

Studi Sifat Fisis dan Kimia Air Tanah Terkontaminasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Berdasarkan Skala Laboratorium

Study of Physical and Chemical Properties of Groundwater Contaminated by Palm Oil Mill Effluent Based on Laboratory Scale

H. Gemma¹, Zulfian^{2*}, D. Wahyuni¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

²Program Studi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

Email: helganiagemma@student.untan.ac.id; *zulfiantabrani@physics.untan.ac.id; dwiriawahyuni@physics.untan.ac.id

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pencampuran air tanah dan limbah cair kelapa sawit terhadap kualitas air tanah. Sampel air tanah dan limbah cair kelapa sawit dicampur di laboratorium dengan perbandingan konsentrasi berbeda yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Campuran tersebut diuji menggunakan lima parameter kualitas air, yaitu Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Dissolved Oxygen (DO), power of Hydrogen (pH), dan Total Suspended Solid (TSS). Standar baku mutu air untuk kelima parameter tersebut merujuk kepada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi limbah cair kelapa sawit dalam campuran air tanah menyebabkan penurunan kualitas air tanah. Nilai COD dan BOD pada campuran dengan konsentrasi limbah cair 25% hingga 100% melebihi baku mutu air kelas 4 yang ditetapkan untuk irigasi tanaman, dengan COD maksimum mencapai 1506 mg/L dan BOD maksimum 378 mg/L. Parameter DO menurun dengan meningkatnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit, menunjukkan penurunan oksigen terlarut dalam air. Namun, nilai pH dan TSS tetap berada dalam kisaran standar yang ditetapkan, meskipun TSS meningkat dengan bertambahnya konsentrasi limbah. Hasil ini menunjukkan bahwa pencemaran air tanah oleh limbah cair kelapa sawit memiliki dampak signifikan terhadap penurunan kualitas air. Air tanah yang terkontaminasi limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi lebih dari 25% tidak layak digunakan untuk keperluan irigasi (kelas 4) maupun untuk kategori kelas air lainnya yang lebih tinggi. Persentase perubahan nilai BOD, COD, pH, dan TSS bernilai positif, sedangkan parameter DO mengalami persentase perubahan dengan nilai negatif seiring dengan peningkatan konsentrasi limbah cair kelapa sawit.

Kata kunci: Air tanah; limbah cair kelapa sawit; sifat fisis; sifat kimia

Abstract – This study examines how mixing groundwater and palm oil mill effluent affects groundwater quality. Groundwater and palm oil mill effluent samples were mixed in the laboratory with different concentration ratios, namely 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The mixture was tested using five water quality parameters, namely Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Dissolved Oxygen (DO), power of Hydrogen (pH), and Total Suspended Solid (TSS). The water quality standards for these five parameters refer to Government Regulation Number 22 of 2021. The study results showed that increasing the concentration of palm oil mill effluent in the groundwater mixture caused a decrease in groundwater quality. The COD and BOD values in the mix with a concentration of 25% to 100% palm oil mill effluent exceeded the class 4 water quality standards set for plant irrigation, with a maximum COD reaching 1506 mg/L and a maximum BOD of 378 mg/L. The DO parameter decreased with increasing concentration of palm oil mill effluent, indicating a decrease in dissolved oxygen in the water. However, the pH and TSS values remained within the standard range, although TSS increased with increasing waste concentration. These results indicate that groundwater pollution by palm oil liquid waste significantly impacts the decline in water quality. Groundwater contaminated with palm oil mill effluent

with a concentration of more than 25% is unsuitable for irrigation purposes (class 4) or for other higher water class categories. The percentage changes in BOD, COD, pH, and TSS values were positive, while the DO parameter experienced a percentage change with a negative value along with the increasing concentration of palm oil mill effluent.

Key words: Chemical properties; groundwater; palm oil mill effluent; physical properties.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki perkebunan kelapa sawit dan produsen minyak kelapa sawit terbesar [1]. Kalimantan Barat merupakan salah satu provinsi yang mempunyai lahan perkebunan kelapa sawit yang cukup luas, yakni mencapai 2.039.203 Ha. Pada tahun 2022, menduduki posisi ke-3 di Indonesia, setelah Provinsi Riau dan Sumatera Utara [2]. Industri kelapa sawit menghasilkan limbah dengan jumlah yang besar, baik berupa limbah padat ataupun cair sehingga dapat mencemari lingkungan sekitar kawasan industri dan perkebunan kelapa sawit khususnya air tanah [3].

Limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi [4] sehingga dapat mencemari serta memiliki potensi terbesar sebagai pencemar lingkungan, yang akan berdampak pada air tanah. Hal ini disebabkan karena terdapat kandungan zat organik yang tinggi dan juga rendahnya tingkat keasaman atau pH [5]. Limbah cair kelapa sawit yang berupa limbah mentah dan berada di kolam inlet memiliki *Power of Hydrogen* (pH) sebesar 3,3-4,9 [5], *Chemical Oxygen Demand* (COD) 53.600 mgL⁻¹ [5], *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) 25.000 mgL⁻¹[5], *Total Suspended Solid* (TSS) 19.000 mgL⁻¹[5], dan minyak dan lemak 5.000 s.d. 7.000 mgL⁻¹[6]. Kalsum *et al.* [7] menunjukkan bahwa limbah cair kelapa sawit mencemari air sungai dan tergolong tercemar ringan. Pencemaran air tanah juga tidak dapat dihindari jika pengelolaan dan pembuangan limbah cair kelapa sawit tidak dilakukan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 5 tahun 2021 [8].

Limbah cair kelapa sawit bisa digunakan sebagai pupuk organik bagi tanaman kelapa sawit [9]. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 5 Tahun 2021, limbah cair pabrik kelapa sawit dapat dibuang atau dilepaskan ke dalam tanah dengan mempertimbangkan baku mutu air limbah [8]. Limbah dapat dibuang ke dalam tanah dan dijadikan pupuk bagi tanaman kelapa sawit. Menurut Pujono *et al.* [5] pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai pupuk dapat meningkatkan berat tandan buah segar sebesar 44%. Akan tetapi, pembuangan limbah cair kelapa sawit dalam jangka panjang dapat berdampak mencemari lingkungan, khususnya air tanah. Adanya kandungan limbah cair kelapa sawit di dalam air tanah belum secara signifikan diteliti salah satunya terkait peningkatan konsentrasi limbah cair kelapa sawit di dalam air tanah.

Dari latar belakang di atas, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengkaji perubahan sifat fisis dan kimia air tanah tercemar limbah kelapa sawit dengan variasi konsentrasi limbah cair kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan berskala laboratorium untuk proses pencampuran antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit. Konsentrasi air campuran antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit dibuat dengan perbandingan 0%:100%, 25%:72%, 50%:50%, 75%:25%, dan 100%:0%. Parameter fisis dan kimia yang diuji meliputi BOD, COD, *Dissolved Oxygen* (DO), pH, dan TSS. Dari campuran antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit dicari persentase perubahan kadar BOD, COD, DO, pH, dan TSS. Dari penelitian ini, diharapkan dapat menjadi salah satu rujukan terkait perubahan sifat fisis dan kimia air tanah yang terkontaminasi limbah cair kelapa sawit.

2. Landasan Teori

2.1 Limbah kelapa sawit

Limbah adalah pengertian dari suatu bahan yang dibuang setelah adanya proses produksi, baik yang berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia maupun proses alam, dan tidak mempunyai nilai ekonomis. Pengolahan yang dilakukan di pabrik minyak kelapa sawit menimbulkan adanya limbah, antara lain limbah padat dan limbah cair. Jenis limbah cair pada pabrik kelapa sawit adalah jenis limbah organik yang berupa air, minyak maupun padatan organik yang diperoleh dari hasil proses pengolahan tandan buah sawit segar menjadi minyak sawit mentah. Dengan adanya proses pengolahan minyak kelapa sawit ini menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang cukup besar [10].

Jumlah air limbah cair yang diperoleh dari proses pengolahan kelapa sawit tergantung dari status sistem dan kapasitas pengolahan serta peralatan yang digunakan [11]. Standar baku mutu pada air limbah yang digunakan untuk kegiatan industri minyak kelapa sawit diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 [12].

2.2 Air tanah

Air tanah adalah air yang berasal dari air hujan dan terdapat dibawah permukaan tanah. Sumber daya pada air tanah dapat diperbarui, hal ini dikarenakan air tanah terdapat dua bagian yang tidak dapat terpisahkan pada siklus hidrologi. Akan tetapi, pemanfaatan air tanah perlu diperhatikan dari sisi kuantitas dan kualitas dari air tanah [13]. Secara kuantitas, apabila pengguna melebihi ketersediaan maka kapasitas penyediaan air tanah akan menurun. Kualitas air tanah ditentukan dari beberapa sifat, yaitu sifat fisik, sifat kimia, dan sifat biologi yang terkandung dalam air tanah. Sifat fisik terdiri dari warna, bau, rasa, suhu, kekeruhan serta total zat padat terlarut (TDS). Kualitas air pada dasarnya mengacu pada sifat-sifat atau karakteristik air yang berasal dari sumber alami, serta sifat-sifat kimia lain yang terbentuk dari pencampuran bahan-bahan organik dan anorganik, yang berperan penting sebagai indikator kualitas air [14].

Baku mutu pada air tanah tidak ada peraturan spesifik yang mengaturnya sehingga yang menjadi rujukan untuk standar baku mutunya adalah Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 [12] terkait standar baku mutu air sungai dan sejenisnya. Standar baku mutu ini disajikan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Baku mutu air sungai atau sejenisnya [12].

Parameter	Satuan	kelas 1*	kelas 2*	kelas 3*	kelas 4*
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	40	80
DO	mg/L	6	4	3	1
pH	-	6-9	6-9	6-9	6-9
TDS	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000
TSS	mg/L	40	50	100	400
Warna	Pt-Co	15	50	100	-

*Kelas 1 digunakan untuk air baku air minum.

*Kelas 2 digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan untuk mengairi tanaman.

*Kelas 3 digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan dan untuk mengairi tanaman.

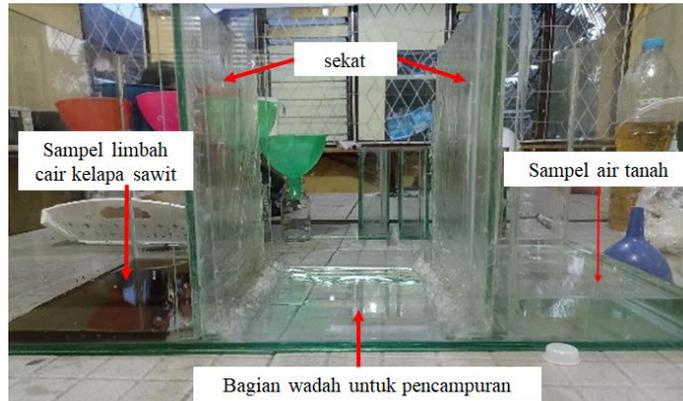
*Kelas 4 digunakan untuk mengairi tanaman.

3. Metode

Sampel air tanah dan limbah cair kelapa sawit di ambil di Desa Tinting Boyok, Kecamatan Sekadau Hulu, Kabupaten Sekadau, Provinsi Kalimantan Barat. Sampel air tanah dan limbah cair kelapa sawit dicampurkan di laboratorium menggunakan wadah berbentuk persegi panjang yang berwarna transparan dan memiliki dua sekat sehingga bagian wadah tersebut terbagi menjadi tiga bagian. Sekat kiri dan kanan untuk masing-masing sampel limbah cair kelapa sawit dan air tanah, sedangkan bagian tengah wadah untuk bagian pencampuran antara keduanya (Gambar 1). Jika air tanah dan limbah cair kelapa sawit sudah di dalam wadah, maka kedua sekat diangkat sehingga keduanya dapat bercampur. Sampel air campuran antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit berjumlah tiga (3) sampel. Perbandingan konsentrasi antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit disajikan oleh Tabel 2. Ketiga sampel air campuran ini diuji parameter COD, BOD, DO, TSS, dan pH. Selain ketiga sampel tersebut, dua (2) sampel lainnya diuji kelima parameter tersebut yaitu sampel air tanah dan limbah cair kelapa sawit. Kedua sampel tersebut menjadi acuan dalam proses analisis perubahan nilai COD, BOD, DO, TSS, dan pH dari air campuran antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit.

Parameter pH dan DO diuji menggunakan alat *water quality meter*, sedangkan parameter COD dan BOD dilakukan pengujiannya ke Laboratorium Kualitas dan Kesehatan Lahan Fakultas Pertanian

Universitas Tanjungpura. Sementara itu, TSS diuji di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Pontianak.



Gambar 1. Wadah pencampuran antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit.

Tabel 2. Sampel limbah cair pabrik kelapa sawit, air tanah, dan air campuran.

Sampel	Perbandingan konsentrasi		Keterangan
	Limbah cair kelapa sawit	Air tanah	
S1	0%	100%	Air tanah
S2	25%	75%	Air campuran antara limbah cair dan air tanah
S3	50%	50%	Air campuran antara limbah cair dan air tanah
S4	75%	25%	Air campuran antara limbah cair dan air tanah
S5	100%	0%	Limbah cair kelapa sawit

Persentase perubahan parameter COD, BOD, DO, TSS, dan pH dapat menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$\text{Perubahan Persentase} = \frac{X_{\text{campur}} - X_{\text{awal}}}{X_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan X_{campur} adalah nilai uji parameter COD, BOD, DO, pH, dan TSS untuk air campuran, dan X_{awal} adalah nilai uji parameter COD, BOD, DO, pH, dan TSS untuk sampel air tanah. Nilai parameter COD, BOD, DO, pH, dan TSS sampel air tanah menjadi acuan untuk perhitungan karena air tanah dianggap terkontaminasi limbah cair kelapa sawit.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil dan analisis pencampuran air tanah dan limbah cair kelapa sawit

Sampel air tanah, limbah cair kelapa sawit, dan air campuran memiliki perbedaan warna yang disajikan oleh Gambar 2. Sampel air tanah (S1) secara visual memiliki warna putih bening (Gambar 2a), sedangkan limbah cair kelapa sawit (S5) berwarna hitam pekat (Gambar 2e). limbah cair kelapa sawit (S5) berwarna hitam pekat ini dikarenakan kandungan pada limbah cair kelapa sawit terdiri dari padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak. Air campuran antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit masih dapat dibedakan secara visual seiring dengan bertambahnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit. Dari Gambar 2b air campuran dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 25% (S2) memiliki warna cokelat. Adanya limbah cair kelapa sawit di dalam air campuran dapat mengubah warna air tanah, dari yang putih bening menjadi cokelat. Warna air campuran semakin menuju cokelat kehitaman seiring dengan pertambahan konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 50% dan 75% yang disajikan oleh Gambar 2c dan Gambar 2d. Jika pencampuran antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit terjadi di lingkungan, maka dapat menurunkan kualitas pada air tanah. Pencampuran air tanah dan limbah cair kelapa sawit ini dapat merepresentasikan kondisi air tanah terkhusus pada daerah tempat pengambilan sampel air

tanah. Karena pada air tanah dapat menjadi indikator awal yang dapat dilihat oleh masyarakat untuk menduga air tanah tersebut sudah tercemar atau belum oleh limbah cair kelapa sawit.



Gambar 2. Sampel pencampuran antara air tanah dan limbah cair kelapa sawit (a) S1, (b) S2, (c) S3, (d) S4, dan (e) S5.

4.2 Analisis sifat fisis dan kimia

Hasil pengujian dari air tanah, limbah cair kelapa sawit, dan air campuran dilakukan di Desa Tinting Boyok, Kecamatan Sekadau Hulu, Kabupaten Sekadau yang meliputi parameter fisis dan kimia yang tersaji pada Tabel 2. Secara umum standar baku mutu yang digunakan untuk air tanah yaitu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 [12] yang mengatur tentang batas baku mutu kandungan sifat fisis dan kimia air sungai, danau atau sejenis untuk keperluan air mutu air minum hingga keperluan mengairi tanaman.

Tabel 2. Hasil pengujian parameter fisis dan kimia.

Parameter	Satuan	Hasil pengujian				
		Sampel S1	Sampel S2	Sampel S3	Sampel S4	Sampel S5
BOD	mg/L	2,1	138	168,9	378	301
COD	mg/L	10,2	460	563	1260	1506
DO	mg/L	5,5	4,5	3,56	2,43	0,43
pH	-	7,74	8,07	8,08	8,11	8
TSS	mg/L	2,9	43,5	71	121	167

Dari Tabel 2, air campuran yang mengandung limbah cair kelapa sawit melewati baku mutu terkhusus untuk parameter COD dan BOD. Dari sampel S2, S3 S4, dan S5 yang memiliki konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 25%, 50%, 75%, 100% melewati batas baku mutu COD sebesar 80 mg/L untuk baku mutu air untuk keperluan mengairi tanaman (kelas 4) [12]. Kandungan BOD untuk sampel S2, S3, S4 dan S5 juga melebihi standar baku mutu kelas 4. Kandungan BOD yang diizinkan untuk mengairi tanaman (kelas 4) adalah 12 mg/L [12] dan keempat sampel tersebut melewati nilai tersebut. Dari kedua parameter tersebut, jika air tanah terkontaminasi limbah cair kelapa sawit 25% s.d. 75%, maka air tersebut sudah tidak layak untuk digunakan kelas 4, apalagi untuk keperluan air untuk kelas 1, kelas 2 dan kelas 3 dipastikan lebih tidak layak lagi. Ada kandungan limbah cair kelapa sawit di dalam air tanah dapat menurunkan kualitas air tanah. Penurunan kualitas air ini juga ditunjukkan oleh peningkatan nilai TSS walaupun nilai TSS sampel S2, S3, S4, dan S5 masih dapat memenuhi salah satu dari kelas1, kelas 2, kelas 3 ataupun kelas 4. Penurunan kualitas air tanah juga ditunjukkan oleh menurunnya kandungan DO seiring dengan meningkatnya konsentrasi air limbah di dalam air tanah. Walaupun nilai DO untuk air campuran sampel S2, S3 dan S4 masih dapat dikategorikan memenuhi salah satu kelas 1, kelas 2, maupun kelas 3.

Konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada air campuran semakin tinggi, seiring dengan bertambahnya konsentrasi yang dicampurkan pada air tanah. Sampel S2 memiliki konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 25% sebesar 138 mg/L dan meningkat menjadi 168,9 mg/L saat konsentrasinya 50% (sampel S3). Sampel S4 dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 75% juga menunjukkan peningkatan nilai BOD dengan nilainya sebesar 378 mg/L. Hanya saja nilai BOD ini melebihi nilai BOD limbah cair kelapa sawit yang sebesar 301 mg/L. Hal ini diduga karena konsentrasi perbandingan limbah

cair kelapa sawit yang dicampurkan dengan air tanah lebih banyak dari yang seharusnya dicampurkan. Nilai BOD pada limbah cair menunjukkan bahwa banyaknya senyawa-senyawa organik yang mudah diuraikan di dalam limbah cair kelapa sawit. BOD digunakan sebagai parameter dalam baku mutu limbah cair kelapa sawit atau air tanah karena perannya sebagai penduga pencemaran bahan organik dan kaitannya dengan berkurangnya kandungan oksigen terlarut dalam air tanah. Peran BOD tidak hanya menjadi faktor penentu, tetapi sama dengan parameter lainnya yang merupakan parameter kunci mengenai dugaan adanya pencemaran pada suatu kegiatan.

Hasil pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada pencampuran sampel air tanah dan limbah cair kelapa sawit pada Tabel 2. Nilai COD dapat menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi limbah cair kelapa sawit di dalam air, maka kandungan polutan semakin tinggi. Nilai COD yang tinggi menandakan bahwa semakin tinggi kebutuhan oksigen untuk menguraikan bahan organik yang mudah terurai pada air limbah, sehingga semakin sedikit oksigen yang tersedia sebagai sumber kehidupan biota perairan. Sampel S2 memiliki konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 25% memiliki nilai COD sebesar 460 mg/L dan meningkat menjadi 563 mg/L saat konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 50% (sampel S3). Sampel S4 dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 75% juga menunjukkan peningkatan nilai COD dengan nilai sebesar 1260 mg/L. Meningkatnya nilai konsentrasi COD ini disatu sisi disebabkan karena Lokasi pengambilan sampel masih berada disekitar perkebunan kelapa sawit dan pabrik pengolahan kelapa sawit. Namun disisi lain juga disebabkan karena adanya intensitas aktivitas perkebunan dan pabrik kelapa sawit, maka sedikit banyaknya akan mempengaruhi peningkatan nilai konsentrasi COD pada kualitas air tanah.

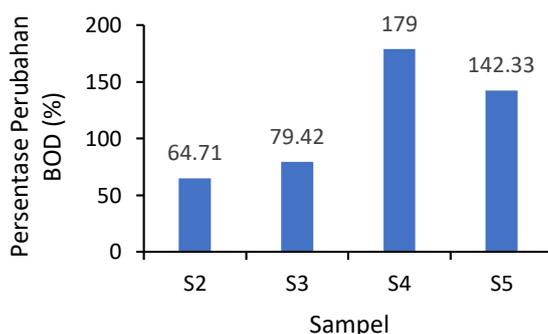
Nilai parameter DO berbanding terbalik dengan nilai COD dan BOD. Nilai DO menurun seiring bertambahnya konsentrasi limbah kelapa sawit. Sampel S2 memiliki konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 25% memiliki nilai DO sebesar 4,5 mg/L, dan menurun menjadi 3,56 mg/L saat konsentrasi 50% (sampel S3). Sampel S4 dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 75% juga menunjukkan penurunan pada nilai DO dengan nilai sebesar 2,43 mg/L. Hasil kandungan DO pada Tabel 2 nilai DO menunjukkan bahwa pengaruh dari limbah cair pabrik kelapa sawit sangat berpengaruh terhadap air tanah. Konsentrasi limbah cair pabrik kelapa sawit semakin tinggi mengakibatkan kandungan DO menjadi menurun. DO dalam air sangat dibutuhkan untuk mendukung kehidupan organisme yang ada di dalamnya. Semakin banyak jumlah DO maka kualitas air semakin baik [15].

pH berfungsi untuk mengetahui kondisi tingkat keasaman suatu air tanah dan limbah cair. Hasil pengujian pH pada air tanah, limbah cair kelapa sawit, dan air campuran terlihat pada Tabel 2. Pencampuran limbah cair kelapa sawit menyebabkan nilai yang diperoleh dari pH semakin tinggi, seiring dengan bertambahnya konsentrasi yang dicampurkan pada air tanah. Sampel S2 memiliki konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 25% memiliki nilai pH sebesar 8,07, dan meningkat menjadi 8,08 saat konsentrasi 50% (sampel S3). Sampel S4 dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 75% juga menunjukkan peningkatan nilai pH dengan nilai sebesar 8,11. Nilai pH air campuran untuk sampel S2, S3, dan S4 ini sesuai dengan standar baku mutu air sungai atau sejenisnya. Standar baku mutunya tertera pada PP No 22 Tahun 2021 [12], untuk keperluan air minum hingga keperluan mengairi tanaman nilai pHnya sebesar 6-9 untuk kelas 1 s.d kelas 4.

Kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air tanah, limbah cair kelapa sawit, dan air campuran terlihat pada Tabel 2. Pencampuran limbah cair kelapa sawit menyebabkan nilai yang diperoleh dari TSS semakin tinggi, seiring dengan bertambahnya konsentrasi yang dicampurkan pada air tanah. Sampel S2 memiliki konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 25% memiliki nilai TSS sebesar 43,5 mg/L dan meningkat menjadi 71 mg/L saat konsentrasinya 50% (sampel S3). Sampel S4 dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 75% juga menunjukkan peningkatan nilai TSS dengan nilainya sebesar 121 mg/L. Adanya pencampuran limbah cair pabrik kelapa sawit ini perannya berpengaruh sangat besar terhadap air tanah, yang menyebabkan nilai yang diperoleh mengalami peningkatan. Tingginya nilai kandungan organik yang tinggi pada limbah dan masih banyak padatan yang mengendap. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar nilai TSS pada limbah cair pabrik kelapa sawit, maka akan berdampak buruk terhadap TSS dipengaruhi kualitas air tanah. Sementara itu, TSS berhubungan searah dengan BOD, dimana semakin tinggi nilai TSS maka nilai BODnya juga tinggi. Nilai BOD tinggi menunjukkan kandungan senyawa organik juga tinggi sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan nilai zat padat tersuspensi di dalam air campuran maupun di dalam limbah cair kelapa sawit.

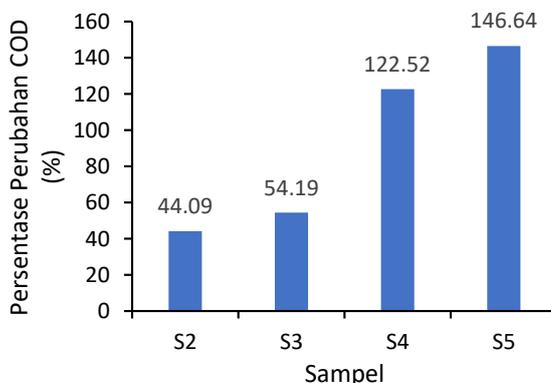
4.3 Analisis persentase perubahan parameter fisis dan kimia

Gambar 3 menyajikan persentase perubahan nilai BOD untuk sampel air campuran dan air limbah kelapa sawit dengan air tanah sebagai rujukannya. Dari gambar tersebut, air campuran yang memiliki konsentrasi 25% limbah cair kelapa sawit memiliki persentase perubahan sebesar 64,71%. Saat konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 50%, persentase perubahan nilai BODnya sebesar 79,42%, sedangkan saat konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 75%, persentase perubahanan nilai BODnya sebesar 179%. Jika sampel limbah cair kelapa sawit dibandingkan dengan air tanah, maka persentase perubahan nilai BOD sebesar 142,33%. Dari Gambar 3 tersebut, konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang meningkat di dalam air campuran diikuti dengan meningkatnya juga nilai BOD. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi limbah cair kelapa sawit semakin banyak, maka semakin banyak juga kebutuhan oksigen yang diserap bakteri untuk menguraikan bahan organik.



Gambar 3. Persentase perubahan pada BOD.

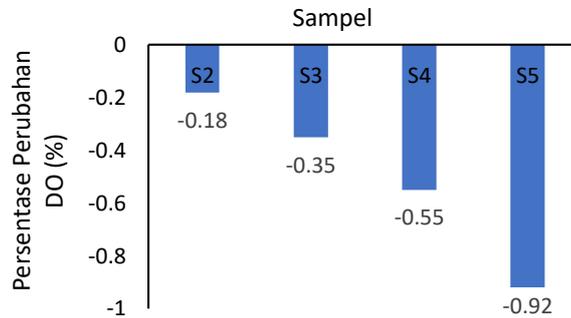
Gambar 4 menyajikan persentase perubahan nilai COD untuk sampel air campuran dan limbah cair kelapa sawit dengan air tanah sebagai rujukannya. Dari gambar tersebut, air campuran yang memiliki konsentrasi 25% limbah cair kelapa sawit memiliki persentase perubahan sebesar 44,09%. Sementara itu, saat konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 50%, persentase perubahan nilai CODnya sebesar 54,19%, sedangkan saat konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 75%, persentase perubahan nilai CODnya sebesar 122,52%. Jika sampel limbah cair dibandingkan dengan air tanah, maka persentase perubahan nilai COD sebesar 146,64%. Dari Gambar 4, seiring dengan peningkatan konsentrasi limbah cair kelapa sawit di dalam air campuran, nilai COD juga meningkat.



Gambar 4. Persentase perubahan pada COD.

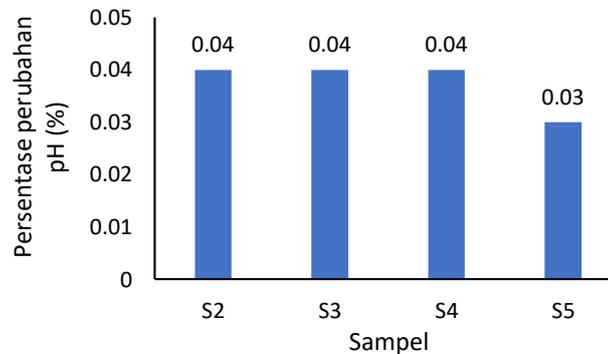
Gambar 5 menyajikan persentase perubahan nilai DO pada air campuran yang memiliki konsentrasi 25% limbah cair kelapa sawit memiliki persentase perubahan sebesar -0,18%. Sementara itu, saat konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 50%, persentase perubahan nilai DO sebesar -0,35%,

sedangkan saat konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 75%, persentase perubahan nilai DO sebesar -0,55%. Jika sampel limbah cair kelapa sawit dibandingkan dengan air tanah, maka persentase perubahan nilai DO sebesar -0,92%. Penurunan persentase perubahan nilai DO seiring dengan peningkatan konsentrasi limbah cair kelapa sawit di dalam air campuran. Hal ini disebabkan semakin banyaknya kandungan organik dan anorganik yang harus diuraikan di dalam air sehingga kandungan oksigen di dalam air menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi limbah cair kelapa sawit.



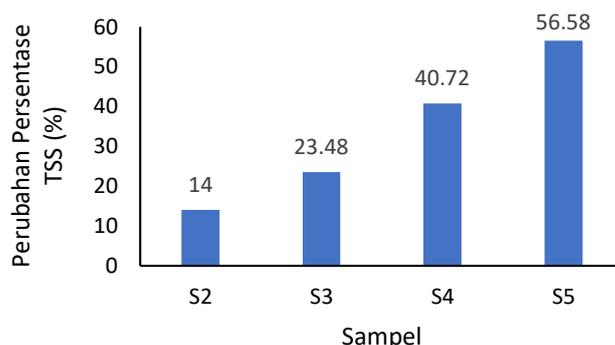
Gambar 5. Persentase perubahan pada DO.

Dari Gambar 6, adanya perubahan konsentrasi limbah cair kelapa sawit tidak merubah pH secara signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan hasil persentase perubahan nilainya sama yaitu sebesar 0,04% dengan penambahan konsentrasi limbah mulai dari 25%, 50% hingga 75%. Untuk pH sampel limbah cair kelapa sawit jika dibandingkan dengan pH air tanah, maka persentase perubahan nilai pH sebesar 0,03%.



Gambar 6. Persentase perubahan pada pH.

Gambar 7 menyajikan persentase perubahan nilai TSS untuk air campuran yang memiliki konsentrasi 25% limbah cair kelapa sawit memiliki persentase perubahan sebesar 14%. Saat konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 50%, persentase perubahan nilai TSS sebesar 23,48%, sedangkan saat konsentrasi limbah cair kelapa sawit sebesar 75%, persentase perubahan nilainya sebesar 40,72%. Jika sampel limbah cair kelapa sawit dibandingkan dengan air tanah, maka persentase perubahan nilai TSS sebesar 56,58%. Peningkatan konsentrasi limbah cair kelapa sawit meningkatnya pula padatan terlarut di dalam air campuran sehingga berdampak persentase perubahan nilai TSS juga ikut meningkat seiring penambahan konsentrasi limbah cair kelapa sawit.



Gambar 7. Persentase perubahan pada TSS.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan, konsentrasi limbah cair kelapa sawit di dalam air tanah yang meningkat dapat menyebabkan meningkatnya nilai BOD, COD, pH, dan TSS, sedangkan untuk kandungan DO sebaliknya. Nilai BOD dan COD ini melampaui standar baku mutu air untuk mengairi tanaman (kelas 4), dan tentu juga tidak memenuhi standar baku mutu air untuk keperluan kelas 1, kelas 2 dan kelas 3. Perubahan kandungan COD dan BOD di dalam air tanah dengan meningkatnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit menyebabkan kualitas air tanah menjadi turun. Nilai COD, BOD, DO dan pH yang meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi limbah cair kelapa sawit sehingga persentase perubahan nilai COD, BOD, DO, pH juga ikut meningkat dan ditunjukkan dengan perubahan persentase bernilai positif. Sebaliknya, persentase perubahan nilai DO bernilai negatif karena dengan semakin banyaknya konsentrasi limbah cair kelapa sawit di dalam air maka dapat menurunkan nilai DO.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Ibu Asifa Asri S.Si., M.Si. dan Bapak Yuris Sutanto S.Si., M.Sc. yang telah banyak memberikan masukan dalam penelitian ini.

Pustaka

- [1] C.D. Patone, R.J. Kumaat and D. Mandej, Analisis Daya Saing Ekspor Sawit Indonesia Ke Negara Tujuan Ekspor Tiongkok dan India, *J. Berkah Ilm. Efisiensi*, vol. 20, no. 3, 2020, pp. 22–32.
- [2] P.W. Simangunsong, T. Wahyudi and R. Rahmahwati, Rancang Bangun Alat Panen Kelapa Sawit Mekanis Menggunakan Metode Triz, *Integr. Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 7, no. 2, 2023, pp. 32–38.
- [3] E. Heryadi, Hermanto and A. Susanty, Potensi Biogas dan Energi dari Limbah Data (Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), Serat Mesocrap dan Lumpur) Industri Kelapa Sawit di Kalimantan Timur, *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 15, no. 2, 2021, pp. 487–497.
- [4] K.E.K. Francis, N'G.K. Remi, and A. Ouattara, Valorization of the Energy Potential of Liquid Wastes Effluents: Case of an Oil Palm Agro-Industry in a Tropical Humid Zone, *Int. J. Energy Environ. Sci.*, vol. 4, no. 1, 2019, pp. 10-17.
- [5] H.R. Pujono, S. Kukuh, R. Evizal, *et al.*, The Effect of POME Application on Production and Yield Components of Oil Palm in Lampung, Indonesia, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 648, 2021, pp. 1-7.
- [6] Irvan, T. Bambang, W. Vivian and T. Yoshimasa, Methane Emission from Digestion of Palm Oil Mill Effluent (POME) in a Thermophilic Anaerobic Reactor, *Internat. J. of Sci. and Eng.*, vol. 3, no. 1, 2012, pp. 32–35.
- [7] S.U. Kalsum, L. Gusri dan J. Junardi, Analisis Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Batang Asam Akibat Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Metode Indeks Pencemaran, *J. Daur Lingkungan.*, vol. 1, no. 2, 2018, pp. 41-45.
- [8] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021,

- Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasoanl Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, 2021.
- [9] A.N. Fitria, V.S. Gunawan and Mardiah, Study of the Utilization of Palm Oil Industry Liquid Waste, *Konversi*, vol. 10, no. 1, 2021, pp. 31–40.
- [10] P.M. Raja, Giyanto dan S. Barus, Karakteristik Kandungan Unsur N, P Dan K Limbah Cair Kelapa Sawit Kolam Anaerob Dengan Kontak Kuantitas Bentonit, *J. Agrium*, vol. 18, no. 2, 2021, pp. 95-101.
- [11] R. Yuna dan V. Mardina, Pengujian Karakteristik Kimia pada Limbah Cair Kelapa Sawit di Pabrik X, *J. Biol. Samudra*, vol. 1, no. 1, 2019, pp. 1–8.
- [12] Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, *Tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, 2021.
- [13] S. Siregar dan D. Kiswiranti, Analisa Kualitas Air Tanah Akibat Pengaruh Sungai Klampok yang Tercemar Limbah Industri di Kecamatan Bergas Semarang Jawa Tengah, *J. Mns. dan Lingkung*, vol. 26, no. 1, 2020, pp. 36.
- [14] E. Asokawati, A. Imam dan S. Marlina, Analisis Kualitas Air Tanah dan Air Permukaan di Sekitar TPA Km 14 Kota Palangkaraya, *J. Tek. SILITEK*, vol 2, no. 1, 2022, pp. 08–16.
- [15] E. Kusniawati dan H. Budiman, Analisa Sifat Air Injeksi Berdasarkan Parameter pH, TSS, TDS, DO dan Kesadahan, *J. Tek. Patra Akad.*, vol. 11, no. 2, 2021, pp. 9–21.