

Pemodelan Kualitas Air Sungai Sekitar Area Pertambangan Batubara di Kalimantan Menggunakan Software MIKE21

Mufti Syahirul Alim dan Praditya Sigit Ardisty Sitogasa*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi : Praditya.s.tl@upnjatim.ac.id

Kata Kunci:

Kualitas Air, Mike21, Permodelan Lingkungan, Sungai, TSS,

ABSTRAK

Kondisi kualitas air di Indonesia merupakan salah satu hal yang sangat membutuhkan perhatian lebih untuk menjaga kestabilannya. Hal tersebut dikarenakan terdapat beberapa faktor penghambat salah satunya yakni kegiatan dan/atau usaha sebuah industri. PT X ini merupakan sebuah kegiatan dan/atau usaha yang bergerak di bidang pertambangan batu bara. Seiring berjalannya kegiatan operasionalnya hasil dari kegiatan operasional akan diolah terlebih dahulu di dalam IPAL dan nantinya akan dibuang ke badan sungai. Sungai yang berada di area kegiatan dan/atau usaha ini diantaranya terdapat Sungai Bai, Sungai Senibung, Sungai Gulang-Gulang, Sungai Sempayau, dan Sungai Rapak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air sungai tersebut. Metode yang digunakan adalah mengidentifikasi kualitas air sungai Sungai Bai, Sungai Senibung, Sungai Gulang-Gulang, Sungai Sempayau, dan Sungai Rapak dengan menggunakan *software* Mike21 dengan memodelkan dan mensimulasikan data dalam 2 skenario, yakni saat musim kemarau dan musim penghujan. Hasil simulasi secara keseluruhan pada kondisi debit rata-rata dan debit minimum pada musim hujan dan kemarau menampilkan sebaran sebaran TSS (mg/l) di Sungai Gulang-Gulang memiliki konsentrasi TSS dengan sebaran paling maksimal sejauh 900 m, Sungai Rapak sejauh 1600 m, Sungai Sempayau sejauh 1200 m, Sungai Senibung sejauh 1700 m, Sungai Bai 1700 m.

Keyword:

Water Quality, Mike21, Environmental Modeling, Rivers, TSS,

ABSTRACT

The condition of water quality in Indonesia is one thing that really needs more attention to maintain its stability. This is because there are several inhibiting factors, one of which is the activity and/or business of an industry. PT X is an activity and/or business engaged in coal mining. As operational activities progress, the results of operational activities will be processed first in the WWTP and will later be discharged into the river body. The rivers in this activity and/or business area include the Bai River, Senibung River, Gulang-Gulang River, Sempayau River, and Rapak River. This research was conducted to determine the quality of the river water. The method used is to identify the water quality of the Bai River, Senibung River, Gulang-Gulang River, Sempayau River, and Rapak River using Mike21 software by modeling and simulating data in 2 scenarios, namely during the dry season and rainy season. The overall simulation results for average and minimum discharge conditions in the rainy and dry seasons show the distribution of TSS (mg/l) in the Gulang-Gulang River, which has the maximum concentration of TSS with a maximum distribution of 900 m, Rapak River 1600 m, River Sempayau is 1200 m away, Senibung River is 1700 m, Bai River is 1700 m.

1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara yang strategis dari segi letak geologis, geografis, maritim dan geomorfologis. Hal tersebut memberikan faktor yang menguntungkan bagi negara Indonesia dimana hal tersebut menjadikan negara Indonesia mempunyai Sumber Daya Alam (SDA) yang

melimpah. Berbagai macam Sumber Daya Alam (SDA) yang dimiliki oleh negara Indonesia Batu bara merupakan salah satu Sumber Daya Alam (SDA) mineral yang memiliki faktor penting, karena batubara sendiri termasuk ke dalam golongan bahan tambang mineral organik yang dieksploitasi untuk memenuhi kebutuhan sumber energi baik di dalam negeri

maupun luar negeri berupa kegiatan ekspor. Bahkan Batubara sendiri pada saat ini menjadi salah satu favorit bagi pihak atau instansi yang bergerak di bidang pertambangan, hal tersebut dikarenakan batubara sendiri menjadi salah satu energi primer. Terdapat 20 provinsi di Negara Indonesia ini yang memiliki sumber daya batubara dan diantaranya yang memiliki cadangan terbesar yakni terletak di Sumatera Selatan, Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Selatan. Kegiatan pertambangan merupakan suatu kegiatan dan/atau usaha yang kegiatannya dapat menimbulkan perubahan pada alam dan lingkungan. Selain itu, kegiatan pertambangan juga memiliki beberapa dampak pada lingkungan sekitar baik positif atau negatif.

Positifnya kegiatan pertambangan sendiri dapat memacu kemakmuran ekonomi negara, terdapat banyak keuntungan dari aktivitas pertambangan, termasuk membuka daerah yang sebelumnya terisolasi, menyediakan sumber pendapatan lokal, menciptakan peluang kerja, dan berperan sebagai penyumbang devisa negara (Hakim I, 2014). Namun untuk dampak negatifnya dapat merubah kondisi lingkungan dan memerlukan berbagai jenis aspek dalam melakukan pemulihannya. Selain itu, setiap aktivitas manusia yang menimbulkan sebuah limbah dan menghiraukan mengenai daya dukung dan daya tampung lingkungan dapat memberikan dampak buruk kepada ekosistem sekitar, khususnya pada sungai karena sangat mudah untuk menerima air buangan dari berbagai sektor (Sahabuddin dkk, 2014).

Sektor pertambangan adalah salah satu roda penggerak dalam perekonomian dan Pembangunan Negara Indonesia. Kegiatan produksi batubara pada setiap tahunnya diperkirakan akan semakin meningkat disetiap tahunnya dan menurut Direktur Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Ridwan Djamaluddin (2021), cadangan yang batubara di Negara Indonesia pada saat ini mencapai 38,84 miliar ton dan sumber daya batubara yang tercatat sebesar 134,7 miliar ton. Indonesia juga melakukan kegiatan ekspor terutama ke Negara Jepang, Taiwan, Korea Selatan, Eropa, dan sisa batu bara yang tidak diekspor digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik dan bahan bakar industri (Oktorina, 2018).

Kegiatan pertambangan batubara di Indonesia umumnya atau biasanya dilakukan dengan sistem tambang terbuka atau penambangan terbuka (*Open Pit Mining*). Sistem ini mengakibatkan dampak negatif kepada lingkungan, seperti kerusakan lingkungan yang cukup signifikan. Dampak dari kerusakan lingkungan ini meliputi hilangnya vegetasi hutan, kehilangan hewan dan tanaman (*flora dan fauna*), serta kerusakan dan kehilangan lapisan tanah di sekitar area pertambangan batubara. Sekali sumber bahan galian tambang ini habis, akan tidak mungkin untuk mengembalikan atau mengembalikan keadaannya seperti semula.

Seperti halnya dalam pertambangan umum, pertambangan batubara merupakan serangkaian aktivitas yang mencakup langkah-langkah seperti investigasi umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, tahap penambangan, pengolahan dan penyaringan, transportasi dan penjualan, serta tahap pascapertambangan. Kegiatan pertambangan adalah suatu usaha yang rumit dan kompleks, memiliki risiko tinggi, berjangka panjang, menggunakan teknologi tinggi, memerlukan modal besar, dan tunduk pada peraturan yang dikeluarkan oleh berbagai sektor. Dampak lain dari pertambangan batubara adalah transformasi dalam topografi

alam. Akibat kegiatan penambangan, terbentuklah lubang-lubang besar yang kemudian berubah menjadi bekas tambang yang mirip dengan danau. Air limbah yang dihasilkan dari pencucian batubara akan dialirkan ke kolam pengolahan sebelum akhirnya mencapai sungai alami. Kegiatan pertambangan terbuka sering kali melibatkan pemindahan material dari satu lokasi ke lokasi lain, yang menyebabkan pembentukan bukit-bukit atau lembah-lembah dalam yang dapat mengakibatkan penyumbatan sungai-sungai kecil di sekitarnya. Karena pertambangan yang menggunakan sistem *open pit* tersebut memberikan dampak buruk pada kualitas lapisan tanah subur yang menimbulkan kekhawatiran masyarakat setempat karena dapat mempengaruhi kegiatan pertanian sekitar (Suharto dkk, 2017).

Air adalah sumber daya alam yang sangat krusial dan esensial untuk keberlangsungan aktivitas dan kehidupan semua makhluk, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Dalam berbagai alternatif sumber air yang tersedia untuk diolah, air sungai menjadi salah satu sumber air mentah yang signifikan. Sungai memegang peran penting sebagai penyedia air terdekat bagi sejumlah penduduk di daerah pedesaan dan perkotaan, serta merupakan habitat bagi berbagai ekosistem air. Namun, dengan pertumbuhan populasi, perkembangan industri, kemajuan ekonomi, dan peningkatan standar hidup, kualitas air sungai itu sendiri mengalami penurunan. Kemampuan sungai untuk memulihkan diri dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya seperti kualitas air, baik secara fisik, secara kimia, dan biologis. Degradasi polutan organik adalah yang utama dipengaruhi oleh karakteristik air sungai. Kontaminan yang dihasilkan dari industri dapat menjadi ancaman kemampuan sungai untuk memurnikan diri (Yustiani dkk, 2018).

Secara alamiah, sungai memiliki kemampuan untuk mengatasi polutan hingga batas tertentu. Kapasitas pemulihan alami setiap sungai berbeda-beda dan tergantung pada karakteristik unik masing-masing sungai, termasuk kecepatan aliran, volume air yang mengalir, dan tingkat awal pencemaran dalam air sungai. Apabila beban polutan melebihi kemampuan sungai untuk memprosesnya, yang dapat diindikasikan oleh peningkatan konsentrasi polutan melebihi standar kualitas yang telah ditetapkan, maka ini akan mengakibatkan penurunan kualitas air sungai.

Tingginya kandungan bahan pencemar dalam air disebabkan oleh aktivitas penambangan dan pengolahan batubara, terutama proses pencucian batubara, di mana material pencemar dibawa oleh air limpasan permukaan dan mengalir ke bagian lebih rendah serta masuk ke dalam badan air. Oleh karena itu, dalam upaya menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi dampak negatif tersebut, setiap perusahaan yang melakukan kegiatan pertambangan batubara ataupun kegiatan pertambangan lainnya diwajibkan untuk melakukan kegiatan reklamasi lahan bekas galian tambang.

Di samping itu, ciri khas industri pertambangan adalah pengubahan lahan dan transformasi bentang alam, yang berpotensi mengubah tata ekosistem suatu wilayah dalam segi biologi, geologi, fisik, serta aspek sosio-ekonomi dan budaya masyarakat. Praktik industri pertambangan batubara memiliki potensi untuk menghasilkan dampak yang signifikan terhadap lingkungan, masyarakat setempat, dan ekonomi. Kehilangan fauna dan flora berpengaruh terhadap rantai makanan dan kelestarian spesies di daerah tersebut.

PT. X ini merupakan sebuah instansi yang melakukan kegiatan dan/usaha di bidang pertambangan batubara yang berada di Provinsi Kalimantan Timur, dimana disekitar area lokasi kegiatan dan/usaha terdapat beberapa Sungai yang ada di sekitarnya, diantaranya Sungai Rapak, Sungai Sempayau, Sungai Senibung, Sungai Gulang-Gulang, Sungai Bai dan nantinya hasil dari pengolahan air limbah hasil dari kegiatan pertambangan akan di buang ke sungai-sungai tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan beberapa data diantaranya data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan pada penelitian ini didapatkan melalui data lapangan dimana hal tersebut dilakukan secara sampling. Kemudian untuk data sekunder sendiri merupakan data-data pendukung seperti pasang surut air sungai, arus air, dan peta Rupa Bumi Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode kuantitatif karena data sampling yang sudah didapatkan sebelumnya akan di oleh menggunakan instrument penelitian dan nantinya akan menghasilkan sebuah angka. Kegiatan Sampling sendiri dilakukungan ± 12 titik lokasi dimana lokasi tersebut berada pada daerah aliran sungai disekitar area pertambangan. Permodelan ini dilakukan untuk mengetahui distribusi parameter kualitas air berdasarkan kondisi hidrodinamika perairan sekitar area pertambangan. Permodelan ini dilakukan dengan menggunakan *software* MIKE21.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

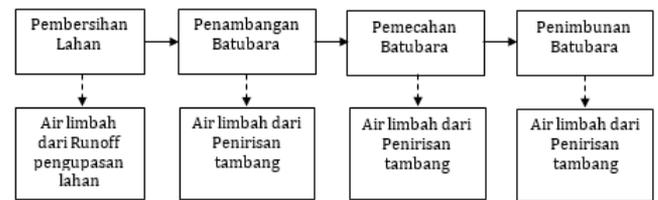


Gambar 1. Ruang Lingkup Daerah Kajian

Kegiatan dan/atau usaha pertambangan memang memberikan dampak yang baik untuk sebuah negara. Namun selain memberikan dampak baik kegiatan ini juga menghasilkan limbah hasil sisa produksi. Limbah tersebut apabila tidak mendapatkan perlakuan yang lebih intensif akan memberikan kontribusi dalam menurunnya kualitas lingkungan sekitar.

Kegiatan pertambangan ini dalam kegiatan operasionalnya menghasilkan limbah yang bersumber dari kegiatan utama dan kegiatan penunjang. Kegiatan utama yakni dari proses kegiatan pertambangan batubara. Sedangkan untuk kegiatan penunjang sendiri rata-rata bersumber dari aktivitas

tenaga kerja. Kegiatan utama dari pertambangan ini terdapat beberapa proses diantaranya sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Proses Kegiatan Pertambangan

- i. **Pembukaan / Pembersihan Lahan**
 Pembukaan area melibatkan berupa proses membersihkan semak-semak dan pohon-pohon besar di lokasi yang akan digali untuk pertambangan.
- ii. **Pemindahan Tanah Pucuk**
 Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menjaga agar lapisan tanah teratas atau pucuk tanah tetap mempertahankan karakteristik tanah aslinya, sehingga dapat digunakan kembali dalam proses reklamasi dan penanaman ulang.
- iii. **Pengupasan Tanah Tertutup**
 Pengupasan lapisan tanah penutup terbagi menjadi dua jenis bahan, yaitu bahan yang mudah digali dan bahan yang lebih keras. Jika bahan tersebut termasuk yang mudah digali, maka pengupasan dapat dilakukan secara manual. Namun, jika termasuk ke dalam bahan yang lebih keras, diperlukan tindakan pembongkaran melalui proses peledakan sebelum dilakukan penggalian.
- iv. **Penimbunan Tanah Tertutup**
 Pada tahap ini yakni dilakukan pemindahan material bongkaran yang sebelumnya sudah dilakukan dari alat gali ke tempat penumpukan
- v. **Coal Cleaning**
 Tahap ini dilakukan untuk menghilangkan lapisan material lain yang menutupi permukaan batubara, seperti sisa penutupan tanah dan pengendapan oleh agen seperti air permukaan, hujan, dan longsoran
- vi. **Penambangan Batubara (Coal Getting)**
 Proses pengambilan batu bara yang telah dibersihkan dan pengisian batu bara ke alat angkut.
- vii. **Pengangkutan Batubara**
- viii. **ROM Stock**
- ix. **Crushing**
 Mengubah dimensi batubara dari yang awalnya besar dengan memecahnya menjadi ukuran yang lebih kecil.
- x. **Stock Pile**
 Pencampuran batubara dan/atau homogenisasi untuk mencapai kualitas yang sesuai dengan persyaratan dan kebutuhan
- xi. **Coal Barging**
- xii. **Transshipment**

Setiap fase dalam kegiatan pertambangan dilakukan di lingkungan terbuka, yang berarti setiap fase tersebut berpotensi menghasilkan air limbah yang berasal dari hujan. Pengelolaan air limbah ini dilakukan dengan memisahkan saluran air hujan di berbagai wilayah, termasuk area kerja, area

asli, dan area yang belum ada aktivitas tambang. Air hujan yang jatuh di area kerja akan dialirkan ke kolam pengendap (settling pond) untuk diolah sebelum dilepaskan ke sistem air yang ada.

Pada dasarnya, berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022 Tentang Pengolahan Air limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan air limbah dari aktivitas pertambangan meliputi:

- Air limpasan berasal dari air larian permukaan yang melewati stockpile
- Air limbah dari lubang tambang yang merupakan air hujan dan air tanah yang masuk ke dalam lubang
- Air limbah dari proses pengolahan atau pemurnian hasil tambang
(Sisa/kelebihan air yang digunakan pada proses pencucian batu bara atau air yang digunakan pada proses *crushing* dan penimbunan batubara.

Kemudian untuk air limbah dari kegiatan penunjang yakni berasal dari aktivitas tenaga kerja dan kegiatan penunjang seperti bengkel/*workshop* dan laboratorium. Pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022 ini juga telah disebutkan mengenai baku mutu air limbah seperti berikut:

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Pertambangan Batu Bara dan Lignit

Parameter	Satuan	Penambangan	Pengolahan/ pencucian
pH		6-9	6-9
TSS	mg/l	400	200
Fe	mg/l	7	7
Mn	mg/l	4	4
BOD	mg/l	30	30
COD	mg/l	100	100

Berdasarkan baku mutu tersebut yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan parameter yang masih melebihi kada maksimum yang berada di daerah sungai dimana titik terjadinya pembuangan air hasil pengolahan IPAL yang sudah ada. Selain itu untuk pemantauan badan air sekitar juga mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lampiran VI yaitu baku mutu air sungai dan sejenisnya) Kelas II

Pada penelitian ini digunakan data yang berasal dari sampling di lapangan dimana yang dilakukan di sungai-sungai sekitar area kegiatan dan/atau usaha pertambangan batubara dengan dimulai dari hulu sungai hingga hilir sungai dan pemilihan lokasi pengambilan sampel ada beberapa hal yang direpresentasikan, diantaranya area *upstream*, area *downstream*, dan *Outfall*. Lokasi pengambilan sampel yakni dilakukan pada beberapa sungai diantaranya Sungai Senibung, Sungai Rapak, Sungai Sempayau, Sungai Gulang-Gulang, dan Sungai Bai. Beberapa sungai tersebut juga telah melewati beberapa kajian untuk menentukan kelas dari sungai tersebut dengan berpedoman salah satunya pada Lampiran IV Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 dimana sungai tersebut tidak melewati baku mutu sungai Kelas II dan untuk uji sampel sendiri mendapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Hulu Sungai Senibung

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	6,7
TSS	mg/l	50	10,5
Fe	mg/l	0,3	<0,03
Mn	mg/l	0,1	<0,02
BOD	mg/l	3	11,4
COD	mg/l	25	23,6

Tabel 3. Hasil Uji Hulu Sungai Rapak

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	5,1
TSS	mg/l	50	34
Fe	mg/l	0,3	<0,03
Mn	mg/l	0,1	1,51
BOD	mg/l	3	14,1
COD	mg/l	25	28,2

Tabel 4. Hasil Uji Hulu Sungai Sempayau

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	7,2
TSS	mg/l	50	76,7
Fe	mg/l	0,3	<0,03
Mn	mg/l	0,1	0,04
BOD	mg/l	3	8,76
COD	mg/l	25	19,6

Tabel 5. Hasil Uji Hulu Sungai Gulang-Gulang

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	7,66
TSS	mg/l	50	28
Fe	mg/l	0,3	0,05
Mn	mg/l	0,1	0,08
BOD	mg/l	3	10,56
COD	mg/l	25	23,77

Tabel 6. Hasil Uji Hulu Sungai Bai

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	7,66
TSS	mg/l	50	27
Fe	mg/l	0,3	0,07
Mn	mg/l	0,1	0,08
BOD	mg/l	3	6,14
COD	mg/l	25	14,55

Tabel 7. Hasil Uji Hilir Sungai Senibung

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	7,44
TSS	mg/l	50	6
Fe	mg/l	0,3	0,06
Mn	mg/l	0,1	0,3
BOD	mg/l	3	11,04
COD	mg/l	25	24,14

Tabel 8. Hasil Uji Hilir Sungai Rapak

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	4,78
TSS	mg/l	50	164
Fe	mg/l	0,3	0,07
Mn	mg/l	0,1	0,3
BOD	mg/l	3	12
COD	mg/l	25	30,02

Tabel 9. Hasil Uji Hilir Sungai Sempayau

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	7,66
TSS	mg/l	50	32
Fe	mg/l	0,3	0,06
Mn	mg/l	0,1	0,03
BOD	mg/l	3	5,95
COD	mg/l	25	16,24

Tabel 10. Hasil Uji Hilir Sungai Gulang-Gulang

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	7,89
TSS	mg/l	50	18
Fe	mg/l	0,3	0,2
Mn	mg/l	0,1	0,04
BOD	mg/l	3	10
COD	mg/l	25	23

Tabel 11. Hasil Uji Hilir Sungai Bai

Parameter	Satuan	Baku Mutu Sungai Kelas II	Hasil
pH		6-9	6
TSS	mg/l	50	26,5
Fe	mg/l	0,3	0,03
Mn	mg/l	0,1	0,02
BOD	mg/l	3	12,6
COD	mg/l	25	26,7

Dengan mengacu pada hasil pengukuran, sampel uji air bersih yang telah diambil dibandingkan dengan standar kualitas yang tertera dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Kualitas Air Kelas II (yang diperlukan untuk keperluan fasilitas rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, irigasi pertanian, atau tujuan lain yang membutuhkan tingkat kualitas air yang sesuai) masih terdapat beberapa parameter pencemar yang melebihi baku mutu di setiap sungai.

Berdasarkan kajian mengenai baku mutu air limbah pada kegiatan pertambangan ini dari beberapa parameter pencemar seperti pH, TSS, Fe, Mn, dll memiliki factor pencemaran yang tinggi. Pada saat air limbah tersebut di distribusikan ke badan air penerima menunjukkan perubahan kualitas air terjadi peningkatan, namun peningkatan tersebut relatif dapat dikatakan kecil dan tidak melebihi baku mutu air Kelas II berdasarkan pada Lampiran IV Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021. Bila membandingkan antara perubahan konsentrasi air di bagian hilir akibat rencana pembuangan air

limbah dari aktivitas pertambangan dengan standar kualitas air sungai kelas 2, perbedaannya masih signifikan. Hal ini disebabkan oleh aliran air sungai yang masuk ke dalam badan air penerima yang memiliki debit yang cukup rendah, yakni sekitar 1,28 m³/detik. Akibatnya, kapasitas untuk asimilasi dan proses pemurnian air juga cukup besar.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan sebuah permodelan kualitas air difokuskan pada simulasi kualitas air dalam Sungai Bai, Senibung, Gulang-Gulang, Sempayau, dan Sungai Rapak. Simulasi dilakukan dalam dua situasi yang berbeda, yaitu saat musim kemarau dan musim hujan. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk menilai kualitas air dalam sungai-sungai tersebut pada kondisi debit air rata-rata serta debit air minimum selama musim kemarau dan musim hujan, dengan memperhitungkan sumbangan polutan dari KPL. Parameter pencemar yang melebihi baku mutu memang berbeda beda di setiap sungai yang ada di sekitar area kegiatan dan/usaha pertambangan dan permodelan ini ditujukan hanya untuk mengetahui kualitas air sungai maka data parameter yang digunakan pada permodelan ini yakni Total Suspended Solid (TSS) untuk mewakili parameter lainnya.

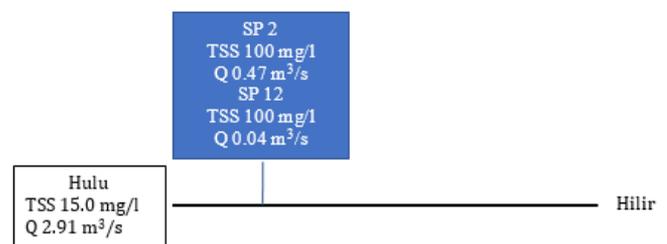
Hasil permodelan kualitas air Sungai Bai, Senibung, Gulang-Gulang, Sempayau, dan Sungai Rapak sebagai berikut:

Tabel 12. Pengukuran Sungai Pada Saat Tidak Ada Hujan

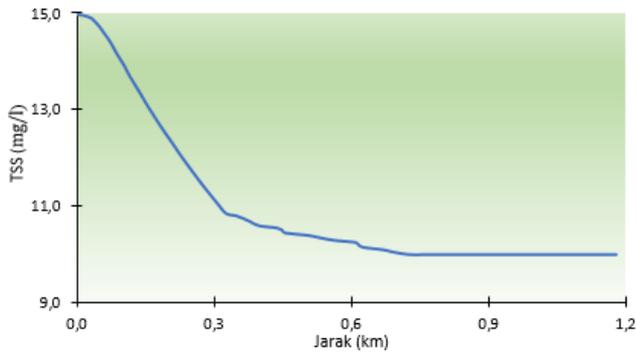
Nama Sungai	Lebar (m)	Kedalaman rata-rata (m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Debit (m ³ /s)
Sempayau	103,85	5,4	22,6	124,07
Senibung	3,28	0,86	32,6	0,43
Gulang - Gulang	3,075	1,46	42,1	0,53
Bai	5,30	1	47,75	0,99
Rapak	4,45	1,18	57,75	0,908

Tabel 13. Pengukuran Sungai Pada Saat Ada Hujan

Nama Sungai	Lebar (m)	Kedalaman rata-rata (m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Debit (m ³ /s)
Sempayau	106,25	6,5	17,5	197,32
Senibung	3,91	1,25	27,94	2,91
Gulang - Gulang	3,72	1,59	36,95	2,777
Bai	7,50	1,5	8,96	8,477
Rapak	5,1	1,37	9,08	7,69

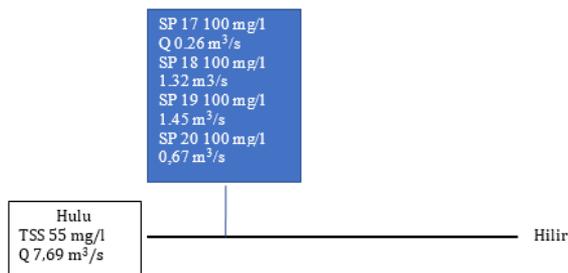


Gambar 3. Skenario Sebaran Air Limbah Sungai Sempayau

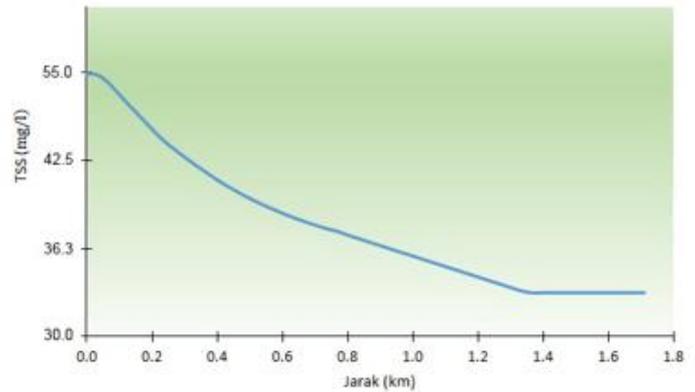


Gambar 4. Simulasi Sebaran TSS Pada Sungai Sempayau

Hasil simulasi mengenai konsentrasi TSS di Sungai Sempayau, yang juga menjadi tempat pembuangan air limbah dari Sp 2, Sp 12 mendapatkan hasil simulasi secara keseluruhan, baik pada kondisi debit rata-rata maupun debit minimum selama musim hujan dan kemarau, menggambarkan distribusi TSS (mg/l) di Sungai Sempayau.. Distribusi ini menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan di sekitar titik Outfall setelah beban pencemaran dari pembuangan settling pond bercampur dengan segmen sungai. Selain itu, beban pencemaran dari Sungai Sempayau sepanjang aliran sungai juga memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan konsentrasi TSS, mencapai sebaran maksimum hingga sekitar 1200 meter dari titik Outfall. Distribusi dari pembuangan Sp 2, Sp 12 dari hulu ke hilir menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, pada kondisi awal memang dibuat sudah melebihi standar kualitas air kelas II sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VI.

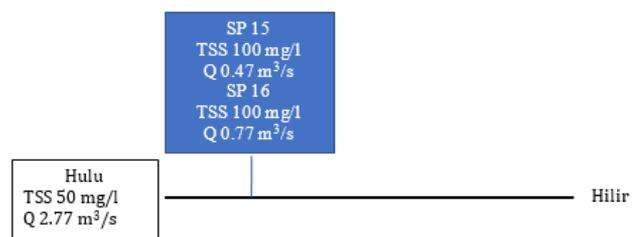


Gambar 5. Skenario Sebaran Air Limbah Sungai Rapak

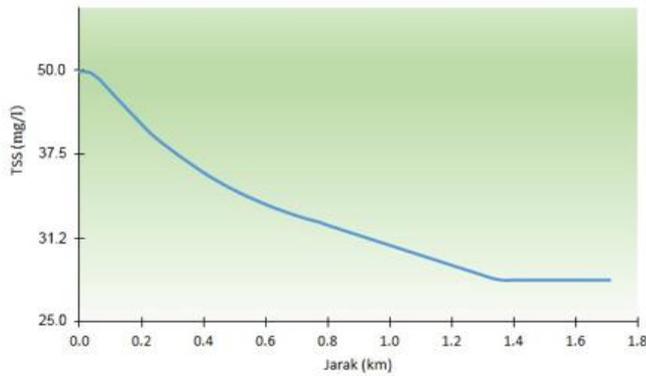


Gambar 6. Simulasi Sebaran TSS Pada Sungai Rapak

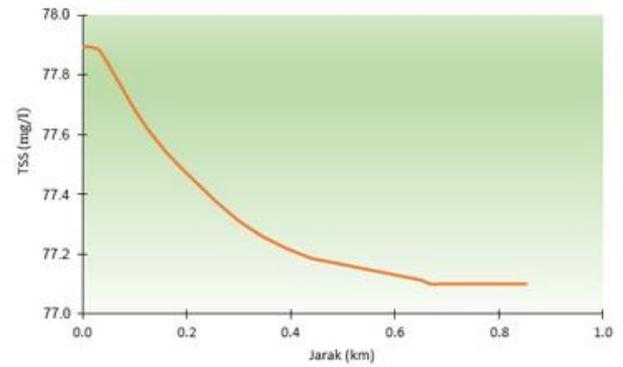
Hasil simulasi mengenai konsentrasi TSS di Sungai Sempayau, yang juga menjadi tempat pembuangan air limbah dari Sp 17, Sp 18, Sp 19, dan Sp 20 mendapatkan hasil simulasi secara keseluruhan, baik pada kondisi debit rata-rata maupun debit minimum selama musim hujan dan kemarau, menggambarkan distribusi TSS (mg/l) di Sungai Sempayau.. Distribusi ini menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan di sekitar titik Outfall setelah beban pencemaran dari pembuangan settling pond bercampur dengan segmen sungai. Selain itu, beban pencemaran dari Sungai Sempayau sepanjang aliran sungai juga memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan konsentrasi TSS, mencapai sebaran maksimum hingga sekitar 1600 meter dari titik Outfall. Distribusi dari pembuangan Sp 17, Sp 18, Sp 19, dan Sp 20 dari hulu ke hilir menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, pada kondisi awal memang dibuat sudah melebihi standar kualitas air kelas II sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VI.



Gambar 7. Skenario Sebaran Air Limbah Sungai Bai



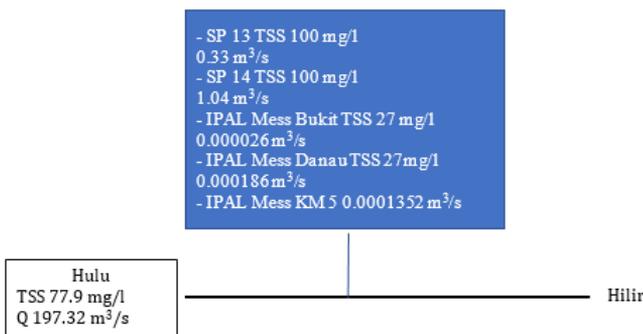
Gambar 8. Simulasi Sebaran TSS Pada Sungai Bai



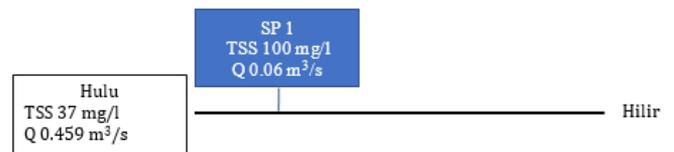
Gambar 10. Simulasi Sebaran TSS Pada Sungai Gulang-Gulang

Hasil simulasi mengenai konsentrasi TSS di Sungai Bai, yang juga menjadi tempat pembuangan air limbah dari Sp 15, Sp 16 mendapatkan hasil simulasi secara keseluruhan, baik pada kondisi debit rata-rata maupun debit minimum selama musim hujan dan kemarau, menggambarkan distribusi TSS (mg/l) di Sungai Bai.. Distribusi ini menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan di sekitar titik Outfall setelah beban pencemaran dari pembuangan settling pond bercampur dengan segmen sungai. Selain itu, beban pencemaran dari Sungai Bai sepanjang aliran sungai juga memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan konsentrasi TSS, mencapai sebaran maksimum hingga sekitar 1700 meter dari titik Outfall. Distribusi dari pembuangan Sp 15, Sp 16 dari hulu ke hilir menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, pada kondisi awal memang dibuat sudah melebihi standar kualitas air kelas II sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VI.

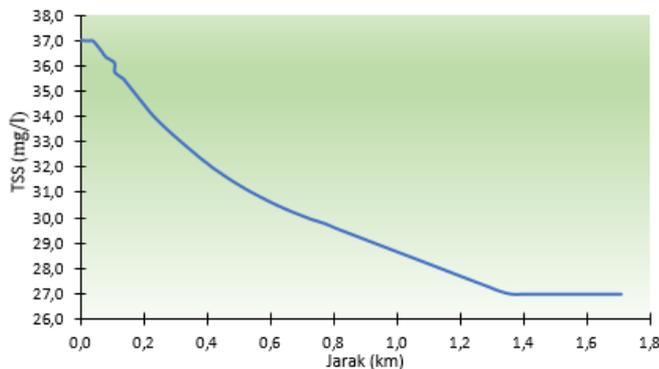
Hasil simulasi mengenai konsentrasi TSS di Sungai Gulang-Gulang, yang juga menjadi tempat pembuangan air limbah dari Sp 13, Sp 14, IPAL Mess Bukit, dan IPAL Mess Danau mendapatkan hasil simulasi secara keseluruhan, baik pada kondisi debit rata-rata maupun debit minimum selama musim hujan dan kemarau, menggambarkan distribusi TSS (mg/l) di Sungai Bai.. Distribusi ini menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan di sekitar titik Outfall setelah beban pencemaran dari pembuangan settling pond bercampur dengan segmen sungai. Selain itu, beban pencemaran dari Sungai Gulang-Gulang sepanjang aliran sungai juga memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan konsentrasi TSS, mencapai sebaran maksimum hingga sekitar 900 meter dari titik Outfall. Distribusi dari pembuangan Sp 13, Sp 14, IPAL Mess Bukit, dan IPAL Mess Danau dari hulu ke hilir menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, pada kondisi awal memang dibuat sudah melebihi standar kualitas air kelas II sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VI.



Gambar 9. Skenario Sebaran Air Limbah Sungai Gulang-Gulang



Gambar 11. Skenario Sebaran Air Limbah Sungai Senibung



Gambar 12. Simulasi Sebaran TSS Pada Sungai Senibung

Hasil simulasi mengenai konsentrasi TSS di Sungai Senibung, yang juga menjadi tempat pembuangan air limbah dari Sp 1 mendapatkan hasil simulasi secara keseluruhan, baik pada kondisi debit rata-rata maupun debit minimum selama musim hujan dan kemarau, menggambarkan distribusi TSS (mg/l) di Sungai Bai.. Distribusi ini menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan di sekitar titik Outfall setelah beban pencemaran dari pembuangan settling pond bercampur dengan segmen sungai. Selain itu, beban pencemaran dari Sungai Senibung sepanjang aliran sungai juga memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan konsentrasi TSS, mencapai sebaran maksimum hingga sekitar 1700 meter dari titik Outfall. Distribusi dari pembuangan Sp 1 dari hulu ke hilir menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, pada kondisi awal memang dibuat sudah melebihi standar kualitas air kelas II sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VI.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa kegiatan dan/atau usaha pertambangan pastinya menghasilkan limbah dan perlu melalui pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Melalui beberapa kajian juga dari titik *Outfall* yang menerima beban pencemar memang terdapat kemungkinan dalam meningkatnya parameter air sungai sehingga melewati baku mutu, namun kenaikan tersebut masih terhitung rendah sehingga tidak melewati baku mutu air sungai Kelas II sesuai dengan Lampiran IV Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021.

Kemudian kenaikan baku mutu di sungai sekitar area pertambangan juga dipengaruhi beberapa factor sekitar ketika bercampur menjadi satu. Pada permodelan tersebut untuk kadar TSS menggunakan data dari outlet baku mutu maksimal yakni sebesar 100 mg/l dan untuk di hulu dan hilir menggunakan hasil pengujian. Hasil simulasi secara keseluruhan pada kondisi debit rata-rata dan debit minimum pada musim hujan dan kemarau menampilkan sebaran sebaran TSS (mg/l) di Sungai Gulang-Gulang memiliki konsentrasi TSS dengan sebaran paling maksimal sejauh 900 m, Sungai Rapak sejauh 1600 m, Sungai Sempayau sejauh 1200 m, Sungai Senibung sejauh 1700 m, Sungai Bai 1700 m. Jarak tersebut menggambarkan kemampuan sungai dalam menerima beban pencemar yang sudah di modelkan. Dalam penelitian ini

masih perlu banyak kajian agar mencapai titik optimal dan dapat timbul berbagai macam pengetahuan, sehingga perlu adanya pengkajian lebih mengenai permodelan parameter baku mutu yang terkhusus untuk kegiatan dan/atau usaha pertambangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriono, F. H., Zainuri, M., Helmi, M., Rochaddi, B., & Widada, S. (2021). Distribusi Material Padatan Tersuspensi di Perairan Sungai Jajar, Kabupaten Demak. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(4), 344–353. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i4.11862>
- Hamidi, R., Furqon, M. T., & Rahayudi, B. (2017). Implementasi Learning Vector Quantization (LVQ) untuk Klasifikasi Kualitas Air Sungai. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(12), 1758–1763. <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/635>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2022 Tentang Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan*. 5, 1–23. https://jdih.menlhk.go.id/new/uploads/files/2022pmlhk_005_menlhk_04112022102337.pdf
- Oktorina, S. (2018). Kebijakan Reklamasi Dan Revegetasi Lahan Bekas Tambang (Studi Kasus Tambang Batubara Indonesia). *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 16–20. <https://doi.org/10.29080/alard.v4i1.411>
- Reno Fitriyanti. (2016). Pertambangan Batubara Dampak Lingkungan, Sosial Dan Ekonomi. *Jurnal Redoks Teknik Kimia, Volume 1, No 1*(Pertambangan Batubara : Dampak Lingkungan, Sosial dan Ekonomi), 34–40.
- Sahabuddin, H., Harisuseno, D., & Yuliani, E. (2018). Analisa status mutu air dan daya tampung beban pencemaran sungai wangu kota kendari. *Jurnal Teknik Pengairan*, 5, 19–28.
- Suharto, R. B., Hilmawan, R., & Yudaruddin, R. (2017). SUMBER DAYA ALAM UNTUK KESEJAHTERAAN PENDUDUK LOKAL: Studi Analisis Dampak Pertambangan Batu Bara Di Empat Kecamatan Area Kalimantan Timur, Indonesia. *Jurnal Organisasi Dan Manajemen*, 11(2), 127–137. <https://doi.org/10.33830/jom.v11i2.178.2015>
- Yuniarti, Y., & Biyatmoko, D. (2019). Analisis Kualitas Air Dengan Penentuan Status Mutu Air Sungai Jaing Kabupaten Tabalong. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(2), 52–69. <https://doi.org/10.20527/jukung.v5i2.7319>
- Yustiani, Y. M., Nurkanti, M., Suliasih, N., & Novantri, A. (2018). Influencing parameter of self purification process in The urban area of Cikapundung River,

Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 14(43),
50–54. <https://doi.org/10.21660/2018.43.3546>

Zubaidah, T., Karnaningroem, N., & Slamet, A. (2019). The
self-purification ability in the Rivers of Banjarmasin,
Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 20(2),
177–182. <https://doi.org/10.12911/22998993/97286>