



Perancangan *Biosand Filtration* untuk Kualitas Air Berdasarkan Tekanan Pompa dari Limbah Industri Kelapa Sawit

Biosand Filtration Design for Water Quality Measurement Based on Pump Pressure from Palm Oil Industry Waste

ARJUNA NENI TRIANA*, MEGA ARIANA

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, 30662 Indralaya, Sumatera Selatan, Indonesia

*arjunaneni triana@fp.unsri.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 November 2022

Accepted 14 July 2023

Published 31 July 2023

Keywords:

Filtration biosand

Activated carbon

Silica sand

Zeolite.

ABSTRACT

The Noman River, the main river that crosses Muaraenim Regency, South Sumatra Province, has been polluted by the liquid waste from the palm oil industry. This study aimed to create a filter device for treating the polluted water waste. This was achieved by designing a pump pressure setting on the filter device with various filter media arrangements. The method used was descriptive, presenting data in graphs and tables. The research and tool design to create a filter device for treating the polluted water waste process involved several stages: tool planning, manufacture and assembly, testing, observation, calculation, and laboratory analysis. The observed parameters included pump pressure, regulated using a pressure gauge to determine water quality before and after filtering. The parameters observed were turbidity, color, pH, suspended solids (TSS), BOD, COD, oil, and grease. The study results indicate that biosand filtration, using different pressures, can treat river water contaminated with waste from the palm oil industry and produce clean water. The initial color of the water before filtering was measured at 230 TCU. After filtering, the color value decreased at each pressure level. Pressure I had a color value of 164 TCU, higher than the 153 TCU obtained at pressure II. The BOD analysis showed a decrease from 2.43 mg/L to 1.86 mg/L at pressure I before filtering. After filtering, the initial total suspended solids (TSS) level was 39.7 mg/L, which decreased to 26.79 mg/L at pressure I and 26.40 mg/L at pressure II. The oil and fat content analysis before filtering showed a concentration of 700 µg/L, which decreased to 501 µg/L at pressure I and 516 µg/L at pressure II after filtering.

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 23 November 2022

Disetujui 14 Juli 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

Kata kunci:

Biosand filtration

Karbon aktif

Pasir silika

Zeolit

ABSTRAK

Sungai Noman, sebagai sungai utama, melewati Kabupaten Muaraenim, Propinsi Sumatera Selatan, telah mengalami pencemaran dari limbah cair industri kelapa sawit. Penelitian bertujuan untuk membuat alat penyaring dari limbah air tercemar dengan desain pengaturan tekanan pompa pada alat penyaring dengan berbagai susunan media filter. Metode deskriptif digunakan dalam penelitian ini dilengkapi dengan data tabel dan grafik. Tahap analisis serta penyediaan alat melewati beragam tahap seperti perencanaan alat, pembuatan dan perakitan alat, pengujian alat, pengamatan, perhitungan, dan analisis laboratorium. Parameter yang diamati yaitu tekanan pompa yang diatur melalui *pressure gauge*, untuk mendapatkan kualitas air sebelum dan sesudah penyaringan. Parameter yang diamati nilai kekeruhan, warna, pH, *total suspended solid* (TSS), *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD), minyak, serta lemak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *biosand filtration* dengan menggunakan tekanan yang berbeda mampu untuk mengolah air sungai dari limbah industri kelapa sawit menjadi air bersih. Warna air sebelum penyaringan sebesar 230 TCU dan setelah dilakukan penyaringan mengalami penurunan nilai warna pada masing-masing tekanan, tekanan I yaitu 164 TCU memiliki nilai warna yang lebih besar dari tekanan II yaitu 153 TCU. Analisis BOD sebelum penyaringan 2,43 mg/l menjadi 1,86 mg/l pada tekanan I. Total *suspended solid* sebelum penyaringan sebesar 39,7 mg/L mengalami penurunan kadar TSS pada tekanan I sebesar 26,79 mg/L dan tekanan II sebesar 26,40 mg/L. Hasil analisis Minyak dan lemak nilai sebelum penyaringan sebesar 700 µg/L mengalami penurunan setelah dilakukan penyaringan pada tekanan I sebesar 501 µg/L dan tekanan II sebesar 516 µg/L.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya alam seperti sungai sangat rawan terhadap pencemaran disebabkan oleh aktivitas penduduk. Ketika jumlah penduduk meningkat dan wilayah di sekitar sungai berkembang, aktivitas masyarakat juga meningkat, dan menyebabkan bahan pencemar tercampur ke sungai serta mengakibatkan penurunan kualitas air (Elida *et al.*, 2022). Pencemaran air sungai terjadi ketika unsur atau zat tertentu memasuki air, sehingga mengakibatkan penurunan kualitas air sungai. Pencemaran ini berasal dari berbagai sumber, termasuk pertanian, penambangan, limbah organik dari aktivitas domestik manusia, serta limbah industri dengan kandungan zat kimia (Chauro *et al.*, 2017).

Sungai Noman, yang merupakan sungai utama yang melintasi Kabupaten Muaraenim, menghadapi masalah pencemaran limbah cair dari industri kelapa sawit. Dampak dari pencemaran tersebut antara lain air sungai yang keruh, berbau tidak sedap, pH tidak stabil, serta mengandung kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan minyak dan lemak yang tinggi. Hal ini menyebabkan air sungai sulit digunakan untuk kegiatan sehari-hari. Untuk mengatasi masalah pencemaran ini, dirancang sebuah metode biosand filtration (Kalsum *et al.*, 2018). *Biosand filter* adalah sistem penyaringan air yang menggunakan pasir sebagai media utamanya. Fungsinya adalah untuk menghilangkan kekeruhan, mengurangi kandungan unsur kimia, dan menghilangkan bau. Hasil akhir dari proses penyaringan dengan biosand filter adalah air yang bersih dan bebas dari bau. *Biosand water filter* sangat mirip dengan saringan pasir lambat yang tidak membutuhkan lahan luas. Keuntungan teknologi menggunakan *biosand filter* mampu menurunkan kadar *Escherichia coli* pada air sungai sebesar 91,2% (Wulandari *et al.*, 2019). Metode *biosand filtration* menggunakan media filter pasir silika, zeolite, serta karbon aktif. Modifikasi filter *biosand* diperkaya dengan kerikil berlapis oksida besi untuk menghilangkan kontaminan kimia, organik dan bakteriologis yang ada pada air (Sizirici *et al.*, 2019). Dengan kombinasi pasir silika, arang aktif serta zeolit, polutan yang terdapat dalam deterjen dapat diserap sehingga mengakibatkan penurunan konsentrasi COD, *total suspended solid* (TSS), warna, dan pH pada limbah cair (Setyobudiarso *et al.*, 2014). Filtrasi melalui *Biosand water filter* yang dimodifikasi tidak berdampak buruk pada kualitas air secara fisiko dan kimiawi air (Sizirici *et al.*, 2019; George *et al.*, 2019).

Penelitian mengenai *biosand filtration* telah dilakukan menggunakan dua reaktor dengan variasi komposisi dan ketinggian media yang berbeda, termasuk kerikil, pasir kasar, dan karbon aktif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *biosand filtration* mampu mengolah air limbah domestik sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan (Ratnawati *et al.*, 2020). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nurhalifah *et al.* (2021), ditemukan bahwa ketebalan media pada *biosand filter* yang menggunakan pompa dengan susunan pasir silika, karbon aktif, dan kerikil dapat menurunkan jumlah bakteri coliform pada air sumur bor. Salah satu keunggulan dari *biosand filtration* yang dirancang adalah kemampuannya dalam mengolah air sungai yang tercemar oleh limbah industri kelapa sawit menjadi air bersih. Sistem penjernih air

ini terdiri atas empat komponen utama, yaitu bak pengendap, pompa air, *biosand filter*, dan bak penampung air bersih. Pompa air berperan dalam memompa air baku dari sumbernya, seperti air rawa, ke dalam bak pengendap. Untuk beroperasi dengan baik, pompa air memerlukan pasokan energi listrik yang sesuai dengan tekanan yang diberikan pada pompa. Perbedaan tekanan pada pompa akan mempengaruhi dorongan yang dihasilkan dalam material penyaring untuk memompa air baku (Suni *et al.*, 2022).

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan alat penyaring air tercemar dengan desain pengaturan tekanan pompa pada alat penyaring *biosand filtration* untuk berbagai susunan media filter.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat seperti 1) pompa sentrifugal; 2) pipa PVC ukuran 1 inci dan $\frac{3}{4}$ inci; 3) *elbow* pipa (polos); 4) kain kasa; 5) bak penampung 16 liter; 6) jerigen 10 liter; 7) botol plastik HPDE (wadah sampel air); 8) *stopwatch*; 9) *ball valve* $\frac{3}{4}$ inci; 10) *pressure gauge*; dan 11) alat tulis. Bahan yang digunakan bahan meliputi 1) air Sungai Noman; 2) pasir silika (tebal 18 cm); 3) karbon aktif (tinggi 17,5 cm); 4) zeolite (tinggi 17,5 cm); 5) lem pipa; dan 6) lem hitam putih.

2.2 Prosedur Penelitian

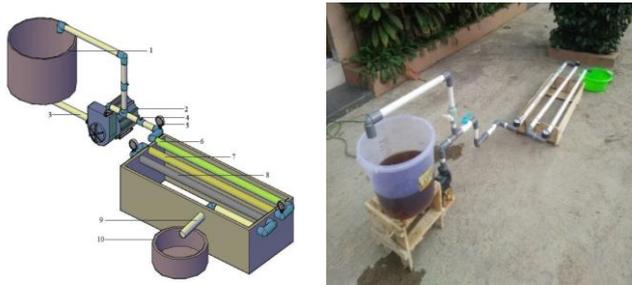
Penelitian ini dilakukan di Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, dan analisis sampel air dilakukan di Laboratorium Kementerian Teknik Kesehatan Lingkungan Palembang. Metode deskriptif digunakan dengan menggunakan data berupa grafik dan tabel. Desain *biosand filtration* ini didasarkan pada pendekatan perencanaan dan desain alat yang terdiri atas rancangan fungsional (fungsi utama alat) dan rancangan struktural (implementasi dari rancangan fungsional, yang kemudian diikuti dengan pembuatan dan perakitan alat). Data utama yang digunakan adalah air sungai yang merupakan limbah dari kelapa sawit, dengan mempertimbangkan tekanan pompa pada alat penyaring biosand filtration dan berbagai susunan media filter.

Parameter yang digunakan meliputi debit air, efisiensi hidrostatis, dan analisis pengujian air limbah. Perhitungan dimensi alat didasarkan pada peraturan yang berlaku dengan menggunakan data penurunan dan perbandingan nilai kekeruhan, warna, pH, zat padat tersuspensi (TSS), COD, BOD, minyak, dan lemak pada setiap tekanan pompa. Dalam perhitungan struktur filter *biosand*, digunakan peraturan atau standar yang berlaku, seperti Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 untuk nilai kekeruhan, bau, warna, dan pH, serta Baku Mutu Air Sungai Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun 2005 untuk nilai TSS, COD, BOD, minyak, dan lemak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Biosand Filtration

Alat *biosand filtration* merupakan suatu teknologi pengolahan air limbah yang merupakan pilihan alternatif yang cukup terjangkau secara biaya, terutama ketika menggunakan tekanan pompa yang bervariasi. Dalam sistem ini, mesin pompa listrik dioperasikan dengan tekanan pertama sebesar 2,6 bar dan tekanan kedua 1,3 bar. Tekanan pompa ini akan mendorong air ke dalam tabung filtrasi yang dilengkapi dengan tiga tahap media penyaring, yaitu pasir silika, tabung zeolit, dan karbon aktif.



Gambar 1. Filter biosand (keterangan gambar : 1. Bak penampung; 2. Mesin pompa; 3. Pipa input; 4. Kran ball valve; 5. Pressure gauge; 6. Tabung filtrasi pasir silika; 7. Tabung filtrasi zeolite; 8. Tabung filtrasi karbon aktif; 9. Pipa output; 10. Bak penampungan hasil filtrasi

Gambar 1 merupakan rancangan sistem *biosand filtration* dengan tiga filter dan tujuh komponen utama. Air limbah sungai diisi dalam bak penampung (1) sebanyak 16 liter. Mesin pompa listrik (2) dihidupkan dan kran ball valve dibuka (4), mengalirkan air melalui pipa input (3) disesuaikan dengan hasil tekanan pada *pressure gauge* (5) tekanan sebesar 1,3 bar (tekanan II) dan 2,6 bar (tekanan I) (2). Air akan didorong ke tabung filtrasi, tabung pertama pasir silika (6), tabung kedua zeolit (7) dan tabung ketiga karbon aktif. Hasil filtrasi akan keluar melalui pipa (9) menuju bak penampungan hasil filtrasi (10). Cara di atas dilakukan kembali dengan pengaturan kran ball valve diputar menjadi tekanan 1,3 bar dan 2,6 bar yang dilihat pada *pressure gauge*. Lalu air yang telah difiltrasi dianalisis.



Gambar 2. Pengukuran biosand filtration

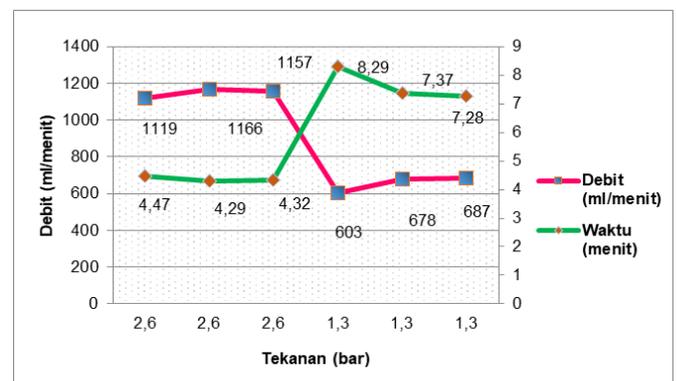
3.2 Hasil Pengamatan Tekanan Filter Biosand

Dalam pengamatan, terdapat perbedaan nilai tekanan yang terindikasi pada *pressure gauge* di setiap tabung filter.

Pada tekanan I sebesar 2,6 bar, nilai tekanan media filter setelah melewati pasir silika mengalami penurunan menjadi 1 bar, sedangkan tekanan setelah melalui media filter zeolit adalah 0,8 bar. Pada tekanan II sebesar 1,3 bar, nilai tekanan juga mengalami penurunan setelah melewati media filter pasir silika sebesar 0,2 bar, dan untuk tekanan setelah melalui media filter zeolit adalah 0,1 bar. Selama proses filtrasi berlangsung, tekanan yang dihasilkan cenderung berkurang seiring dengan penambahan waktu filtrasi. Hal ini disebabkan oleh adanya penyumbatan yang meningkatkan tekanan dalam sistem. Dalam beberapa kasus, tekanan negatif dapat terjadi saat tinggi permukaan air di bak penampung (input) berada di bawah dasar media filter (Lusela, 2015).

3.3 Debit Air

Tekanan pada tabung filter telah diukur menggunakan *pressure gauge* yang dipasang. Tekanan awal pada tekanan pertama adalah 2,6 bar, sedangkan tekanan pada tekanan kedua adalah 1,3 bar.



Gambar 3. Debit terukur

Debit terbesar diperoleh pada pengujian pertama dengan menggunakan tekanan I sebesar 2,6 bar. Debit air yang dihasilkan mencapai 1166 ml/menit, dengan lamanya aliran air selama 4,29 menit. Sementara itu, debit terendah diperoleh pada tekanan 2, yaitu 1,3 bar, dengan debit sebesar 603 ml/menit dan waktu aliran air selama 8,29 menit. Berdasarkan hasil pengamatan, dapat dilihat bahwa terdapat hubungan antara debit air dengan waktu yang diperlukan untuk mengalirkannya. Semakin besar debit air, maka waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air akan menjadi lebih singkat. Sebaliknya, jika debit pompa lebih kecil, waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air akan lebih lama.

3.4 Efisiensi Hidrolis

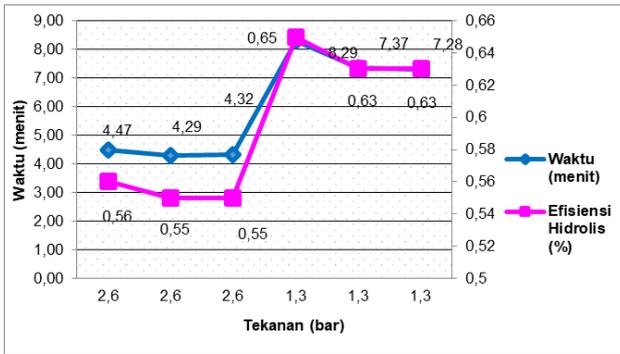
Tekanan pompa yang tinggi selama proses penyaringan melalui hambatan media filter menyebabkan tekanan II (1,3 bar) memiliki efisiensi yang lebih tinggi, yaitu sebesar $6,50 \times 10^{-1}$, dalam waktu 8,29 menit. Efisiensi hidrolis adalah perbandingan antara head pompa aktual dan head pompa teoritis yang diasumsikan memiliki jumlah sudu tak terbatas. Rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi hidrolis seperti pada Persamaan 1 (Karassik et al.,1976).

$$\eta_h = 1 - \frac{0,8}{Q^{0,25}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

η_h = efisiensi hidrolis

Q = debit air (gpm)



Gambar 4. Efisiensi hidrolisis

Efisiensi hidrolisis terendah pada tekanan 2,6 bar (tekanan I), dengan nilai $5,60 \times 10^{-1}$, dalam waktu 4,47 menit. Tekanan pompa yang rendah cenderung lebih efisien daripada tekanan pompa yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil debit air yang diperoleh, semakin tinggi efisiensi hidrolisisnya. Pada tekanan II (1,3 bar) debit airnya lebih kecil dan persentase efisiensi hidrolisisnya lebih tinggi. Semakin tinggi kapasitas fluida atau debit air yang diproses oleh pompa, semakin rendah efisiensi hidrolisis yang terjadi. Hal ini karena pada kecepatan putar atau tekanan pompa yang tinggi, daya yang diperlukan oleh pompa akan meningkat. Sehingga, pompa bekerja dengan beban yang lebih berat dan mengakibatkan penurunan efisiensi pompa (Aristide et al., 2014).

3.5 Analisis Laboratorium

Hasil pengujian di Laboratorium Kementerian Teknik Kesehatan Lingkungan Palembang. Berdasarkan baku mutu air bersih Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 untuk nilai kekeruhan, bau, warna, dan pH untuk nilai zat padat tersuspensi (TSS), BOD, COD, minyak serta lemak yang selaras dengan Baku Mutu Air Sungai Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun (2005), parameter dari penyaringan dengan menggunakan tekanan yang berbeda, hasilnya hampir sama. Pengukuran kualitas air limbah cair kelapa sawit menggunakan alat *biosand filtration* yang dirancang menghasilkan rata-rata karakteristik air dengan tekanan 2,6 bar dan 1,3 bar yang tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji laboratorium air limbah sebelum penyaringan

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Pemeriksaan
Tekanan 2			
Bau	-	Berbau	Organoleptik
Temperatur	°C	22,6	SNI 06-6989.23-2005
Residu Tersuspensi (TSS)	Mg/L	35,3	Direct Reading
Kekeruhan	NTU	18,5	SNI 06-6989.25-2005
Warna	TCU	230,4	Spektrofotometri
PH	-	7,86	SNI 06-6989.11-2004

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Pemeriksaan
Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/L	2,43	SNI 06-2503-1991
Kebutuhan oksigen Kimia (COD)	mg/L	9	SNI 6989.2-2009

Selama proses filtrasi berlangsung, tekanan yang dihasilkan cenderung menurun seiring berjalannya waktu. Hal ini disebabkan oleh penyumbatan (*clogging*) yang terjadi pada media filter, yang menyebabkan peningkatan *headloss*. Bahkan, dalam beberapa kasus, tekanan dapat mencapai nilai negatif, yang berarti tinggi muka air di bak penampung (input) berada di bawah dasar media filter. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Indonesia No. 5 Tahun 2018, nilai BOD serta COD berfungsi sebagai parameter standar untuk kualitas air limbah, bersama dengan parameter lainnya. Meskipun tidak menjadi parameter penentu tunggal, namun BOD serta COD memiliki nilai setara dengan parameter-parameter lain yang menjadi penentu penting kondisi kualitas limbah industri. Penurunan tekanan yang terjadi pada filter *biosand* dipengaruhi oleh kecepatan aliran dalam media filter serta luas permukaan filter *biosand*. Hal ini menunjukkan alat *biosand filtration* yang dirancang telah mampu menurunkan kekeruhan, pH, BOD, COD, minyak dan lemak. *Biosand water filter* merupakan alat yang mampu meningkatkan kualitas air minum dan mengurangi penyakit dan mudah digunakan dilapangan (O'Connell et al., 2018).

Tabel 2. Hasil uji laboratorium air limbah setelah penyaringan

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Pemeriksaan
Tekanan 1			
Bau	-	Tidak Berbau	Organoleptik
Temperatur	°C	22,5	SNI 06-6989.23-2005
Residu Tersuspensi (TSS)	Mg/L	26,79	Direct Reading
Kekeruhan	NTU	9,3	SNI 06-6989.25-2005
Warna	TCU	163,7	Spektrofotometri
PH	-	8,023	SNI 06-6989.11-2004
Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/L	1,87	SNI 06-2503-1991
Kebutuhan oksigen Kimia (COD)	mg/L	7	SNI 6989.2-2009
Tekanan 2			
Bau	-	Tidak Berbau	Organoleptik
Temperatur	°C	22,4	SNI 06-6989.23-2005
Residu Tersuspensi (TSS)	Mg/L	26,4	Direct Reading
Kekeruhan	NTU	9,57	SNI 06-6989.25-2005
Warna	TCU	153,3	Spektrofotometri
PH	-	8,30	SNI 06-6989.11-2004
Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/L	2,1	SNI 06-2503-1991
Kebutuhan oksigen Kimia (COD)	mg/L	7,3	SNI 6989.2-2009

3.6 Kekeruhan

Hasil analisis kekeruhan setelah proses penyaringan air dari sampel air sungai yang tercemar dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan persyaratan kualitas air bersih yang didasarkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990, nilai maksimum kekeruhan yang diperbolehkan adalah 25 NTU (*nephelometric turbidity unit*).

Tabel 3. Hasil analisis kekeruhan

No	Perlakuan	Kekeruhan (NTU)		
		Sebelum	Sesudah	Baku Mutu
1	Tekanan I	18,5	9,33	25
2	Tekanan II		9,57	

Perbandingan nilai kekeruhan yang paling kecil terjadi pada tekanan II, yaitu sebesar 9,33 dan mengalami penurunan setelah proses penyaringan. Menurut Adi *et al.* (2014), pasir kuarsa memiliki butiran dengan pori-pori dan celah yang mampu menyerap serta menyaring partikel dalam air. Fungsi pasir kuarsa adalah untuk menghilangkan sifat fisik seperti lumpur, kekeruhan, dan bau dalam air. Ketika digunakan bersama dengan media filter karbon, pasir silika memiliki efek pengurangan zat padat terlarut, kekeruhan, dan warna. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pasir silika memiliki butiran yang seragam dan lebih berat dibandingkan dengan media lainnya. Ini menyebabkan lapisan filter menjadi lebih padat dan persentase rongga-rongga (*void external*) menjadi berkurang. Sebagai hasilnya, jumlah kekeruhan yang disaring menjadi berkurang. Namun, pada hasil tekanan II, kekeruhan yang tinggi terjadi karena dipengaruhi oleh tekanan yang besar yang menyebabkan laju aliran yang cepat dan menghambat efisiensi filter. Kekeruhan air memiliki kaitan dengan kandungan padatan tersuspensi (TSS) karena TSS dapat menyebabkan kekeruhan dalam air.

3.7 Bau

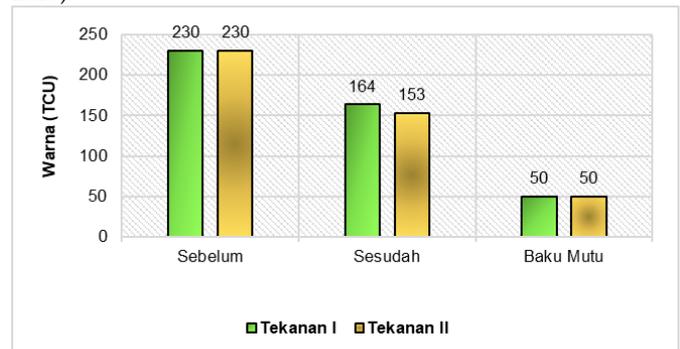
Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 (Kemenkes RI, 1990), air bersih yang memenuhi standar kualitas harus bebas dari bau. Setelah melalui proses penyaringan pada tekanan I dan tekanan II, air yang dihasilkan jauh lebih baik dibandingkan sebelum penyaringan. Hasil tersebut tidak memiliki bau, sehingga dapat dikatakan telah memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Hal ini menunjukkan bahwa media filter yang digunakan pada masing-masing tabung filter mampu menyaring bahan organik yang dapat menyebabkan bau pada sampel air Sungai Noman.

Sebelum proses penyaringan pada tekanan I dan tekanan II, air Sungai Noman memiliki bau yang tidak sedap akibat adanya zat organik dalam air limbah cair kelapa sawit yang tidak terurai dengan sempurna. Adanya bau pada air sungai tersebut tidak memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang mengharuskan air bersih tidak memiliki bau. Kontaminasi air limbah di Sungai Noman membawa banyak zat kimia, dan keberadaan bahan organik dalam air limbah dapat menurunkan kadar oksigen dan menyebabkan bau dalam penyediaan air bersih. Hasil pengembangan model

proses filtrasi terhadap kualitas air minum menunjukkan bahwa pengolahan air setelah melalui proses filtrasi menggunakan media pasir gumuk mampu mengurangi kadar organik, warna, bau, dan rasa (Kurniawan *et al.*, 2021).

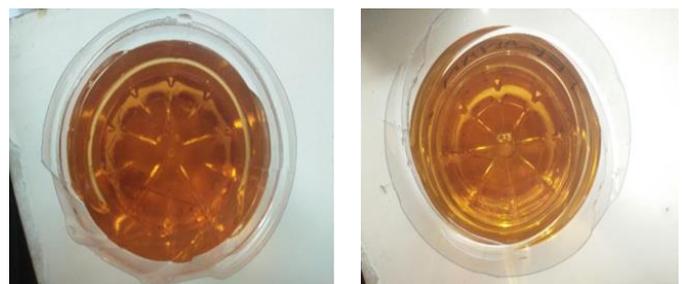
3.8 Warna

Hasil dari analisis yang diperoleh disimpulkan bahwa tidak ada sampel yang memenuhi persyaratan kualitas air bersih yaitu melebihi 50 TCU (*true color unit*). Warna yang timbul akibat keberadaan berbagai bahan kimia serta mikroorganisme yang larut dalam air (Nainggolan *et al.*, 2019).



Gambar 5. Pengamatan warna

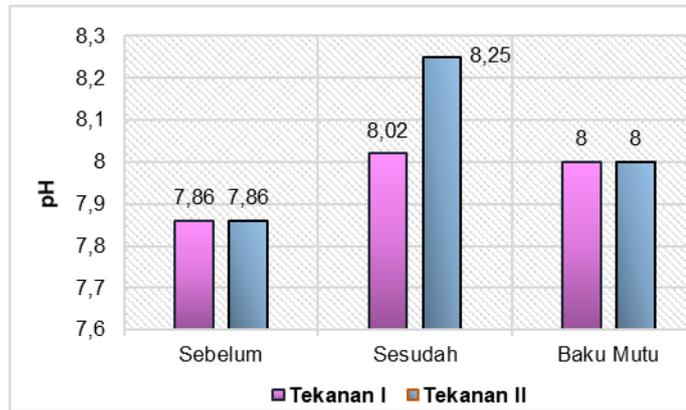
Analisis warna air sebelum penyaringan menunjukkan nilai 230 TCU. Namun, setelah dilakukan penyaringan pada kedua tekanan, terjadi penurunan nilai warna. Tekanan I memiliki nilai warna sebesar 164 TCU, yang lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan II sebesar 153 TCU. Kadar fisik warna yang tinggi dalam air Sungai Noman disebabkan oleh keberadaan bahan organik, bahan anorganik, plankton, humus, ion-ion logam, dan bahan lainnya. Untuk mengatasi masalah ini, penggunaan filter dengan media pasir bancar dan media manganese greensand dapat mengurangi konsentrasi residu tersuspensi (TSS) hingga 80%. Hal ini dapat mempengaruhi tingkat kekeruhan air dan membuat warna air lebih jernih (Hidayah *et al.*, 2019). Hasil analisis warna menunjukkan bahwa kejernihan warna tidak sesuai dengan persyaratan kualitas air bersih. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan dan jumlah pori-pori yang terbatas pada karbon aktif. Karbon aktif berfungsi untuk menyerap gas dan zat dalam sampel air ke dalam pori-pori karbon, sehingga mengurangi jumlah gas dan zat dalam larutan. Proses penyaringan menggunakan karbon aktif sangat penting karena selain dapat menyerap logam berat terlarut, juga dapat menghilangkan warna dan bau dalam sampel air.



Gambar 6. Air sebelum penyaringan dan air setelah penyaringan

3.9 Potential of Hydrogen (pH)

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan penyaringan, nilai pH air telah memenuhi persyaratan baku mutu air bersih yang berkisar antara pH 6,5 hingga 9,0. Analisis pH dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan pada alat penyaring, di mana semakin besar tekanan yang diberikan, semakin rendah nilai pH yang dihasilkan.



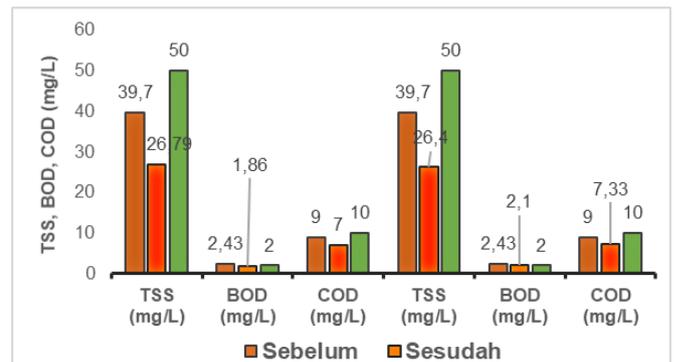
Gambar 7. pH

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa hasil pH setelah dilakukan penyaringan memenuhi persyaratan baku mutu air bersih yang berkisar antara pH 6,5 hingga 9,0. Hasil analisis pH dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan pada alat biosand filter, di mana semakin besar tekanan yang diberikan, semakin rendah nilai pH yang dihasilkan. Terdapat perbedaan hasil analisis pH antara tekanan I dan tekanan II sebesar 0,23.

Setelah dilakukan penyaringan pada air Sungai Noman, terjadi peningkatan nilai pH baik pada penyaringan tekanan I maupun tekanan II, tetapi masih dalam kisaran persyaratan baku mutu air bersih. Peningkatan nilai pH atau kecenderungan menuju sifat basa dalam media filter disebabkan oleh sifat basa media tersebut. Hal ini terjadi karena terdapat banyak ion hidroksida (OH⁻) dalam media filter (Lusela, 2015). Penggunaan zeolit dalam proses penyaringan air dapat meningkatkan pH. Saat laju penyaringan lebih lambat, zeolit akan terkontak lebih lama dalam proses penyaringan, yang mengakibatkan peningkatan pH. Nilai pH air juga mempengaruhi kadar COD dan BOD, di mana semakin tinggi pH air, maka kadar COD dan BOD dalam limbah cair kelapa sawit akan menurun (Bayu et al., 2020). Terdapat hubungan yang terkait antara pH dan penurunan BOD sebesar 95,3%, penurunan TSS sebesar 75,6%, dan penurunan kadar Ni sebesar 15,7%. Namun, pengaruh pH terhadap penurunan kadar Ni, Zn, Cu, dan Pb tidak terlihat signifikan (Nugroho & Yulistiyorini, 2022).

3.10 TSS (Total Suspended Solid), BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand)

Hasil analisis TSS (*Total suspended solid*) telah memenuhi syarat Baku Mutu Air Sungai Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun 2005 dimana kadar maksimum yang diperkenankan sebesar 50 mg/L.



Gambar 8. Total suspended solid, Biological oxygen demand, Chemical oxygen demand

Total suspended solid sebelum penyaringan sebesar 39,7 mg/L dan setelah penyaringan mengalami penurunan kadar TSS pada tekanan I sebesar 26,79 dan tekanan II sebesar 26,40. Tekanan I memiliki kadar TSS tertinggi setelah dilakukan penyaringan karena tekanan berpengaruh terhadap reduksi TSS penyaringan air karena adanya perbedaan dorongan yang bekerja pada masing-masing media penyaring. Berdasarkan hasil pengukuran nilai *Total Suspended Solid* (TSS) dan dibandingkan dengan baku mutu air PP. No. 82 Tahun 2001 kelas III, bahwa perairan Sungai Noman, Kelurahan Muaraenim masih diambang batas, sehingga perairan masih dapat ditoleransi.

Nilai TSS air termasuk dalam kategori katagori sedikit berpengaruh (34-63 mg/l) (Kembarawati & Elvince, 2019). Perbedaan konsentrasi TSS pada akhir setiap tekanan disebabkan oleh peningkatan tekanan yang mengakibatkan berkurangnya kemampuan media penyaring menyerap TSS. Hal ini terjadi karena adanya penumpukan partikel di antara pori-pori media penyaring akibat peningkatan tekanan. Tekanan aliran yang rendah juga berpengaruh pada waktu proses penyaringan, karena waktu yang lebih lama mengakibatkan lebih banyak padatan terlarut yang tertahan di dalam media filter. Penurunan kadar TSS pada air limbah kelapa sawit dipengaruhi konsentrasi air limbah dan jumlah media penyaring proses filtrasi, sehingga penyaring akan semakin optimal (Ilmannafian et al., 2020). Jika dibandingkan analisis TSS Sungai Noman, nilai TSS masih memenuhi syarat Baku Mutu Air Sungai yaitu 39,7 mg/L. Namun, nilai TSS dalam air limbah sawit masih mencapai 80% dari baku mutu. Oleh karena itu, masih memungkinkan untuk melaksanakan usaha atau kegiatan baru dengan memperhatikan karakteristik dan perhitungan beban pencemar yang terkait (Yanti et al., 2022).

Hasil analisis BOD sebelum dan setelah penyaringan menunjukkan adanya penurunan nilai. Sebelum penyaringan, nilai BOD melebihi batas maksimum yang ditetapkan, yaitu 2,43 mg/l, namun setelah dilakukan penyaringan, nilai tersebut menurun menjadi 1,86 mg/l. Pada tekanan II, nilai BOD sebesar 2,10 mg/l tidak memenuhi batas mutu yang diperbolehkan. Nilai BOD yang tinggi dapat mengurangi kadar oksigen terlarut di dalam perairan, sehingga sulit bagi bahan organik untuk terurai di dalam Sungai Noman meskipun telah dilakukan penyaringan. Nilai BOD dipengaruhi oleh jenis limbah, tingkat keasaman (pH), dan kondisi keseluruhan air (Juli et al., 2022).

Hasil pengamatan analisis COD sebelum dan setelah penyaringan menunjukkan adanya penurunan kadar COD, dan tidak ada nilai yang melebihi batas maksimum yang diperbolehkan, yaitu 10 mg/L berdasarkan Standar Baku Mutu Air Sungai Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun 2005. Nilai analisis COD sebelum dan setelah penyaringan mengalami penurunan, dengan nilai 7 mg/L pada tekanan I dan 7,33 mg/L pada tekanan II. Angka COD umumnya lebih tinggi daripada angka BOD karena lebih banyak bahan buangan organik yang dapat dioksidasi secara kimia daripada oksidasi biologis. Beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan media karbon aktif dalam menurunkan kadar COD adalah memiliki daya adsorpsi yang kuat dan sifat organik, karena mikroorganisme lebih mudah berkembang dan menempel pada media yang bersifat organik (Ahmad & Adrianto, 2011). Perkebunan kelapa sawit menjadi penyumbang potensial terbesar terhadap kualitas air dan perubahan keanekaragaman organisme akuatik. Perubahan kualitas air disebabkan oleh pencemaran parameter BOD, COD, dan TSS. Terdapat hubungan linear antara TSS, BOD, dan COD dalam limbah cair. Kadar TSS mempengaruhi nilai BOD dan COD dalam limbah cair, sehingga semakin tinggi nilai TSS, nilai BOD dan COD juga cenderung meningkat (Nabilah et al., 2022).

3.11 Minyak dan Lemak

Hasil analisis minyak dan lemak sebelum penyaringan menunjukkan nilai sebesar 700 µg/L, namun setelah dilakukan penyaringan pada tekanan I nilainya menjadi 501 µg/L dan pada tekanan II menjadi 516 µg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak ada nilai yang melebihi batas mutu yang diperbolehkan. Berdasarkan Standar Baku Mutu Air Sungai Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun 2005, kualitas air permukaan yang dianggap baik memiliki batas nilai sebesar 1000 µg/L. Dalam analisis laboratorium, nilai minyak dan lemak setelah penyaringan tidak melebihi batas mutu untuk air permukaan. Minyak dan lemak sering menyebabkan penyumbatan (*clogging*) karena dapat mengeras dan membentuk lapisan yang menghalangi aliran. Penggunaan karbon aktif, seperti arang batok kelapa dan arang sekam padi, dapat mengurangi nilai minyak dan lemak dalam limbah rumah tangga (Wulandari et al., 2019).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa alat filtrasi biosand yang dirancang mampu menurunkan kadar kekeruhan, pH, BOD, COD, minyak dan lemak setiap tekanan, dari air limbah kelapa sawit. Kadar TSS setelah sebelum penyaringan adalah 39,7 mg/L, dan mengalami penurunan setelah penyaringan tekanan I sebesar 26,79 mg/L dan tekanan II sebesar 26,40 mg/L. Analisis nilai minyak dan lemak sebelum penyaringan adalah 700 µg/L, dan mengalami penurunan setelah dilakukan penyaringan menjadi 501 µg/L pada tekanan I dan 516 µg/L pada tekanan II. Penyaringan belum teruji untuk sample air yang melebihi baku mutu kecuali untuk analisis BOD yang memiliki kadar sebelum penyaringan 2,43 mg/l menjadi 1,86 mg/l pada tekanan I.

PERSANTUNAN

Terima kasih penulis ucapkan kepada Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian. Ucapan terima kasih juga kepada Laboratorium Kementrian Teknik Kesehatan Lingkungan Palembang, yang telah membantu untuk menganalisa, memberikan masukan dan dukungan dalam proses melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, W. Sari, S. P. & Umroh, (2014). Efektifitas Bahan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Masyarakat Nelayan Wilayah Pesisir Kabupaten Bangka. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 8 (2), 34-99.
- Afrianti, S., Raymonda, D., Pernando, S., & Pardede, P. (2022). Rancangan Alat Penjernih Air Menggunakan Media Kombinasi Fiber Kelapa Sawit dan Arang Aktif. *Perbal : Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 10(2), 249-263.
- Aristide, M, I, A., Hasna, N., Agustina, N. dan Maulana, G, P., (2014). *Pompa Sentrifugal*. Laporan Laboratorium Satuan Operasi. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negri Bandung.
- Bayu, M., Ramadhan, A., Faculty, E., Kelua, G., & Author, C. (2020). Pengaruh pH Terhadap COD, BOD dan VFA Pada Pengolahan Limbah. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, ISBN 978-6, 69-74.
- Aina, L C., Rita S.D., E., & Kaswinarni, F. (2017). Biomonitoring Pencemaran Sungai Silugonggo Kecamatan Juwana Berdasarkan Kandungan Logam Berat (Pb) Pada Ikan Lindu. *Bioma : Jurnal Ilmiah Biologi*, 5(2). <https://doi.org/10.26877/bioma.v5i2.1498>.
- George, D., & Ahammed, M. M. (2019). Effect of zero-valent iron amendment on the performance of biosand filters. *Water Science and Technology: Water Supply*, 19(6), 1612-1618. <https://doi.org/10.2166/ws.2019.032>.
- Hidayah, E. N., Hikmah, S. N., & Kamal, M. F. (2019). Efektivitas Media Filter DALAM Menurunkan TSS dan Logam Fe Pada Air Sumur Gali. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(2), 1-8. <https://doi.org/10.20527/jukung.v5i2.7313>.
- Ilmannafian, A. G., Lestari, E., & Khairunisa, F. (2020). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 244-253. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i2.4012>.
- Kalsum, S. U., Gusri, L., & Junardi, J. (2018). Analisis Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Batang Asam Akibat Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Metode Indeks Pencemaran. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(2), 41. <https://doi.org/10.33087/daurling.v1i2.9>.
- Kembarawati, & Elvince, R. (2019). Analisis Kualitas Air Akibat Kegiatan Penambangan Emas Kota Palangka Raya. Analysis of water quality due to small scale gold minning activities in Rungan River , Petuk Ketimpun Village , Palangka Raya City. *Journal of Tropical Fisheries*, 14, 1-10.

- Kemenkes RI. (1990). Permenkes No. 416 Tahun (990) Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Hukum Online, (416), 1–16. www.ptsmi.co.id.
- Kurniawan, A. P., Nahdi, M. S., & Aisah, S. (2021). Modifikasi Biosand Filter Pasir Gumuk Sebagai Upaya Pengolahan Air Sungai Gadjahwong Yogyakarta. *BIOSFER: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 6(1). <https://doi.org/10.23969/biosfer.v6i1.4135>.
- Lusela, Y. A., (2015). *Studi Efektivitas Biosand Filter Terhadap Peningkatan Kualitas Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Variasi Luas Permukaan Dan Tinggi Freeboard*. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Nabilah Y., Putri TN., W. (2022). *Jurnal Teknik Kimia USU*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(1), 95–101.
- Nainggolan, A. A., Arbaningrum, R., Nadesya, A., Harliyanti, D. J., & Syaddad, M. A. (2019). Alat Pengolahan Air Baku Sederhana Dengan Sistem Filtrasi. *Widyakala Journal*, 6, 12. <https://doi.org/10.36262/widyakala.v6i0.187>.
- Novita, E., Mauvi, R D., & Pradana, H. A. (2022). Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Bedadung Kabupaten Jember Menggunakan QUAL2Kw. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 10(1), 77–84. <https://doi.org/10.19028/jtep.010.1.77-84>.
- Nugroho, Y. B., & Yulistyorini, A. (2022). *Jurnal Teknologi Lingkungan Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT . Wahana Kreasi Performance Evaluation of Wastewater Treatment Installation (WWTP) PT . Wahana Kreasi Hasil Kencana (WKHK) Tangerang*. 23(2), 172–179.
- Nurhalifah, H.F., Hanurawaty, N Y., Purnama, LB. *Jurnal Kesehatan Siliwangi*.(2021). Variasi Ketebalan Media Pada Biosand Filter Terhadap Penurunan Bakteri Coliform Pada Air Bersih, Vol. 2 (2). DOI : <https://doi.org/10.34011/jks.v2i2.727>
- O'Connell, B., Slawson, D., Quinn, M., Scheuerman, P., & Ogunleye, O. (2018). Biosand water filter evaluation: Pilot study of field use indicators in Cyegera, Rwanda. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, 67(6), 607–614. <https://doi.org/10.2166/aqua.2018.159>.
- Ratnawati, R., Ulfah, S.L.(2020). Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan Biosand Filter. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1),8-14, doi:10.14710/jil.18.1.8-14
- Setyobudiarso, H. dan Yuwono, E., (2014). Rancang Bangun Alat Penjernih Air Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Media Penyaring Kombinasi Pasir – Arang Aktif. *Jurnal Neutrino*, 6(2), 84-90.
- Sizirici, B., Yildiz, I., AlAli, A., Alkhomeiri, A., Alkhoori, A., Bufalasa, F., & Alawadi, R. (2019). Modified biosand filters enriched with iron oxide coated gravel to remove chemical, organic and bacteriological contaminants. *Journal of Water Process Engineering*, 27(July 2018), 110–119. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.11.015>.
- Suni, A. F., Djuniadi, D., Sunarko, B., & Wulansarie, R. (2022). Unjuk Kerja PLTS Untuk Operasional Sistem Penjernih Air di Rawa Pening. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 4(1), 17–22. <https://doi.org/10.30595/jrre.v4i1.14003>.
- Wulandari, D. A., Nasoetion, P., Letare, M., Studi, P., Lingkungan, T., Teknik, F., Malahayati, U., & Lampung, B. (2019). Biosand Filter Pada Air Sungai Untuk Penyediaan Air. 3, 42–45.
- Yanti, K. D., Fitrianiingsih, Y., & Saziati, O. (2022). Analisis Kualitas Air dan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Kapuas di Kecamatan Mukok Kabupaten Sanggau. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 10(1), 22–31.