa lumpur aktif memiliki konsentrasi padatan yang lebih tinggi. Berdasarkan analisis uji MLSS, terlihat bahwa selama 12 hari terdapat peningkatan yang signifikan, menandakan bahwa waktu kontak sangat memengaruhi kadar MLSS. Ini menunjukkan bahwa selama proses tersebut, laju pertumbuhan spesifik mikroorganisme lebih cepat dibandingkan laju kematian spesifik. Namun, pada hari ke-12, kadar MLSS hanya mencapai 980 mg/L, yang masih di bawah standar baku mutu yang berkisar antara 1500 - 2000 mg/L. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kondisi feed yang kurang tercemar sehingga perubahan yang dihasilkan tidak terlalu signifikan.

3.4. Analisa kadar COD pada Sampel Lumpur Aktif

Pengujian kadar COD dilakukan dengan cara titrasi, dimana sampel dititrasi dengan larutan KMnO_4 hingga terjadi perubahan warna yang semula berwarna bening menjadi warna ungu keemasan. Parameter COD pada sampel yang telah diuji digambarkan pada grafik berikut.



Gambar 5. Hasil Analisa COD pada Sampel Lumpur Aktif

Penurunan kadar COD dalam pengujian ini terjadi karena penguraian bahan organik melalui proses oksidasi yang menggunakan aerator. Proses tersebut meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik, sehingga nilai COD menurun (kadar DO juga berkurang). Nutrisi dan aerasi dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber energi untuk berkembang biak, yang meningkatkan populasi bakteri dan kadar oksigen di kolam, sehingga menyebabkan penurunan nilai COD (Afifah & Jamilah, 2022). Namun, hasil akhir uji COD pada hari ke-12 hanya mencapai 870 mg/L, masih jauh dari standar baku mutu 100 mg/L. Tingginya nilai COD juga berpotensi menyebabkan air berbau tidak sedap dan keruh.

COD adalah jumlah oksigen rata-rata yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik menggunakan oksidan kuat, dalam hal ini KMnO_4 . Penguraian air limbah secara biologis dilakukan oleh mikroorganisme. Data penelitian menunjukkan bahwa kandungan COD masih berada pada 4040 mg/L, yang jauh melebihi ambang batas 100 mg/L sesuai dengan PP RI No. 22 Tahun 2001. Penggunaan sistem aerobik diperlukan untuk menguraikan senyawa organik, yang memerlukan asupan oksigen yang cukup agar mikroorganisme pengurai dapat bekerja optimal (Rachmawati, 2023).

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa waktu tinggal lumpur sangat berpengaruh terhadap peningkatan kadar MLSS, penurunan nilai

turbiditas, dan penurunan nilai COD. Kadar MLSS terus mengalami peningkatan seiring berjalannya waktu menunjukkan bahwa lumpur aktif memiliki konsentrasi padatan yang lebih tinggi dimana mencapai 980 mg/L. Pada uji turbiditas dan COD, nilai yang dihasilkan semakin menurun seiring bertambahnya waktu tinggal, hal ini disebabkan peran EM4. Hasil yang diperoleh pada uji turbiditas yaitu 0,106 NTU dan uji COD yaitu 870 mg/L. Penggunaan EM4 sebagai inokulan terbukti efektif dalam meningkatkan aktivitas bakteri pengurai yang berperan penting dalam proses penguraian bahan organik. Selain itu, volume air dalam bak aerasi mempengaruhi waktu retensi gelembung udara dan kecepatan pengendapan.

5. Ucapan Terima Kasih

Tim Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan yang telah diberikan oleh pihak Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITK berupa fasilitas yang menunjang terlaksananya penelitian ini, serta tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Asful Hariyadi, S.T., M.Eng dan Ibu Azmia Rizka Nafisah, S.T., M.T atas bimbingan, arahan, dan wawasan yang diberikan kepada kami melalui pengajaran mata kuliah Bioproses. Penelitian ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bimbingan dan arahan penuh dari para dosen pengampu dan laporan ini merupakan hasil kerja keras dan dedikasi kami dalam menyelesaikan Penelitian ini. Kami berharap dengan adanya jurnal ini dapat menambah pengetahuan bagi pembaca.

6. Referensi

- Afifah, N., Rapi, M., & Jamilah. (2022). *Pengaruh Aklimatisasi Lumpur Aktif Terhadap Limbah Cair dari Pabrik Pangan*. Vol. 10, no. 2, pp. 1025-1035. Jurnal Ilmiah Biologi. doi: 10.33394/bioscientist/v10i2.5252.
- Ariyanti, F. N. (2017). *Pengolahan Limbah Cair Dengan Cara Lumpur Aktif (Activated Sludge) Dan Karbon Aktif (Activated Carbon) Dari Arang Batubara*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aung, K. Z., & Kyi, N. T. (2018). *The Effect of EM on the Removal of Bad Odor from Waste Water of Fish Fillet Factory*. pp. 1-10. Dagon University.
- Bernardez, L. A., de Oliveira, L. E. L., & de Andrade Lima, L. R. P. (2021). *Acid mine drainage at the Bahia Gold Belt (Brazil): microbial isolation and characterization*. Vol. 193, no. 2. Environ. Monit. Assess. doi: 10.1007/s10661-021-08844-2.
- Cazaudehore, G., B. Schraauwers, Peyrelasse, C. Lagnat, C., & Monlau, F. (2019). *Determination of Chemical Oxygen Demand of Agricultural Wastes by Combining Acid Hydrolysis and Commercial COD Kit Analysis*. Vol. 250, no. 1, pp. 1-5. Journal of Environmental Management. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109464.
- Efendi, B. I. K. (2010). *Isolasi dan Karakterisasi Thiobacillus ferrooxidans dengan Berbagai Jenis Tanah*. Institut Pertanian Bogor.
- G.A., Ni, Suastuti, M. D. A., Simpen, I. N., & Ayumi, N. (2015). *Efektivitas Penurunan Kadar Surfaktan Linier Alkil Sulfonat (Las) Dan Cod Dari Limbah Cair Domestik Dengan Metode Lumpur Aktif*. Jurnal Kimia, Vol. 9, no. 1, pp. 86-92. Universitas Udayana.
- Garg, N., & Jit, S. (2015). *"Fermentation Process" Institute of Life Long Learning*. University of Delhi.
- Haque, E. A. (2017). *Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Sistem Lumpur Aktif Model SBR Skala Laboratorium* Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kusniawati, E. (2023). *Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar pH, Turbidity, TSS, dan TDS*. vol. 2. no. 10. pp. 4183-4198.
- Male, Y. T., Modok, D. W. S., Seumahu, C. A., & Malle, D. (2019). *Isolasi Mikroba dari Air Asam Tambang pada Area Pertambangan Tembaga di Pulau Wetar, Provinsi Maluku, Indonesia*. Vol. 6, no. 2, hal. 101-106. J. Chem. Res. doi: 10.30598//ijcr.2019.6-thi.
- Morales, F. A., Páez, J. I. P., & Martínez, A. R. (2017). *Model Identification, Calibration and Validation of the Aerobic Stage in Water Remediation of a Paper Mill Effluent Computer Aided Chemical Engineering*. Vol. 40, Pages 547-552.
- Purwaningsih, I. S., Chairul, & Amraini, S. Z. (2008). *Kinetika Reaksi Pengolahan Limbah Cair dengan Sistem Lumpur Aktif Menggunakan EM4 sebagai Kultur Mikroorganisme*. pp. 1-8. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Rachmawati, S. (2023). *Analisis Penurunan Kadar COD Air Limbah Industri*. Jurnal Teknik Lingkungan.
- Rizaludin, A. T., & Purwati, S. (2016). *Potensi Selulase dan Pengaruh Laju Pembebanan pada Efektivitas Pengolahan Air Limbah Kertas Proses Lumpur Aktif*. Vol. 6, no. 2, pp. 83-94. Jurnal Selulosa.
- Sari, F. R., Annissa, R., & Tuhuloula, A. (2013) *Perbandingan Limbah dan Lumpur Aktif Terhadap Pengaruh Sistem Aerasi pada Pengolahan Limbah CPO*. Vol. 2, no. 1, pp. 39-44. J. Konversi UNLAM.
- Titiresmi. (2009). *Proses Pembenihan dan Aklimatisasi Mikroorganisme dari Limbah Pabrik Permen untuk Lumpur Aktif*. JRL, Vol. 5, no. 2, pp. 139-144.
- Zhang, Y. et al., (2014). *A new metallurgical process for the clean utilization of chromite ore*. vol. 131, no. 1, hal. 58-68. Int. J. Miner. Process. doi: 10.1016/j.minpro.2014.07.002.