PEMODELAN SEBARAN BOD DAN TSS DI PARIT GUDANG KECAP KOTA PONTIANAK MENGGUNAKAN WASP 7.5

THE MODELING DISTRIBUTION OF BOD AND TSS PARAMETERS IN PONTIANAK CITY'S PARIT GUDANG KECAP USING WASP 7.5

Bagus Verel Ananta[1], Rizki Purnaini[2] dan Herda Desmaiani[3]

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Jl. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Pontianak, 78124, Indonesia

E-mail: bagus.verel@gmail.com

ABSTRAK

Parit Gudang Kecap berlokasi di Kecamatan Pontianak Timur, Kota Pontianak. Daerah tangkapan parit dimanfaatkan sebagai permukiman penduduk dan pada muara parit terdapat sebuah industri kecap. Kegiatan industri dan domestik yang berlangsung di sekitar parit menyebabkan menurunnya kualitas dari air parit. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menginventarisasikan sumber pencemar parit, memodelkan parameter BOD dan TSS menggunakan model WASP, dan mengetahui DTBP parit. Pengambilan sampel air dilakukan dengan metode grab sampling saat kondisi air parit surut. Hasil Inventarisasi sumber pencemar parit meliputi limbah domestik (non-point source) yang merupakan sumber pencemar dominan yang berasal dari pemukiman dan limbah industri dari pabrik kecap (point source). Pemodelan kualitas air parit untuk parameter BOD dilakukan 5 skenario yaitu pengurangan beban pencemar sebesar 15%, 50%, 75%, 100% dan kombinasi skenario pengurangan beban pencemar. Pemodelan kualitas air parit untuk parameter TSS dilakukan 4 skenario yaitu pengurangan beban pencemar sebesar 75%, penambahan beban pencemar sebesar 10% dan 90%, dan kombinasi skenario pengurangan dan penambahan beban pencemar. DTBP untuk parameter BOD untuk segmen 1-5 secara berurutan sebesar 3,4; 0,96; 4,73; 3,36; 1,12; dan 7,53 kg/hari dan untuk parameter TSS untuk segmen 1-5 secara berurutan sebesar 3,8; 3,47; 11,59; 4,68; 2,24 kg/hari.

Kata kunci: Inventarisasi, BOD, TSS, DTBP, WASP

ABSTRACT

Parit Gudang Kecap is a moat located in East Pontianak Sub-District, Pontianak City. The catchment area of Parit Gudang Kecap is used as a settlement area with and a soy sauce factory near it's shores. This has caused the conditions of the moat to be polluted by domestic and industrial waste. The purposes of this research are to identify and inventory the pollutants source, to model the pollutant for BOD and TSS parameters using WASP, and to find out the TMDLs of the moat. The water samples are taken using grab sampling method when it's at low tide condition. Inventory results of pollutant sources of the moat are domestic waste (non-point source) which is the dominant source of pollution from settlements and industrial waste from soy sauce factory (point source). The model results of Parit Gudang Kecap for BOD parameters were carried out in 5 scenarios, reducing the pollutant load by 15%, 50%, 75%, 100% and the combination scenarios of reduced pollutant load. The model results for TSS parameters were carried out in 4 scenarios, reducing the pollutant load by 75%, increasing the

pollutant load by 10% and 90%, and the combination scenarios of reduced and increased pollutant load. The TMDLs for BOD parameters in segments 1-5 respectively are 3,4; 0,96; 4,73; 3,36;1,12; and 7,53 kg/day and for TSS parameters in segments 1-5 respectively are 3,8; 3,47; 11,59; 4,68; 2,24 kg/day.

Keywords: Inventory, BOD, TSS, TMDLs, WASP

1. PENDAHULUAN

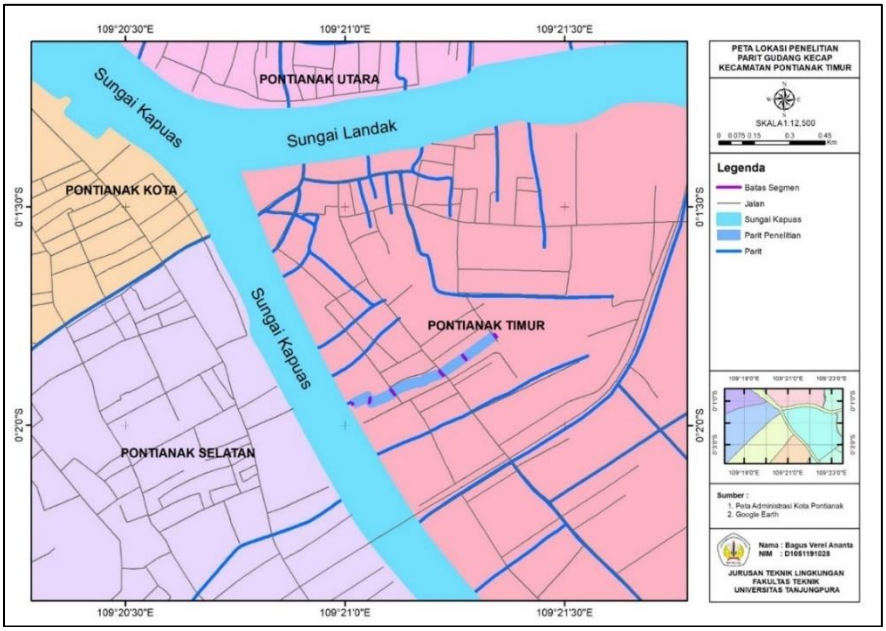
Parit Gudang Kecap berlokasi di Kelurahan Dalam Bugis Kecamatan Pontianak Timur, Kota Pontianak. Daerah Tangkapan Parit Gudang Kecap dimanfaatkan sebagai pemukiman penduduk dan pada muara parit terdapat industri kecap. Parit ini dimanfaatkan oleh penduduk sekitar untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti mandi, cuci, kakus (MCK), dan juga sebagai tempat membuang sampah atau limbah dari aktivitas masyarakat dan industri sekitar. Hal ini menyebabkan kondisi parit yang tercemari akibat limbah domestik dan industri. Kegiatan industri dan domestik yang berlangsung di sekitar parit akan mempengaruhi kualitas dari air parit. Kualitas air Parit Gudang Kecap yang buruk mempengaruhi langsung kualitas air Sungai Kapuas dikarenakan parit bermuara di Sungai Kapuas yang merupakan sumber air baku untuk Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumdam) Kota Pontianak. Oleh sebab itu penting untuk menjaga kualitas air dari Sungai Kapuas agar tidak berdampak negatif bagi penduduk sekitar yang bergantung pada Sungai Kapuas sebagai sumber air baku.

Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) merupakan pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mencemari air tersebut. Pendekatan ini dilakukan untuk mengendalikan pencemar yang berasal dari berbagai sumber yang masuk ke dalam sumber air dengan mempertimbangkan kondisi intrinsik sumber air dan baku mutu air yang ditetapkan (Kurniawan dkk., 2017). Menetapkan DTBP suatu badan air dapat dilakukan dengan penggunaan model, di antaranya adalah pemodelan menggunakan WASP (*Water Quality Analysis Simulation Program*). WASP adalah model dinamis yang dapat digunakan untuk menganalisis berbagai masalah kualitas air pada beragam badan air berdasarkan pada prinsip utama konservasi massa. Model WASP mengkaji setiap bagian kualitas air berdasarkan input spasial dan temporal dari titik awal hingga ke titik akhir perpindahan, berdasarkan prinsip konsenrvasi massa dalam ruang dan waktu (Hindriani, 2019).

2. Metode Penelitian

2.1.Tempat dan Waktu Perencanaan

Penelitian ini dilakukan di Parit Gudang Kecap yang bermuara di Sungai Kapuas Kecil Kota Pontianak, Kalimantan Barat yang secara astronomis terletak pada koordinat 0°1'57.22"S dan 109°21'0.45"E. Penelitian dilakukan pada saat keadaan air parit sedang surut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Pari Gudang Kecap

2.2.Alat dan Bahan Perencanaan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop dengan aplikasi *Microsoft Word, Microsoft Excel* , ArcGis 10.8, dan WASP 7.5 untuk mengolah data yang didapat; *pH Meter, TDS meter*, termometer, *cool box*, jerigen plastik 2 Liter 12 buah, alat tulis , meteran 50 m, *water sampler, plastic wrapping, dan* pelampung yang terbuat dari tali 15 meter, bola tennis, skrup anting tutup, bahan besi sebagai beban untuk mengumpulkan data di lapangan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air sampel parit, akuades digunakan sebagai penetral alat pH meter, dan balok es untuk mengawetkan sampel air parit yang telah diambil.

2.3. Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang akan digunakan pada proses analisis data. Data yang diperlukan pada penelitian ini diantaranya hidrolika dan hidrometri, sumber beban pencemar, konsentrasi parameter BOD, TSS, pH, TDS, dan suhu parit.

2.3.1. Perhitungan Debit

Prinsip pelaksanaan pengukuran debit adalah mengukur kecepatan aliran, luas penampang basah, dan kedalaman. Debit dapat dihitung dengan rumus :

$$q_x = V_x a_x \quad (1)$$

$$Q = \sum_{x=1}^{n} q_x \quad (2)$$

Keterangan:
qx : Debit pada bagian ke x, (m^3/s)
Vx : Kecepatan aliran rata-rata pada bagian penampang ke x (m/s);
ax : Luas penampang basah pada bagian ke x, (m^2);
Q : Debit seluruh penampang, (m^3/s);
n : Banyaknya penampang bagian.

2.3.2. Luas Penampang Basah

Luas penampang basah dihitung dari kedalaman air dan lebar sungai. Kedalaman air diperoleh dengan cara mengukur kedalaman air pada titik pengukuran dengan menggunakan kayu reng yang dipaku dengan meteran baju. Luas penampang basah dihitung dengan menggunakan rumus:

$$a_x = \frac{b_{(x+1)} - b_{(x-1)}}{2} d_x \quad (3)$$

$$A = \sum_{x=1}^{n} a_x \quad (4)$$

Keterangan:
a_x : Luas penampang basah pada bagian ke x, (m^2);
$b_{(x+1)}$: Jarak titik vertikal sesudah titik vertikal ke x dari titik tetap, (m);
$b_{(x-1)}$: Jarak titik vertikal sebelum titik vertikal ke x dari titik tetap, (m);
d_x : Kedalaman pada titik vertikal ke x, (m);
A : Luas seluruh penampang basah, (m^2).

2.3.3. Potensi Beban Pencemar Limbah Organik

Rumus yang digunakan untuk menghitung potensi beban pencemaran dari sumber rumah tangga Balai Lingkungan Keairan Puslitbang SDA Kementerian PU (2004) adalah sebagai berikut:

PBP = Jumlah Penduduk x Faktor emisi X rasio ek x alpha (5)

Keterangan
Faktor emisi (*generation load*) penduduk:
1) BOD = 40 gr/orang/hari
2) TSS = 38 gr/orang/hari

Rasio ekivalen kota (*discharge load*):
1) Kota = 1

Alpha (α) : Koefesien transfer beban (*delivery load*)
Nilai α = 1, digunakan untuk daerah yang lokasinya berjarak antara 0 sampai 100 meter dari sungai,

2.3.4. Potensi beban Pencemar Limbah Industri

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 mengenai Tata Laksana Pengendialian Pencemaran Air, Industri maupun sumber tertentu (*point source*) lainnya dengan basis perkiraan emisi untuk 1 tahun/periode pelaporan dihitung dengan persamaan berikut :

$$I,i = Ci \times V \times OpHrs /(1\ 000\ 000) \quad (6)$$

Dimana :
I,i = besar beban/ emisi pencemar i, (kg/tahun)
Ci = konsentrasi jenis pencemar i dalam buangan air limbah, (mg/L).
V = laju alir buangan air limbah, (L/jam).
OpHrs = jumlah jam operasional per tahun, (jam/tahun).
1.000.000 = faktor konversi, (mg ke kg).

2.3.5. Kalibrasi

Kalibrasi adalah langkah untuk mengatur nilai konstanta parameter dalam model dengan tujuan agar hasil *running* model sesuai dengan kondisi kualitas air di parit atau paling tidak mempunyai kecenderungan yang sama dengan kondisi di lapangan. Kalibrasi dilakukan pada *sub menu* konstanta pada WASP dengan cara *trial and error* untuk mencapai hasil kalibrasi model yang diinginkan. Nilai RMSE yang rendah menujukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model mendekati variasi nilai pengukurannya (Nengsih, 2023). Berikut merupakan rumus dari RMSE :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(y'-y)^2}{n}} \quad (7)$$

Dimana,
y' = nilai data aktual
y = nilai data prediksi
n = jumlah data

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi dan Inventarisasi Sumber Pencemar

Limbah yang masuk ke Parit Gudang Kecap setelah dilakukan survei langsung di lapangan berasal dari berbagai jenis dan sumber pencemar seperti limbah domestik dari permukiman, sekolah, masjid berbentuk limbah cair seperti air MCK (Mandi, Cuci, dan Kakus) dan limbah padat seperti sampah yang dibuang lansung ke parit. Berlokasi di hilir parit, dibangun sebuah pabrik kecap yang merupakan sumber dari limbah industri. Sumber pencemaran yang beragam ini berkontribusi langsung dalam pencemaran terhadap air parit yang tentunya juga mempengaruhi secara langsung kualitas dari air parit tersebut. Berikut ini sumber pencemar yang masuk Parit Gudang Kecap.

Tabel 1. Sumber Pencemar Parit Gudang Kecap

Sumber Pencemar		Segmen					Jumlah	Satuan
		1	2	3	4	5		
Domestik (*Nonpoint Source)*	Perumahan	25	12	61	28	45	171	Unit
		100	48	244	112	180	684	Jiwa
	Sekolah	-	-	1	-	-	1	Unit
	Masjid	-	-	1	-	-	1	Unit
Industri (*Point Source*)	Pabrik Kecap	-	-	-	-	1	1	Unit

3.2.Analisis Kualitas Air Parit

Hasil pengamatan kondisi fisika dan kimia perairan dilakukan selama penelitian memberikan gambaran mengenai kondisi kualitas air di perarian Parit Gudang Kecap. Pengambilan data kualitas air pada penelitian ini dilakukan secara eksitu untuk parameter BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) yang menggunakan laboratorium *Enviro Lab*. Pengambilan data insitu dilakukan secara langsung untuk parameter TDS (*Total Dissolved Solid)*, pH dan suhu. Hasil yang didapat yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Kualitas Data Insitu

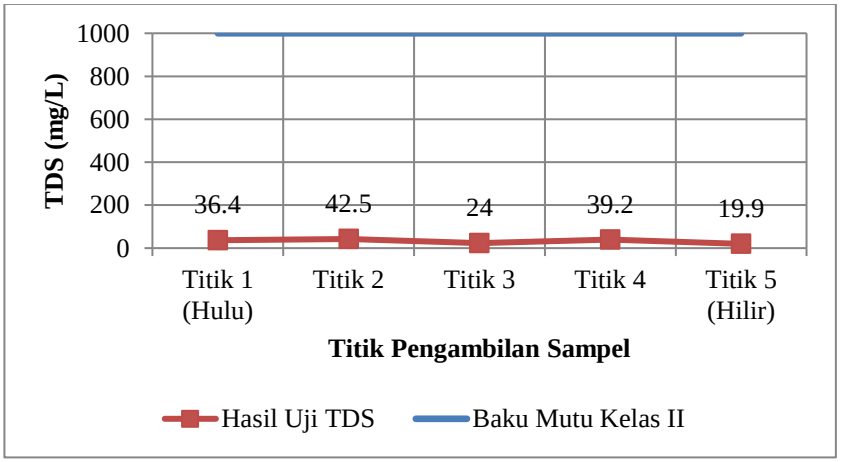
Parameter	Baku Mutu Kelas II		Segmen				
	Nilai	Satuan	Titik 1 (Hulu)	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5 (Hilir)
TDS	1000	mg/L	36,4	42,5	24	39,2	19,9
Suhu	-	^{o}C	33	33	33	34	34
pH	-	-	6,2	6,48	6,67	7,05	6,47

Tabel 3. Hasil Uji Kualitas Data Eksitu

Parameter	Baku Mutu Kelas II		Segmen					
	Nilai	Satuan	Titik 1 (Hulu)	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Pabrik Kecap	Titik5 (Hilir)
BOD	3	mg/L	9.2	5.8	6.2	5.8	5.2	6.3
TSS	50	mg/L	60	37	40	36	29	46

3.2.1. TDS

Hasil pengambilan sampel paramater TDS menunjukkan titik pengambilan sampel dengan nilai tertinggi yaitu berada di titik pengambilan 2 dengan nilai 42,5 mg/L. Nilai sampel parameter TDS memenuhi baku mutu jika telah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan pada klasifikasi air kelas II menurut Peraturan Pemerintah No.22 tahun 2021 dengan nilai yang ditetapkan sebesar 1000 mg/L. Hasil uji lab menunjukkan nilai yang jauh dibawah standar baku mutu. hal ini menunjukkan bahwa air dari parit gudang kecap untuk parameter TDS aman untuk kelas II dan juga Kelas I yang memiliki standar baku mutu yang sama. Pengamatan langsung di tepian Parit Gudang Kecap bahwa warga sekitar menggunakan air dari parit sebagai sumber air baku untuk mandi dan mencuci. Kegiatan warga tersebut tentunya aman saja dilakukan jika hanya melihat dari parameter TDS saja untuk nilai yang berada di bawah baku mutu, namun belum tentu air Parit memenuhi kriteria baku mutu untuk parameter-parameter lainnya.

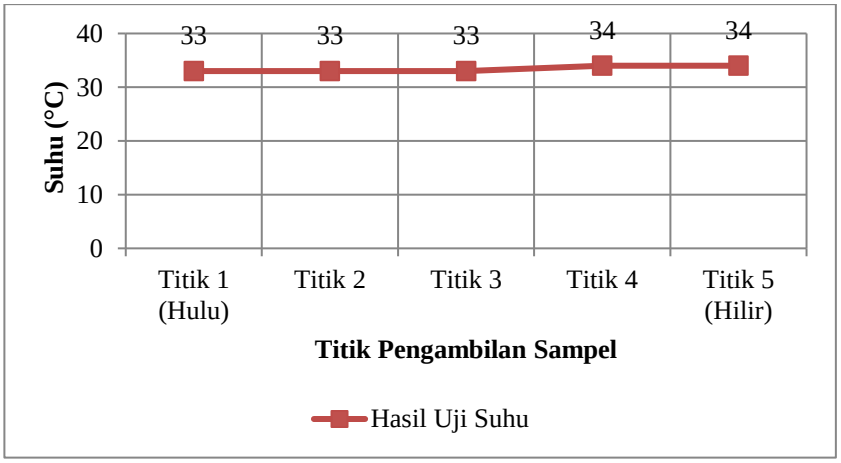


Gambar 2. Grafik Hasil Pengukuran TDS

Untari (2022) menyebutkan *Total Disolve Solid* (TDS) merupakan padatan terlarut dalam larutan baik berupa zat organik maupun nonorganik yaitu semua mineral, garam, logam serta kation-anion yang terlarut di air, yang dapat dipengaruhi oleh partikel antropogenik (berupa limbah domestik dan industri). Beberapa warga juga ada yang langsung membuang limbah domestik langsung ke dalam parit yang dimana hal-hal ini dapat mempengaruhi kualitas dari air parit tersebut, termasuk dari parameter TDS. Kustiyaningsih dan Irawanto (2020) menjelaskan dampak dari tingginya kadar TDS dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis diperairan. Tingginya kadar TDS juga dapat mencemari badan air. Selain itu juga dapat mematikan kehidupan aquatik, dan memiliki efek samping yang kurang baik pada kesehatan manusia karena mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia, dan nitrogen serta kadar padatan tersuspensi maupun terlarut.

3.2.2. Suhu

Hasil pengambilan sampel paramater suhu menunjukkan titik pengambilan sampel dengan nilai tertinggi yaitu berada di titik pengambilan 4 dan 5 dengan nilai 34°C. Nilai sampel parameter suhu memenuhi baku mutu jika telah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan pada klasifikasi air kelas II menurut Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 dengan nilai deviasi yang ditetapkan sebesar ± 3°C dari suhu udara. Pengambilan sampel dilakukan pada saaat kondisi cuaca cerah berawan dengan intersitas penyinaran matahari yang cukup tinggi. Suhu air yang normal berkisar ± 3°C dari suhu udara. Pengukuran langsung di lapangan didapat suhu sampel air yang diambil pada titik 4 dan 5 sebesar 34°C, dan 33°C pada titik 1, 2 , dan 3. Suhu udara yang diukur didapat sebesar 33°C dan 34°C, sehingga dapat disimpulkan bahwa suhu sampel air yang telah diukur untuk kelima titik pengambilan sampel memenuhi baku mutu.

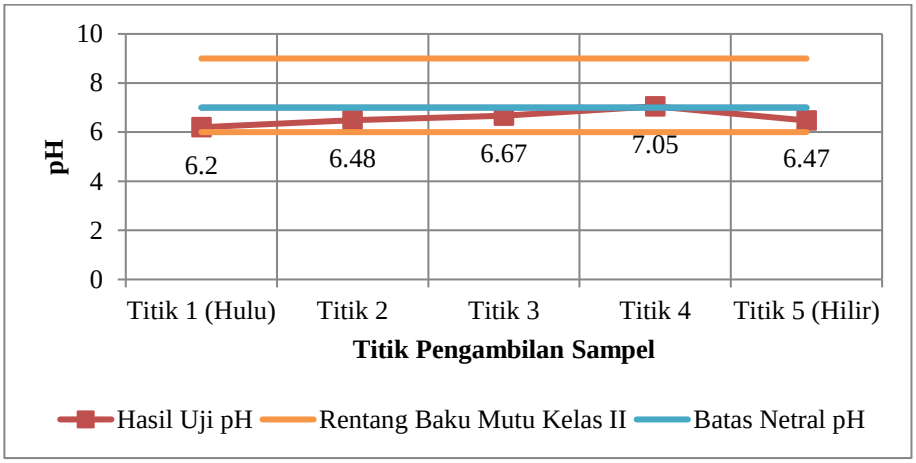


Gambar 3. Grafik Hasil Pengukuran Suhu

Suhu dapat didefinisikan secara mikroskopik berkaitan dengan gerakan molekul sedemikian rupa sehingga semakin besar kecepatan molekul makin tinggi suhunya. Dengan demikian dapat disebutkan bahwa apabila temperatur air semain tinggi, maka ion-ion dalam air bergerak semakin cepat sehingga kemampuannya untuk menghantarkan listrik akan meningkat (Toruan dkk., 2023).

3.2.3. pH (*Power of Hydrogen*)

Hasil pengambilan sampel paramater pH menunjukkan titik pengambilan sampel dengan nilai tertinggi yaitu berada di titik pengambilan 4 dengan nilai 7,05. Grafik pada **gambar 4.** menunjukkan bahwa nilai pH dari hasil pengukuran lapangan menunjukan rentang nilai 7,05 - 6,2. Standar baku mutu sesuai klasifikasi air kelas II menurut Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 memiliki rentang nilai sebesar 6-9. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai pH memenuhi baku mutu untuk semua titik. Nilai pH terendah berada di titik 1 yang merupakan hulu parit dengan nilai 6,2 dan nilai pH tertinggi berada pada titik 4 dengan nilai 7,05. Nilai pH air sampel yang telah diuji pada kelima titik memenuhi baku mutu yang berlaku, namun semuanya memilki sifat yang cenderung asam dikarenakan nilai pH yang berada di bawah 7.



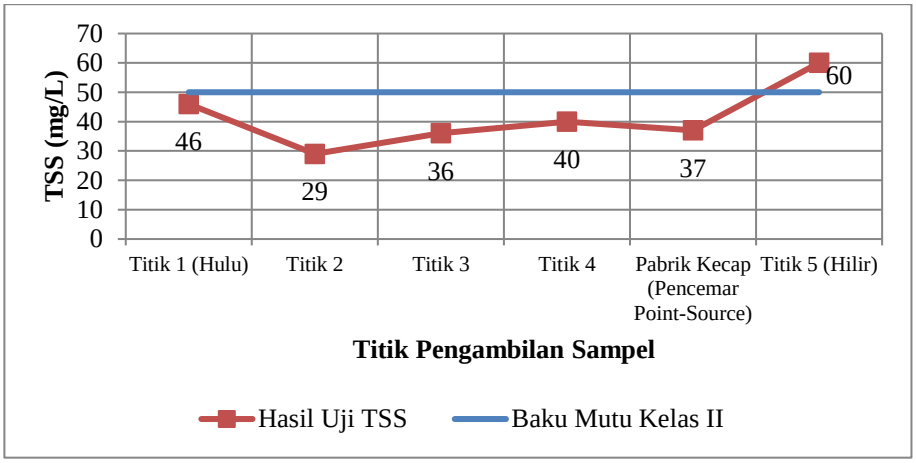
Gambar 4. Grafik Hasil Pengukuran pH

Rendahnya nilai pH di suatu perairan dipengaruhi oleh kondisi lahan yang ada disekitarnya dimana Parit Gudang Kecap dikelilingi oleh lahan gambut dan pemukiman warga. Tanah gambut umumnya memiliki sifat seperti memiliki kadar pH rendah, memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi, kejenuhan basa rendah, memiliki kandungan unsur N, P, K, Ca, Mg yang rendah dan juga memiliki kandungan unsur mikro (seperti Cu, Zn, Mn serta B) yang rendah pula (Permatasari dkk., 2021). pH merupakan faktor penting dalam perairan karena sifat asam atau basa suatu perairan akan mempengaruhi kehidupan biologi di dalam air dikarenakan pH mempengaruhi tingkat toksisitas suatu senyawa kimia, proses biokimiawi dan metabolisme organisme air. Perubahan nilai pH dari asam ke basa ataupun sebalikanyan akan mengganggu kehidupan hewan akuatik. Kondisi pH di perairan yang cocok bagi hewan akuatik tergantung pada jenis organisme tersebut (Djoharam dkk., 2018).

3.2.4. TSS (*Total Suspended Solid*)

Hasil pengambilan sampel paramater TSS menunjukkan titik pengambilan sampel dengan nilai tertinggi yaitu berada di titik pengambilan pada titik 5 yang merupakan muara dari Parit Gudang Kecap dengan nilai 60 mg/L. Nilai sampel parameter TSS memenuhi baku mutu jika telah sesuai dengan klasifikasi air kelas II menurut Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 dengan nilai yang ditetapkan sebesar 50 mg/L. Kegiatan industri pabrik kecap pada Parit Gudang Kecap dikategorikan sebagai *point source* dan dapat mempengaruhi terhadap pencemaran parit. Hasil nilai uji parameter TSS tertinggi berada pada muara parit. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti tingginya zat organik pada muara parit yang sudah terpengaruhi oleh Sungai Kapuas. Menurut penelitian Anggraini dkk. (2023), didapatkan hasil mengenai kualitas parameter TSS dari Sungai Kapuas Kecil dengan rata-rata 31 mg/L. Kualitas air dari Sungai Kapuas dapat dijadikan satu diantara faktor yang dapat mempengaruhi langsung kadar TSS pada muara Parit Gudang Kecap. Pada perairan, zat padat yang mengapung menandakan zat tersebut bersifat organik, sementara zat padat yang mengendap dapat bersifat organik ataupun anorganik (Ali dan Samanhudi, 2023). Kadar TSS yang tinggi pada air parit akan menyebabkan kekeruhan. Kekeruhan pada badan air akan menghalangi masuknya sinar matahari

ke dasar sungai menyebabkan terganggunya proses fotosintesis sehingga menurunnya produksi kadar oksigen terlarut.



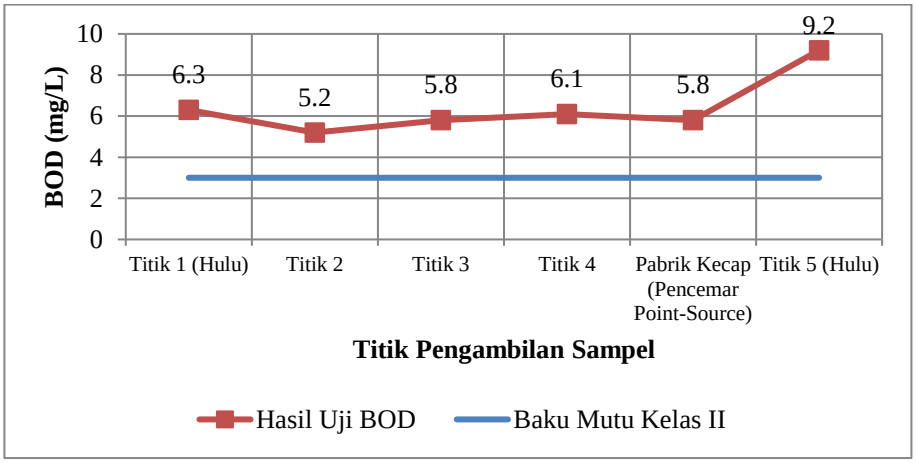
Gambar 5. Grafik Hasil Pengukuran TSS

Mengutip penelitan Setyawati (2023), terdapat korelasi antara parameter suhu dan pH terhadap TSS. Korelasi antara TSS dengan pH, yaitu semakin rendah nilai pH maka semakin tinggi kadar TSS pada air. Mengacu pada uji kualitas air Parit Gudang Kecap didapatkan hasil yang tidak sesuai dengan penelitian Setyawati (2023), dikarenakan hasil uji sampel pada Titik 1 untuk parameter pH senilai 6,2 yang merupakan nilai terendah diantara semua segmen namun untuk parameter TSS menunujukan nilai 46 mg/L, yang bukan merupakan nilai tertinggi diantara semua segmen. Korelasi antara TSS dan suhu menunjukkan semakin tinggi nilai suhu air maka semakin tinggi kadar TSS pada dasar badan air dikarenakan air menguap dan partikel mengendap di dasar badan air. Perbandingan data antara hasil uji parameter TSS dan suhu di lapangan tidak menunjukkan korelasi yang signifikan. Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai parameter TSS yaitu faktor hidrologi perairan diantaranya, pasang surut, salinitas, arus, dan kecerahan (Arifelia dkk., 2017).

3.2.5. BOD

Hasil pengambilan sampel paramater BOD menunjukkan titik pengambilan sampel dengan nilai tertinggi yaitu berada di titik pengambilan pada titik 5 yang merupakan muara dari Parit Gudang Kecap dengan nilai 9,2 mg/L. Nilai sampel parameter BOD memenuhi baku mutu jika telah sesuai dengan baku mutu klasifikasi air kelas II menurut Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 dengan nilai yang ditetapkan sebesar 3 mg/L. Kegiatan industri pabrik kecap sebagai *point source* dapat mempengaruhi pencemaran air parit. Hasil nilai parameter TSS tertinggi berada pada muara parit. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti tinggi nya zat organik pada muara parit yang berhubungan langsung dengan Sungai Kapuas. Menurut penelitian Anggraini dkk. (2023), didapatkan hasil mengenai kualitas parameter BOD dari Sungai Kapuas pada titik Sungai Kapuas Kecil dengan rata-rata 20,5 mg/L. Faktor lain yang mempengaruhi kadar BOD di perairan yaitu DO (*Dissolved Oxygen*)/ oksigen terlarut, semakin banyak kadar DO di perairan makan semakin sedikit kadar BOD dalam air begitu juga sebaliknya. Selain faktor kandungan DO di perairan, nilai BOD juga dipengaruhi oleh parameter lain

seperti: suhu, salinitas, pH, kecerahan, dan kondisi air secara keseluruhan. Hasil uji laboratorium pada titik *output* limbah pabrik kecap didapat nilai yang berada di atas baku mutu. Nilai yang yang didapat yaitu sebesar 5.8 mg/L. Kadar BOD yang tinggi menandakan sedikitnya oksigen terlarut yang terdapat di perairan. Kondisi ini dapat mengakibatkan kematian organisme perairan seperti ikan akibat kekurangan oksigen terlarut (anoxia) (Daroini dan Arisandi 2020).



Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran BOD

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan kebutuhan oksigen biologis yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk memecah bahan organik secara aerobik (Santoso, 2018). Satu diantara sumber utama kontaminasi air jika terkena limbah dari aktivitas industri pabrik kecap. Parameter BOD dalam badan air digunakan untuk menunjukkan adanya jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme dalam proses penguraian bahan organik dalam kondisi aerobik (memerlukan oksigen). Kadar BOD yang tinggi dalam air biasanya ditandai dengan kandungan mikroorganisme yang tinggi. Mengkonsumsi air dengan kandungan mikroorganisme yang tinggi dapat membahayakan kesehatan, diantaranya dapat mengalami gangguan pencernaan yaitu diare (Rachmawati dkk. 2019).

3.3.Pemodelan WASP Kualitas Air Parit Gudang Kecap

3.3.1. Kalibrasi Model

Hasil kalibrasi menunjukkan perbedaan yang antara nilai data lapangan dengan nilai hasil *trial and error* masih didalam rentang *error bar*. Hasil yang didapat antara perhitungan model dan pengkuran lapangan cukup mendekati sehingga model diatas dapat digunakan untuk mengsimulasikan skenario-skenario selanjutnya. Uji error dilakukan menggunakan metode *Rooted Mean Square Error* (RMSE) sebagai pendekatan untuk model WASP terhadap nilai hasil uji lapangan parameter BOD dan TSS.

Tabel 4. Perhitungan RMSE Parameter BOD

Data Lapangan	*Trial and Error*	RMSE
6,3	6,53	0,054
5,2	5,25	0,002
5,8	5,86	0,004
6,1	6,15	0,002
9,2	9,27	0,004
		0,066
		0,013
		0,12

Tabel 5. Perhitungan RMSE Parameter TSS

Data Lapangan	*Trial and Error*	RMSE
46	46,0336	0,0011256
29	29,0174	0,0000008
36	36,0011	0,0000012
40	40,0004	0,0000008
60	60,1869	0,0349320
		0,04
		0,01
		0,08

3.3.2. Skenario Model

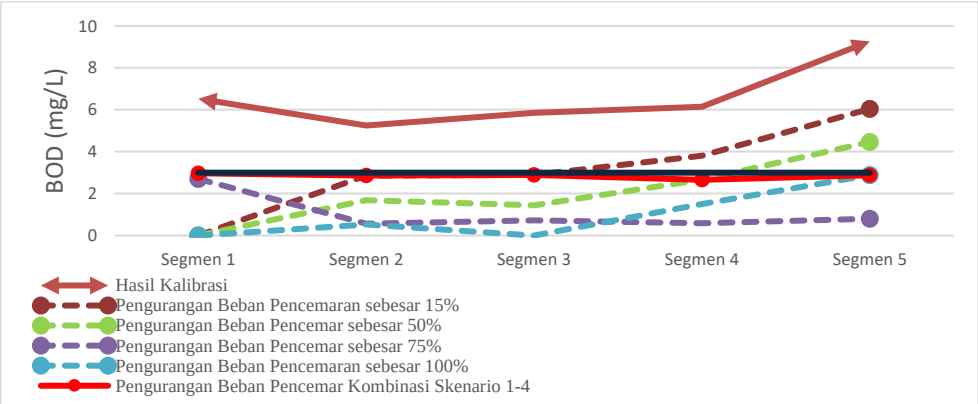
Langkah setelah dilakukan kalibrasi model adalah dengan pengembangan skenario. Satu diantara tujuan menjalankan model dalam beberapa skenario yaitu untuk memperoleh Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) dari Parit Gudang Kecap. Penelitian ini membagi skenario-skenario untuk masing-masing parameter. Skenario-skenario untuk pemodelan parameter BOD adalah sebagai berikut:

1) Skenario 1 : Pengurangan Beban Pencemar sebesar 15% di Parit Gudang Kecap.
2) Skenario 2 : Pengurangan Beban Pencemar sebesar 50% di Parit Gudang Kecap.
3) Skenario 3 : Pengurangan Beban Pencemar sebesar 75% di Parit Gudang Kecap.
4) Skenario 4 : Pengurangan Beban Pencemar sebesar 100% di Parit Gudang Kecap.
5) Skenario 5 : Pengurangan Beban Pencemar Kombinasi Skenario 1-4.

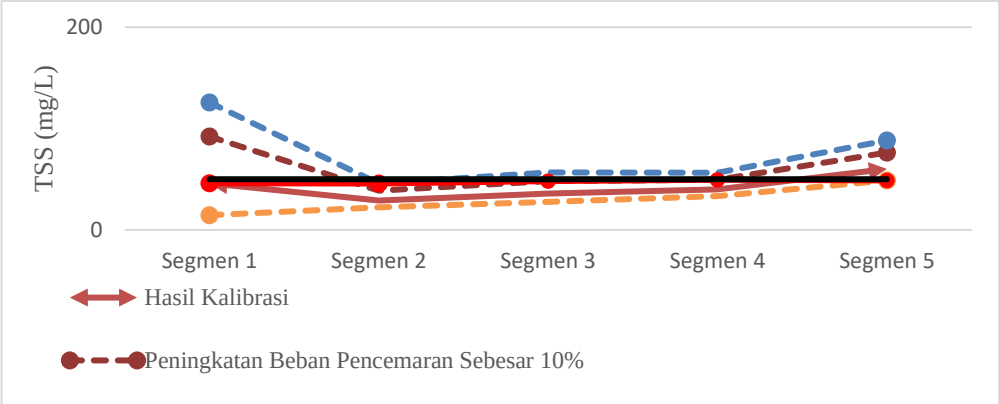
Skenario-skenario untuk pemodelan parameter TSS adalah sebagai berikut:

1) Skenario 1 : Penambahan Beban Pencemar sebesar 10% di Parit Gudang Kecap.
2) Skenario 2 : Pengurangan Beban Pencemar sebesar 75% di Parit Gudang Kecap.
3) Skenario 3 : Penambahan Beban Pencemar sebesar 90% di Parit Gudang Kecap.
4) Skenario 4 : Kombinasi Pengurangan Beban Pencemar Skenario 1 dan 3, dan Pengurangan Beban Pencemar Skenario 2

Hasil dari rekapitulasi skenario model penelitian ini dapat dilihat pada **gambar 7.** dan **gambar 8.**



Gambar 7. Rekapitulasi Skenario BOD



Gambar 8. Rekapitulasi Skenario TSS

Pemodelan untuk parameter BOD dilakukan sebanyak 4 skenario untuk mencari DTBP parameter BOD Parit Gudang Kecap di setiap segmennya. Hasil uji kualitas air menunjukkan nilai konsentrasi parameter BOD yang melebihi baku mutu menurut PP No. 22 Tahun 2021 klasifikasi air kelas II sebesar 3 mg/L. Demi mencapai kualitas air untuk parameter BOD yang berada di bawah namun masih mendekati nilai baku mutu, pada segmen 1 diperlukan pengurangan beban pencemaran sebesar 75%, segmen 2 dan segmen 3 diperlukan pengurangan beban pencemaran sebesar 15%, segmen 4 diperlukan pengurangan beban pencemaran sebesar 50%, dan segmen 5 diperlukan pengurangan beban pencemaran sebesar 100%.

Usaha yang dapat dilakukan untuk membuat kualitas air parit dengan nilai konsentrasi parameter BOD agar berada dibawah baku mutu tidak cukup hanya dengan menghilangkan limbah dari pabrik kecap, tapi juga diperlukan upaya lain dari masyarakat sekitar untuk menjaga kebersihan parit. Hal ini menunjukkan peningkatan produksi dari pabrik kecap atau penambahan kegiatan industri lain yang menghasilkan limbah tidak boleh dilaksakanan atau diizinkan jika masih ingin menjaga kualitas dari air parit. Kegiatan industri-industri baru yang akan dibangun pada waktu mendatang harus menampung limbah yang dihasilkan sehingga tidak mengkontaminasi parit dan untuk usaha yang dapat dilakukan untuk menjamin kualitas air yang tetap memenuhi baku mutu meskipun bertambahnya kegiatan industri

di Parit Gudang Kecap adalah dengan pihak industri mengolah secara mandiri limbah yang dihasilkan atau ditampung dan diberikan kepada pihak ketiga untuk diolah agar kualitas air parit tetap berada dibawah baku mutu. Mengantisipasi jumlah penduduk yang semakin bertambah seiring waktu, usaha yang dapat dilakukan untuk menurunkan beban yang masuk ke dalam parit yang dapat dilakukan masayarakat adalah dengan tidak membuang sampah dalam bentuk apapun langsung ke dalam parit dan dibuatnya sebuah IPAL komunal sebagai bentuk pencegahan masuknya limbah perumahan secara langsung ke dalam Parit Gudang Kecap.

Pemodelan untuk parameter TSS dilakukan sebanyak 4 skenario untuk mencari DTBP parameter BOD Parit Gudang Kecap di setiap segmennya. Hasil uji kualitas air menunjukkan nilai konsentrasi parameter TSS yang melebihi baku mutu menurut PP No. 22 Tahun 2021 klasifikasi air kelas II sebesar 50 mg/L hanya di segmen 5 parit, sedangkan pada segmen 1 hingga segmen 4 parit sudah memenuhi baku mutu. Demi mencapai kualitas air untuk parameter TSS yang berada di bawah namun masih mendekati nilai baku mutu, pada segmen 2 diperlukan penambahan beban pencemaran sebesar 90%, segmen 3 dan segmen 4 diperlukan penambahan beban pencemaran sebesar 10%, dan segmen 5 diperlukan pengurangan beban pencemaran sebesar 75%.

Kondisi eksisting Parit Gudang Kecap untuk parameter TSS sudah memenuhi baku mutu untuk segmen 1 hingga segmen 4 sehingga untuk mendapatkan nilai DTBP diaplikasikan skenario penambahan beban cemar, sedangkan untuk segmen 5 dengan kondisi eksisting yang melebihi baku mutu diaplikasikan skenario pengurangan beban cemar. Hasil dari pemodelan skenario 2 untuk parameter BOD menunjukkan nilai yang berada dibawah baku mutu untuk semua segmen kecuali segmen 1, sementara itu untuk parameter TSS sudah didapatkan nilai yang berada di bawah baku mutu. Konsentrasi TSS pada segmen parit yang sudah memenuhi baku mutu perlu dipertahankan agar tidak mengganggu lingkungan dan mahluk hidup di sekitar parit, dan segmen 5 yang melebihi baku mutu dapat di dibuatnya sebuah IPAL komunal dan menghimbau pihak industri pabrik kecap untukmengolah secara mandiri limbah yang dihasilkan atau ditampung dan diberikan kepada pihak ketiga untuk diolah sebagai upaya penurunan beban pencemar Parit Gudang Kecap.

3.3.3. Daya Tampung Beban Pencemar Parit Gudang Kecap

Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) dihitung menggunakan selisih perhitungan antara nilai beban pencemar setiap segmen dari kondisi eksisting Parit Gudang Kecap dengan skenario yang mengkondisikan kondisi kualitas air sesuai dengan baku mutu. Hasil DTBP Parit Gudang Kecap untuk parameter BOD dan TSS yaitu :

Tabel 6. DTBP Parameter BOD Parit Gudang Kecap

	Beban BOD Eksisting (kg/hari)	**DTBP (kg/hari)**	**Pengurangan Beban BOD (kg/hari)**
Segmen 1	4,00	3,40	0,60
Segmen 2	1,92	0,96	0,96
Segmen 3	9,46	4,73	4,73
Segmen 4	4,48	1,12	3,36
Segmen 5	7,53	0,00	7,53

Tabel 7. DTBP Parameter TSS Parit Gudang Kecap

	Beban TSS Eksisting (kg/hari)	**DTBP (kg/hari)**	**Penambahan Beban TSS (kg/hari)**
Segmen 1	3,80	3,80	0,00
Segmen 2	1,82	3,47	-1,64
Segmen 3	9,27	11,59	-2,32
Segmen 4	4,26	4,68	-0,43
Segmen 5	8,97	2,24	6,73

Tabel 6. dan **tabel 7.** menunjukkan hasil simulasi antara nilai *loads* eksisting dengan nilai *loads* setelah dilakukan simulasi skenario untuk masing-masing parameter. Nilai pengurangan beban BOD pada **tabel 6.** merupakan selisih nilai yang menandakan nilai yang bernilai positif menunjukan beban eksisting telah melampaui DTBP sehingga perlu penurunan beban pencemar, sedangkan hasil perhitungan selisih beban yang bernilai negatif menunjukkan beban eksisting yang tidak melampau DTBP. Hasil dari **6.** menunjukkan bahwa Parit Gudang Kecap sudah melebihi batas daya tampungnya untuk parameter BOD, yang menunjukan parit tidak memiliki kemampuan untuk melakukan *selfpurifitcation*, hal ini dikarenakan selisih antara beban eksisting dengan beban minimum untuk parameter BOD di kelima segmen parit menghasilkan nilai positif, sehingga perlu dilakukan penurunan beban pencemar. Parameter TSS menghasilkan nilai positif tetapi hanya pada segmen 5, yang menunjukkan keempat segmen lainnya mampu melakukan *selfpurification* untuk parameter TSS.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Hasil inventarisasi sumber pencemar parit dengan jarak 100 meter dari tepi parit meliputi limbah domestik (*non-point source*) yang merupakan sumber pencemar dominan yang berasal dari pemukiman dan limbah industri dari pabrik kecap (*point source*).
2. Hasil pemodelan kualitas air parit untuk parameter BOD dilakukan 5 skenario yaitu pengurangan beban pencemar sebesar 15%, 50%, 75%, 100% dan kombinasi skenario pengurangan beban pencemar. Pemodelan kualitas air parit untuk parameter TSS dilakukan 4 skenario yaitu pengurangan beban pencemar sebesar 75%, penambahan beban pencemar sebesar 10% dan 90%, dan kombinasi skenario pengurangan dan penambahan beban pencemar.
3. Daya Tampung Beban Pencemar Parit Gudang Kecap untuk parameter BOD untuk segmen 1-5 secara berurutan sebesar 3,4; 0,96; 4,73; 3,36; 1,12; dan 7,53 kg/hari dan untuk parameter TSS untuk segmen 1-5 secara berurutan sebesar 3,8; 3,47; 11,59; 4,68; 2,24 kg/hari.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraini, I. M., Parabi, A., & Widodo, M. L. (2023). Status Pencemaran Sungai Kapuas Kalimantan Barat. *Jurnal Teknologi Infrastruktur*, *2*(1), 44-52.

Arifelia, D. R., Dianysah, G., & Surbakti, H. (2017). Analisis kondisi perairan ditinjau dari konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) dan sebaran klorofil-a di muara Sungai Lumpur, Sumatera Selatan. *Maspari Journal: Marine Science Research*, *9*(2), 95-104.

Daroini, T. A., & Arisandi, A. (2020). Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, *1(4)*, 558-566.

Djoharam, V., Riani, E., & Yani, M. (2018). Analisis kualitas air dan daya tampung beban pencemaran sungai pesanggrahan di wilayah provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, *8(1)*, 127-133.

Hindriani, H. (2019). Kajian Daya Tampung Beban Pencemaran Senyawa Aox Di Sungai Ciujung Dengan Model Wasp (*Water Quality Analysis Simulation Program*). *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*, *1(1)*, 57-70.

Kurniawan, B., Hendratmo, A., Sfarudin, F. W., & Juniartha, J. (2017). Buku kajian daya tampung dan alokasi beban pencemaran Sungai Citarum. *Jakarta: Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*.

Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. (2020). Pengukuran total Dissolved Solid (Tds) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan Tumbuhan Sagittaria Lancifolia. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, *7(1)*, 143-148.

Nengsih K. G., Purnaini R., Dan Saziati O. (2023). Pendekatan Model Wasp (Water Quality Analisis Simulation Program) Pada Pencemaran Logam Berat Cd Di Sungai Kapuas Kecil. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *11(1)*, 084 – 093.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendialian Pencemaran Air.

Permatasari, N. A., Suswati, D., Arief, F. B., Aspan, A. A., & Akhmad, A. (2021). Identifikasi beberapa sifat kimia tanah gambut pada kebun kelapa sawit rakyat di Desa Rasau Jaya Ii Kabupaten Kubu Raya. *Agritech: Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, *23(2)*, 199-207.

Rachmawati, H. (2019). Pengaruh kondisi fisik sumur dan penurunan kualitas air (BOD) terhadap kejadian penyakit (studi kasus industri soun di desa Manjung kecamatan Ngawen kabupaten Klaten). *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, *18(2)*, 19-22.

Santoso, A. D. (2018). Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batu bara. *Jurnal Teknologi Lingkungan Vol*, *19(1)*.

Setyawati, D. A., Nuzula, N. I., Jayanthi, O. W., Kartika, A. G. D., & Rahayu, E. P. Pola Persebaran Vertikal dan Horizontal Total Suspended Solid di Perairan Padelegan, Pamekasan. *Buletin Oseanografi Marina*, *12(2)*, 213-222.

Toruan, P. L. T. L., Margareta, B., Jumarni, A., Pratiwi, S. S., & Atina, A. (2023). Pengaruh Temperatur Air Terhadap Konduktivitas Dan Total Dissolved Solid. *Jurnal Kumparan Fisika*, *6*(1), 11-16.

Untari, U. (2022). Analisis Nilai Tds (Total Disolve Solid) Pada Air Sumur Kota Dan Kabupaten Sorong Sebagai Gambaran Kualitas Air Sumur Bor. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, *7*(02), 115-121.