



komunitas
TERAS

LAPORAN KAJIAN

Dampak Proyek Strategis Nasional
(PSN) terhadap Tutupan Lahan,
Habitat Satwa dan Hidrologi

2025

Oleh:

KOMUNITAS TERAS

komunitasteras.org

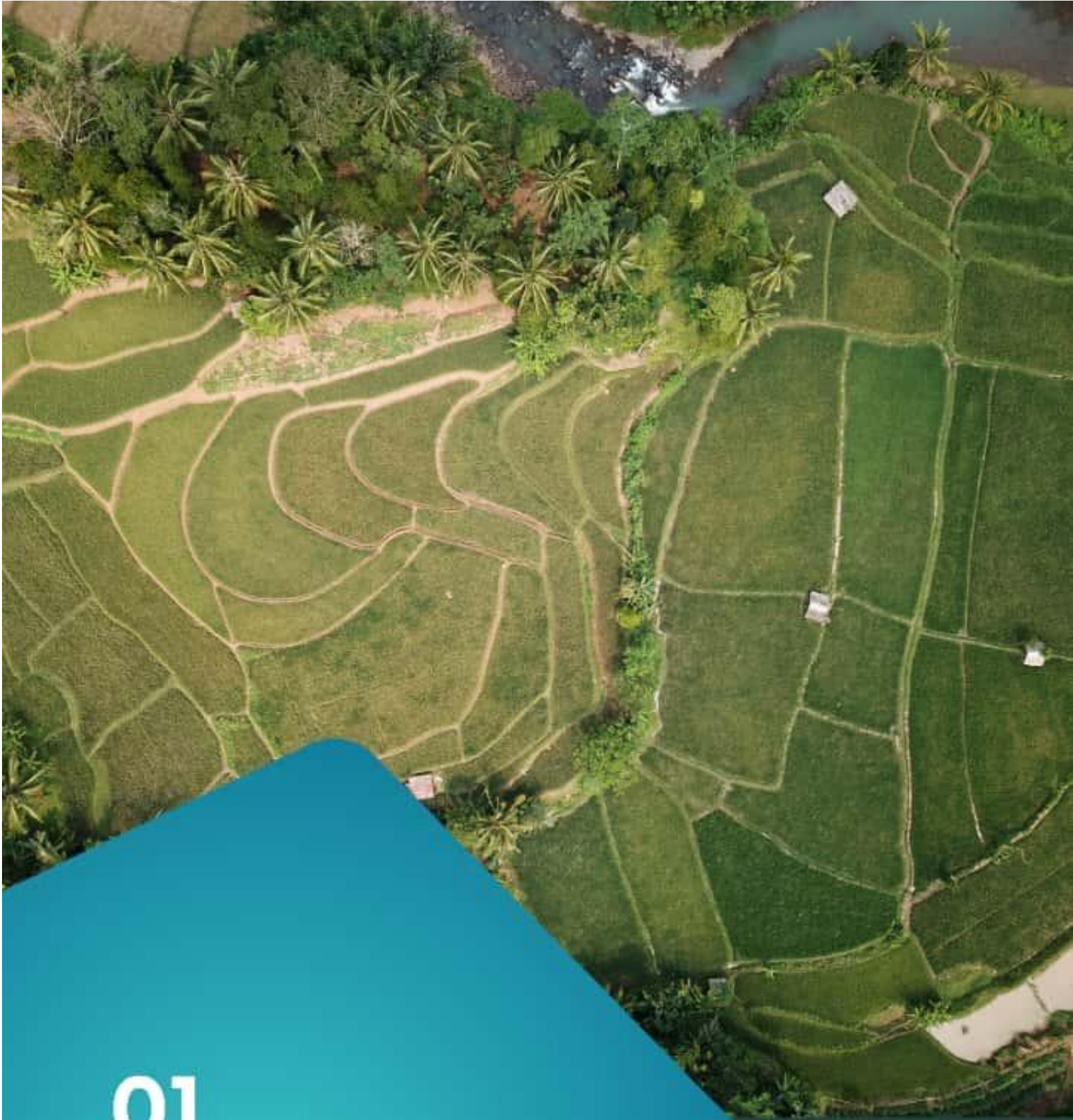
Jalan Konasara 4, Bonggoeya, Kec. Wua-Wua, Kota Kendari,
Sulawesi Tenggara 93116





DAFTAR ISI

COVER	i
DAFTAR ISI	i
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.3 Ruang Lingkup.....	4
BAB II METODE PENELITIAN	5
2.1 Alat dan Bahan.....	5
2.2 Prosedur Kerja.....	5
2.2.1. Tutupan Lahan.....	5
2.2.2 Habitat Satwa.....	6
2.2.3 Hidrologi.....	7
2.2.4 Kualitas Air Sungai.....	9
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	10
3.1 Tutupan Lahan.....	10
3.2 Habitat Satwa.....	12
3.3 Hidrologi.....	17
3.4 Kualitas Air Sungai.....	28
BAB IV KESIMPULAN	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	42



01

PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan kawasan industri merupakan bagian dari strategi nasional yang bertujuan untuk mempercepat hilirisasi sumber daya alam serta memperkuat daya saing ekonomi Indonesia. Melalui kerangka Program Strategis Nasional (PSN), pemerintah mendorong pendirian kawasan industri pengolahan mineral strategis, termasuk komoditas nikel yang menjadi bahan utama dalam industri baja tahan karat dan baterai kendaraan listrik. Salah satu proyek utama dalam agenda tersebut adalah PT Indonesia Konawe Industrial Park (IKIP) yang berlokasi di Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Kawasan ini dikembangkan sebagai pusat pengolahan dan pemurnian nikel serta menjadi bagian penting dalam rantai pasok industri logam nasional. Dari perspektif ekonomi, keberadaan proyek ini memberikan peluang besar bagi peningkatan investasi, pembangunan infrastruktur, dan penyediaan lapangan kerja bagi masyarakat lokal. Namun, di balik potensi ekonomi tersebut, tersimpan konsekuensi ekologis yang perlu mendapat perhatian serius.

Kabupaten Konawe Utara memiliki karakter lingkungan yang kompleks dan sensitif. Wilayah ini mencakup hutan hujan tropis dataran rendah, kawasan perbukitan dengan formasi batuan ultrabasa, serta beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS) utama seperti Lasolo, Molawe, dan Langgikima. Kawasan tersebut berfungsi penting sebagai penyangga sistem hidrologi sekaligus habitat bagi berbagai spesies endemik Sulawesi. Kondisi ekologis yang demikian beragam menjadikan daerah ini sangat rentan terhadap perubahan tata guna lahan. Oleh karena itu, pembangunan industri berskala besar di wilayah ini berisiko menimbulkan tekanan lingkungan yang signifikan apabila tidak diimbangi dengan upaya pengelolaan ekosistem yang tepat dan berkelanjutan.


Perubahan tutupan lahan merupakan salah satu dampak paling nyata dari pengembangan kawasan industri. Aktivitas konstruksi dan perluasan fasilitas



produksi telah mengubah bentang alam yang semula tertutup vegetasi alami menjadi kawasan terbangun. Kegiatan seperti pembukaan hutan, pembangunan jalan, pelabuhan, dan fasilitas pendukung industri memicu laju deforestasi yang tinggi, terutama di wilayah hulu dan sepanjang zona riparian. Hilangnya vegetasi alami yang berfungsi menahan erosi, menjaga kelembapan tanah, dan mengatur infiltrasi air menyebabkan terganggunya keseimbangan hidrologi. Permukaan tanah yang tertutup material kedap air seperti aspal dan beton meningkatkan limpasan permukaan (runoff), mengurangi infiltrasi air tanah, dan menimbulkan ketidakseimbangan antara debit puncak dan debit dasar sungai. Dalam jangka panjang, kondisi ini meningkatkan risiko banjir pada musim hujan dan menurunkan debit air saat kemarau, yang menandakan adanya gangguan terhadap sistem hidrologi alami.

Selain mengubah pola aliran air, konversi lahan juga menimbulkan dampak terhadap kerusakan habitat flora dan fauna. Deforestasi mengakibatkan hilangnya habitat bagi spesies endemik Sulawesi seperti anoa, tarsius, dan berbagai jenis burung hutan tropis. Fragmentasi habitat yang disebabkan oleh pembangunan jalan dan fasilitas industri membuat populasi satwa liar terisolasi, menurunkan keanekaragaman genetik, serta memperbesar risiko konflik antara manusia dan satwa. Kerusakan vegetasi riparian yang semula menjadi pelindung alami sungai mempercepat proses erosi dan meningkatkan beban sedimen di perairan. Tanah laterit yang tererosi terbawa aliran hujan menuju sungai, meningkatkan kadar Total Suspended Solid (TSS) dan kekeruhan (turbiditas), sehingga menghambat penetrasi cahaya dan menurunkan kadar oksigen terlarut (Dissolved Oxygen/DO). Akumulasi sedimen kemudian menyebabkan pendangkalan sungai dan muara, menurunkan kapasitas tampung air, serta memperbesar risiko banjir di wilayah hilir.


Selain itu, aktivitas operasional industri juga memberikan dampak signifikan terhadap kualitas lingkungan melalui pencemaran logam berat yang berasal dari proses pengolahan dan pemurnian bijih nikel. Proses tersebut berpotensi



melepaskan unsur logam seperti nikel (Ni), besi (Fe), dan mangan (Mn) ke lingkungan, baik melalui aliran permukaan (surface runoff) maupun sistem drainase industri. Logam berat tersebut, sebagian akan terendapkan di dasar sungai dan terakumulasi dalam lapisan sedimen, selanjutnya masuk ke dalam rantai makanan melalui biota akuatik. Dalam jangka panjang, akumulasi logam berat tidak hanya menyebabkan penurunan kualitas air dan terganggunya keseimbangan ekosistem perairan, tetapi juga menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia yang mengonsumsi hasil perikanan dari sungai atau pesisir tercemar. Hal ini sejalan dengan hasil studi WALHI Sulawesi Tenggara (WALHI SULTRA) yang menunjukkan bahwa kadar logam berat disekeliling sungai yang berdekatan dengan kawasan tambang dan industri nikel sering kali melebihi ambang batas baku mutu lingkungan. Hal ini tidak hanya berdampak pada aspek ekologi, namun, berdampak juga pada aspek sosial bagi masyarakat local.

Dari aspek sosial-ekologis, masyarakat di sekitar kawasan industri sangat bergantung pada sumber daya alam, terutama air sungai yang dimanfaatkan untuk kebutuhan domestik, pertanian, dan perikanan. Penurunan kualitas dan ketersediaan air akibat peningkatan kekeruhan serta kontaminasi logam berat berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat, produktivitas lahan, dan ketahanan pangan lokal. Dengan demikian, tekanan lingkungan yang ditimbulkan oleh pembangunan kawasan industri tidak hanya merusak ekosistem, tetapi juga mengganggu stabilitas sosial dan ekonomi masyarakat sekitar.

Dengan memperhatikan kompleksitas serta keterkaitan berbagai dampak ekologis dan sosial yang muncul, diperlukan kajian ilmiah yang komprehensif dan berbasis data empiris untuk mengevaluasi sejauh mana aktivitas PT Indonesia Konawe Industrial Park (IKIP) memengaruhi kondisi lingkungan di sekitarnya. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi perumusan kebijakan serta strategi pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan, sehingga



pembangunan industri di Kabupaten Konawe Utara dapat berjalan seiring dengan upaya pelestarian ekosistem dan peningkatan kesejahteraan masyarakat lokal.


1.2 Tujuan dan Manfaat

Kajian ini bertujuan:

1. Menganalisis perubahan tutupan lahan dan kualitas habitat di wilayah sekitar kawasan industri PT IKIP guna mengetahui tingkat degradasi lingkungan akibat aktivitas pembangunan dan operasional industri.
2. Menilai perubahan kondisi hidrologi, meliputi debit sungai, infiltrasi, dan beban sedimen, dengan menggunakan pemodelan hidrologi (SWAT+) untuk mengidentifikasi dampak pembangunan industri terhadap keseimbangan air di Daerah Aliran Sungai (DAS) sekitar.
3. Mengevaluasi kualitas air sungai meliputi parameter fisik, kimia, dan kandungan logam berat, guna menilai tingkat pencemaran yang terjadi akibat aktivitas industri nikel.

Kajian ini diharapkan memberikan sejumlah manfaat yang strategis:

1. **Bagi Pemerintah Daerah (PEMDA)**, kajian ini menjadi dasar ilmiah dalam merumuskan kebijakan pengelolaan lingkungan dan tata ruang yang berkelanjutan di Kabupaten Konawe Utara, khususnya dalam pengawasan aktivitas industri dan perlindungan Daerah Aliran Sungai (DAS).
2. **Bagi Pihak Industri (PT IKIP dan mitranya)**, kajian ini dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk memperbaiki sistem pengelolaan lingkungan, penerapan praktik industri hijau, serta penguatan program tanggung jawab sosial perusahaan (Corporate Social Responsibility/CSR) yang berorientasi pada konservasi ekosistem dan perlindungan sumber daya air.
3. **Bagi Masyarakat**, kajian ini memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan terkini di sekitar kawasan industri, sehingga dapat meningkatkan



kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam upaya pengawasan serta pelestarian sumber daya alam yang menjadi tumpuan hidup masyarakat.

4. **Bagi Pembuat Kebijakan di Tingkat Nasional**, kajian ini dapat berkontribusi pada pengembangan strategi pembangunan industri berbasis keberlanjutan (sustainable industrial development), di mana pertumbuhan ekonomi dijalankan seiring dengan upaya menjaga daya dukung dan daya tampung lingkungan.

1.3 Ruang Lingkup

Kajian ini difokuskan pada dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas pembangunan dan operasional PT Indonesia Konawe Industrial Park (IKIP) di Kabupaten Konawe Utara, dengan menitikberatkan pada tiga komponen utama, yaitu perubahan tutupan lahan dan habitat, kondisi hidrologi, serta kualitas air sungai.



02 METODE



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam kajian ini adalah labtop yang dilengkapi dengan software QGis dengan *plugin* InVEST untuk menjalankan kualitas habitat dan *plugin* SWAT+ untuk analisis respon hidrologi. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan *Google Earth Engine*. Bahan yang digunakan adalah Citra satelit Sentinel 2 Tahun 2020 dan 2024, batas Kawasan PT IKIP, Rupa Bumi Indonesia (RBI), data ancaman habitat, Jenis Tanah, DEM, Data Iklim.

2.2. Prosedur Kerja

2.2.1 Tutupan Lahan

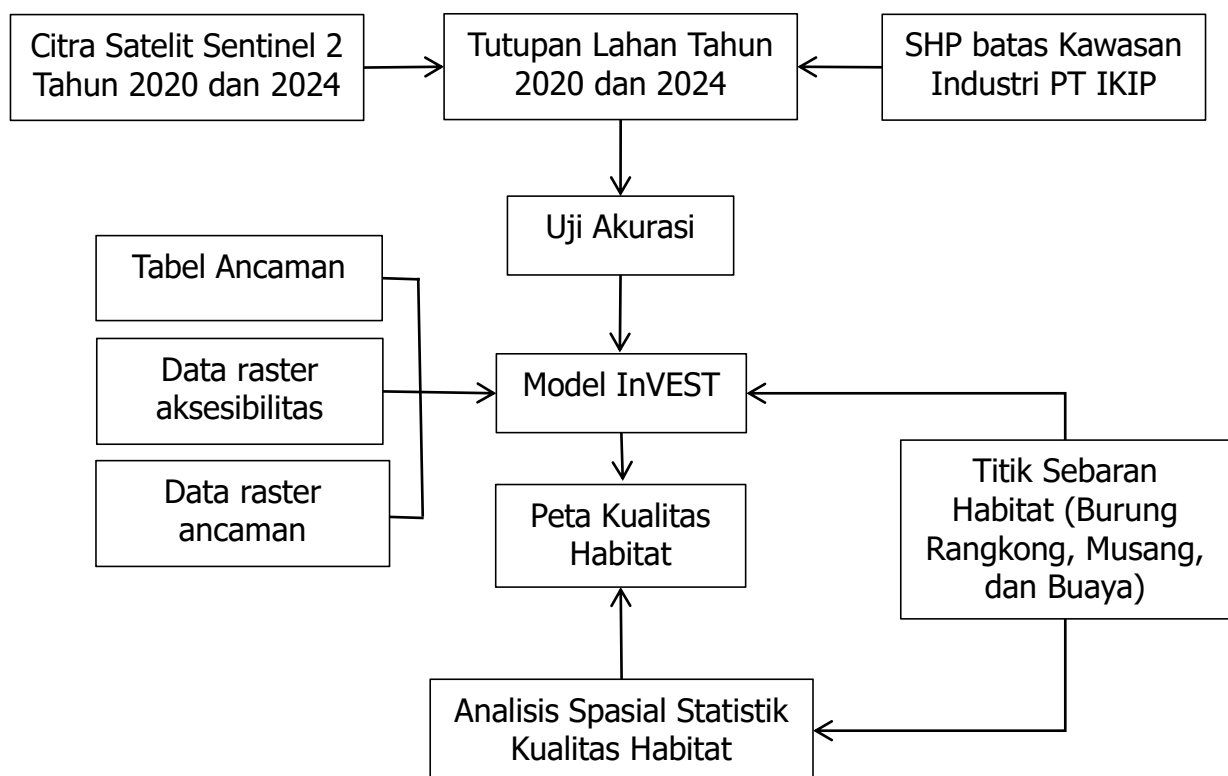
Peta tutupan lahan di PT IKIP dan sekitarnya tahun 2020 dan 2024 dibuat dengan menggunakan data citra satelit Sentinel 2, diperoleh melalui laman *Copernicus Open Access Hub (SciHub)*. Data tersebut diklasifikasikan dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dalam *Google Earth Engine (GEE)*. Data citra Sentinel 2 yang digunakan memiliki resolusi spasial sebesar 10 x 10 meter, resolusi tersebut mampu mendukung analisis tutupan lahan dengan detail tinggi.

Tahap awal dalam klasifikasi tutupan lahan dengan metode klasifikasi terbimbing berupa pembuatan training sample dilakukan pada setiap kelas tutupan lahan. Training sample didasarkan pada nilai piksel yang sama dalam pengenalan data citra Sentinel 2. Tahapan training sample menjadi penting karena kualitas dan akurasi analisis kelas tutupan lahan sangat bergantung pada jumlah data yang diambil dari training sample tersebut (Fathoni et al. 2025). Hasil klasifikasi kelas tutupan lahan dibagi menjadi lima kelas, yaitu hutan, semak belukar, badan air, lahan terbuka, lahan terbangun dan perkebunan sawit, mengacu pada SNI 7645:2010. Peta tutupan lahan yang sudah dihasilkan kemudian dilakukan uji

akurasi atau ketelitian menggunakan matriks kesalahan (confusion matrix). Uji akurasi dilakukan untuk menunjukkan tingkat ketepatan dalam pengolahan data klasifikasi tutupan lahan (Astuti et al. 2023).

2.2.2 Habitat Satwa

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa tutupan lahan, data ancaman dan sebaran habitat burung Rangkong, Musang dan Buaya. Peta tutupan lahan tahun 2020 dan 2024 sebagai baseline map dan current map dalam input pemodelan kualitas habitat InVEST. Data ancaman dan data sebaran habitat habitat didapatkan melalui studi literatur, yang kemudian hasilnya berupa tabel yang dikonversi ke dalam format .csv (Comma Separated Values) sesuai dengan kriteria input data dalam pemodelan kualitas habitat InVEST. Data tersebut digunakan untuk membuat peta kualitas habitat menggunakan model kualitas habitat InVEST.



Gambar 2.1 Alur Kerja InVEST



Hasil model kualitas habitat InVEST berupa peta kualitas habitat selanjutnya diintegrasikan dengan peta kesesuaian habitat dan dianalisis menggunakan metode analisis Indeks Moran. Indeks Moran adalah suatu uji statistik yang digunakan untuk mengukur autokorelasi spasial secara global (Mailanda et al. 2022). Nilai Indeks Moran berkisar antara -1 sampai dengan 1. Nilai >0 menunjukkan pola terkelompok, <0 menyebar, dan $=0$ acak, sehingga analisis ini menggambarkan distribusi spasial kualitas dan kesesuaian habitat di wilayah studi (Huang et al., 2023).

2.2.3 Hidrologi


Pemodelan respons hidrologi menggunakan Soil and Water Assessment Tool (SWAT) dilakukan secara sistematis melalui enam tahapan utama, dengan tujuan mensimulasikan dinamika aliran air dan keseimbangan hidrologi berdasarkan perubahan penggunaan lahan di wilayah studi.

1. Persiapan Data Spasial

Tahap awal melibatkan penyusunan dan standarisasi seluruh data spasial yang akan menjadi input model. Semua data, seperti peta tutupan lahan, jenis tanah, dan Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS), diseragamkan dalam sistem proyeksi Universal Transverse Mercator (UTM) Zona 51S karena wilayah studi berada dalam zona ini. Resolusi spasial ditetapkan sebesar 10×10 meter, mengikuti resolusi Citra Sentinel 2 dan DEMNAS. Reproyeksi serta penyeragaman grid (regridding) dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS agar konsistensi spasial antar-layer terjamin. Langkah ini krusial untuk memastikan akurasi spasial model dalam mengidentifikasi pola aliran air, topografi, dan karakteristik fisik DAS.

2. Delineasi Daerah Aliran Sungai (DAS)

Delineasi DAS dilakukan untuk menentukan batas dan struktur hidrografi wilayah studi. Proses ini menggunakan data elevasi dari DEMNAS untuk menghasilkan peta jaringan sungai dan batas sub-DAS. Jaringan sungai ditentukan berdasarkan ambang batas (threshold) 2 km^2 untuk mendefinisikan aliran utama.



Titik outlet atau muara DAS diletakkan di Sungai Lalindu, yang berfungsi sebagai titik referensi keluaran aliran. Tahapan ini menghasilkan batas wilayah DAS beserta sub-DAS yang akan menjadi dasar pembentukan unit analisis hidrologi.

3. Pembentukan Hydrologic Response Unit (HRU)

HRU adalah unit terkecil dalam model SWAT yang menggambarkan kombinasi unik dari tiga komponen utama: penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng. Data penggunaan lahan diperoleh dari hasil klasifikasi citra Sentinel 2, sedangkan kemiringan (slope) dihasilkan dari DEMNAS dan dikategorikan menjadi lima kelas: datar, landai, agak curam, curam, dan sangat curam. Jenis tanah diperoleh dari peta tanah FAO. Setiap HRU memuat informasi spesifik mengenai kondisi biofisik wilayah yang memengaruhi proses hidrologi seperti infiltrasi, limpasan, dan erosi. Dalam penelitian ini, seluruh HRU yang terbentuk digunakan secara utuh tanpa eliminasi berdasarkan luas minimum, guna mempertahankan representasi detail spasial DAS.

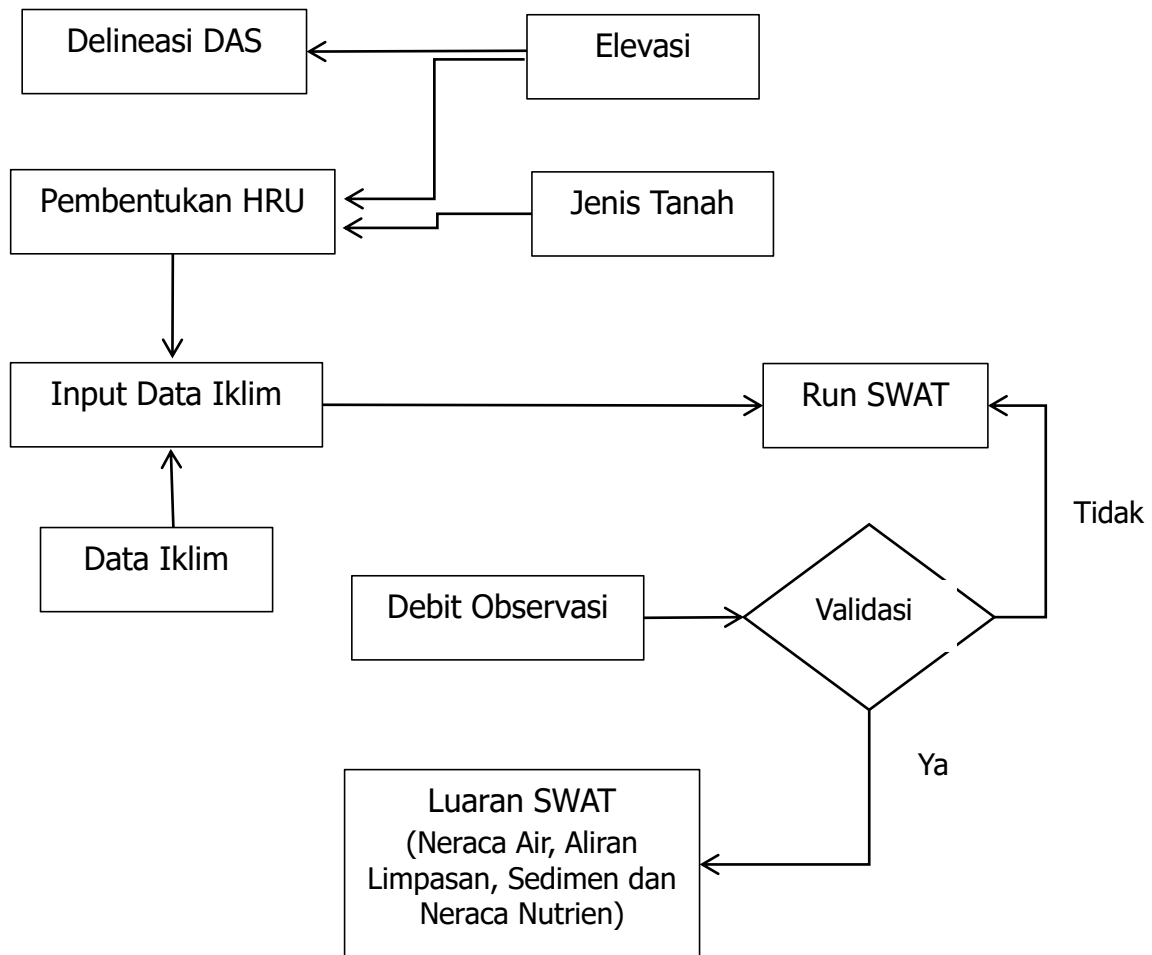
4. Input Data Iklim

Tahap ini mencakup penyusunan data iklim sebagai input dinamis model. Data diperoleh dari NASA POWER karena ketersediaannya lengkap. Semua data diubah menjadi format time series (.txt) sesuai struktur input SWAT, dengan satu file per variabel dan file lookup berisi koordinat stasiun. Langkah ini memastikan model menerima input iklim yang lengkap dan konsisten secara temporal untuk simulasi multi-tahun.

5. Simulasi Model SWAT

Setelah seluruh data siap, model SWAT dijalankan untuk periode 2024 sebagai warming-up period untuk menstabilkan variabel sistem hidrologi internal seperti kelembapan tanah dan aliran dasar. Simulasi dilakukan untuk menggunakan tutupan lahan tahun 2024. Pendekatan ini bertujuan mengisolasi pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap respon hidrologi tanpa bias akibat variabilitas iklim,

sebagaimana direkomendasikan oleh Marhaento et al. (2018). Output utama meliputi debit sungai, limpasan permukaan, perkolasi, dan neraca air.



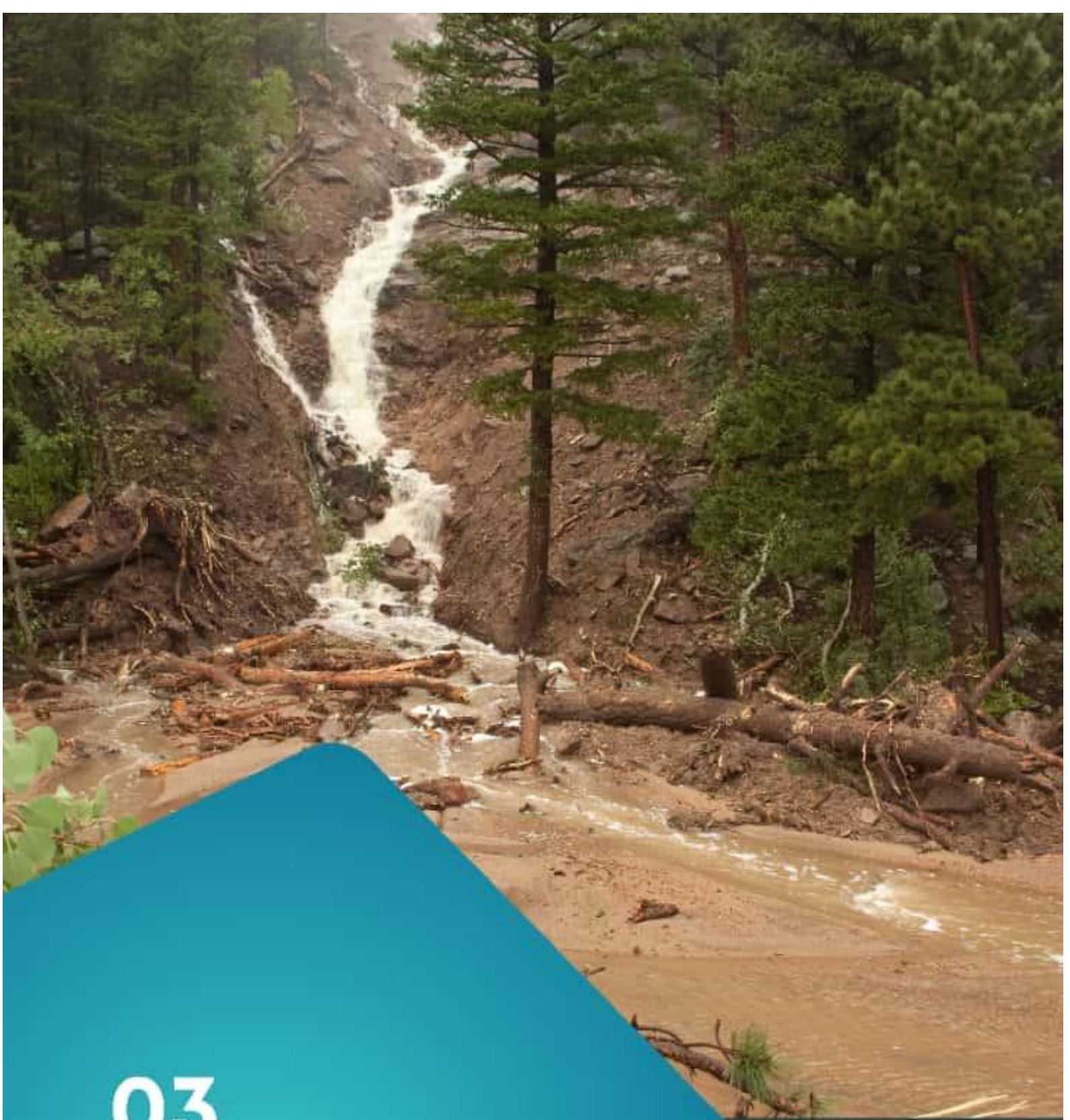
Gambar 2.2 Alur Kerja SWAT+

2.2.4 Kualitas Air Sungai

Analisis kualitas air dilakukan untuk menilai kondisi fisik, kimia, dan biologis perairan di sekitar kawasan industri serta mengidentifikasi pengaruh aktivitas industri terhadap kualitas sumber daya air permukaan. Sampel air diuji di Laboratorium Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam unit Laboratorium Biomolekuler dan Lingkungan. Laboratorium ini telah terakreditasi oleh komite Akreditasi Nasional



Laboratorium Pengujian LP-1881-IDN. Selanjutnya, hasil analisis dibandingkan dengan Baku Mutu berdasarkan peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya).



03 HASIL



BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tutupan Lahan

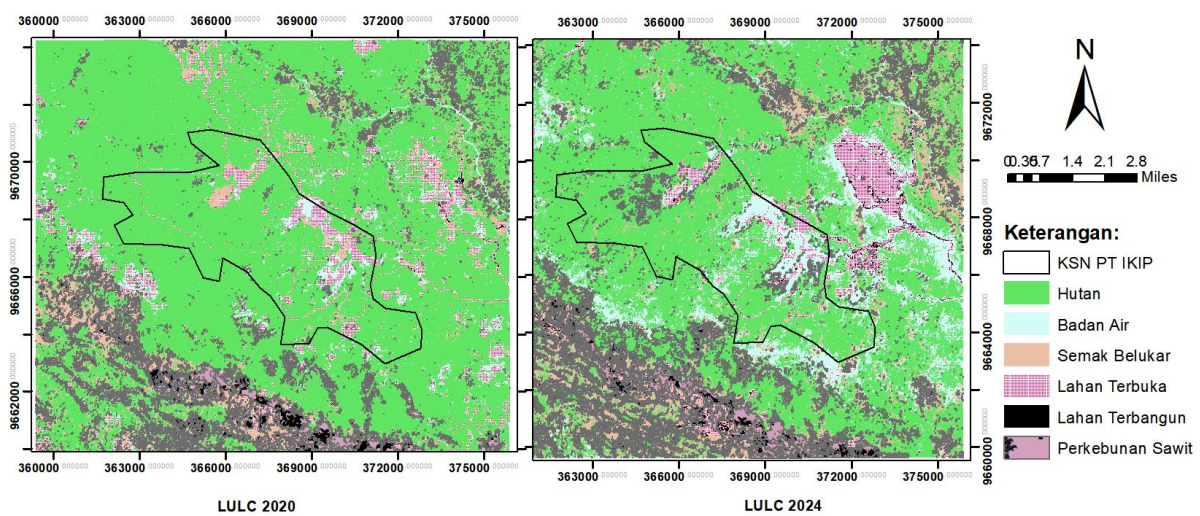
Hasil analisis perubahan tutupan lahan (LULC) tahun 2020-2024 menunjukkan bahwa terjadinya dinamika pemanfaatan ruang yang cukup signifikan di wilayah sekitar PT Indonesia Konawe Industrial Park (IKIP), Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Kawasan hutan mengalami penurunan dari 17.614,47 ha menjadi 14.040,53 ha atau berkurang sekitar 3.573,95 ha, sedangkan lahan terbangun meningkat pesat dari 23,90 ha menjadi 1.048,48 ha. Di sisi lain, badan air meluas dari 668,05 ha menjadi 2.958,80 ha, dan perkebunan sawit bertambah dari 1.559,60 ha menjadi 2.186,85 ha. Sebaliknya, lahan terbuka mengalami pengurangan luasan secara signifikan dari 1.599,47 ha menjadi hanya 155,11 ha. Perubahan ini menandakan terjadinya alih fungsi lahan dalam skala besar, di mana ruang-ruang alami mulai bertransformasi menjadi kawasan budidaya dan industri, sejalan dengan perkembangan kawasan strategis nasional yang mendorong aktivitas ekonomi baru.

Tabel 3.1 Dinamika Tutupan Lahan Kawasan PT IKIP dan Sekitarnya

Kelas Lahan	LULC (Ha)		
	2020	2024	Perubahan
Hutan	17614.47	14040.53	-3573.95
Semak Belukar	2679.36	3755.10	1075.74
Badan Air	668.05	2958.80	2290.74
Lahan Terbuka	1599.47	155.11	-1444.36
Lahan Terbangun	23.90	1048.48	1024.58
Perkebunan Sawit	1559.60	2186.85	627.25
Total	24144.86	24144.86	

Kawasan hutan merupakan kelas lahan yang mengalami penurunan signifikan khususnya pada bagian selatan dan barat daya kawasan industri. Pola ini

menunjukkan adanya deforestasi terencana, umumnya disebabkan oleh pembangunan infrastruktur, perluasan area industri, dan peningkatan aksesibilitas wilayah. Hal ini berdampak pada fungsi ekologi, mulai dari menurunnya fungsi hidrologi dan kapasitas penyerapan karbon, hingga hilangnya habitat alami dan penurunan keanekaragaman hayati. Selain itu, fragmentasi kawasan hutan menyebabkan berkurangnya konektivitas ekologis, sehingga wilayah menjadi lebih rentan terhadap erosi, degradasi lahan, serta penurunan kualitas lingkungan.



Gambar 3.1 Peta Tutupan Lahan Kawasan PT IKIP dan Sekitarnya

Selain itu, peningkatan luas lahan terbangun menunjukkan ekspansi pesat kegiatan industri. Pertumbuhan fasilitas industri dan jaringan infrastruktur pendukung menandai terjadinya transformasi ruang menjadi kawasan ekonomi produktif. Dari sisi sosial ekonomi, perubahan ini berimplikasi pada pergeseran struktur ekonomi masyarakat dari sektor pertanian dan kehutanan menuju sektor industri dan jasa, yang ditandai dengan meningkatnya aktivitas ekonomi dan kebutuhan infrastruktur baru. Namun, perkembangan yang berlangsung cepat tanpa perencanaan spasial yang matang berpotensi menimbulkan ketimpangan tata ruang, seperti konflik penggunaan lahan, menurunnya kualitas lingkungan, dan



berkurangnya ruang terbuka hijau yang sangat dibutuhkan untuk menjaga keseimbangan ekosistem kawasan industri.

Kelas badan air juga mengalami peningkatan yang terkonsentrasi di bagian tengah hingga timur wilayah studi, yang sebelumnya merupakan hutan rawa dataran rendah. Ekosistem hutan rawa memiliki peran strategis dalam mengatur keseimbangan hidrologi, menahan limpasan permukaan, dan menyimpan karbon. Namun, aktivitas pembangunan kawasan industri telah menyebabkan terbentuknya genangan permanen di area yang semula berfungsi sebagai zona penyangga air alami. Akibatnya, fungsi hutan rawa sebagai pengendali banjir dan penyerap air berkurang drastis, sedangkan karakteristik hidrologi kawasan mengalami perubahan.

Secara spasial, sebagian besar badan air baru beririsan dengan area yang sebelumnya berupa hutan atau semak belukar. Hal ini menunjukkan bahwa perluasan badan air bukan merupakan proses alami, melainkan akibat konversi langsung ekosistem rawa. Di beberapa lokasi, genangan air mengikuti kontur dataran rendah yang sebelumnya menjadi bagian dari sistem rawa alami. Kondisi ini menandakan adanya pergeseran dari sistem rawa alami menuju perairan buatan, yang memiliki kapasitas ekologis jauh lebih terbatas. Dampaknya, pola aliran air permukaan berubah, debit air meningkat saat musim hujan, dan risiko banjir lokal semakin tinggi. Selain itu, perairan buatan ini berpotensi terkontaminasi oleh limbah industri, sehingga menurunkan kualitas air tanah dan mengancam ekosistem di sekitarnya.

Fenomena di atas mencerminkan perubahan struktural tata guna lahan di kawasan industri yang berkembang pesat. Transformasi ruang dari ekosistem alami menjadi kawasan industri modern membawa manfaat ekonomi yang signifikan, khususnya dalam mendukung program hilirisasi mineral nasional. Akan tetapi, mendapatkan tantangan dalam pengelolaan lingkungan. Ketidakseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan daya dukung ekologis berpotensi menurunkan kualitas hidup masyarakat dan memperburuk kondisi lingkungan jangka panjang. Oleh

karena itu, diperlukan pendekatan perencanaan ruang berbasis keberlanjutan, yang mengintegrasikan aspek ekonomi, sosial, dan ekologi secara harmonis.

3.2 Habitat Satwa

Pengolahan model kualitas habitat InVEST menghasilkan luaran berupa peta kualitas habitat. Model kualitas habitat dibangun berdasarkan input data tutupan lahan tahun 2020 dan 2024, dan diproyeksi ke Tahun 2032. klasifikasi kualitas habitat yang sangat baik ditunjukkan dengan area berwarna hijau tua, sedangkan habitat yang memiliki kualitas sangat buruk ditunjukkan dengan warna merah.

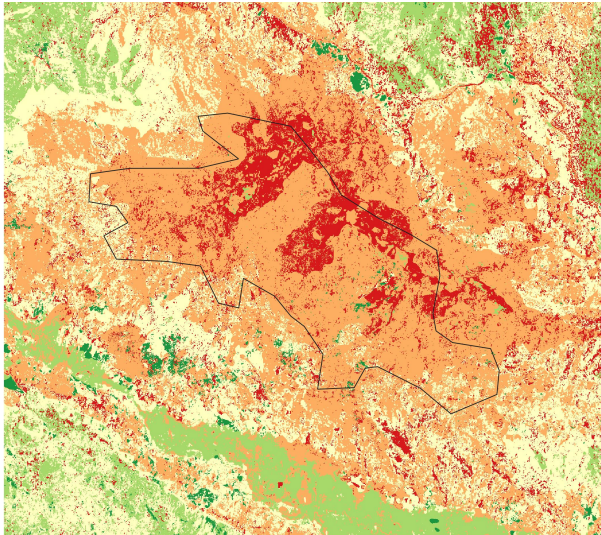
Penilaian kualitas habitat dalam model InVEST didasarkan pada pengaruh ancaman yang terdapat di sekitar habitat. Habitat dengan kategori baik dicirikan oleh tutupan alami yang relatif utuh, gangguan rendah, serta mampu mendukung kebutuhan satwa (pakan, tempat berlindung, dan ruang jelajah). Kemudian habitat dengan kategori sangat baik dan baik cenderung berada di bagian tengah kawasan, berupa hutan dan sebagian kecil semak belukar karena area tersebut berada jauh dari tutupan lahan ancaman, sehingga gangguan antropogenik maupun potensi degradasi habitat minim terjadi.

Tabel 3.2 Kelas Kualitas Habitat Kawasan PT IKIP dan Sekitarnya

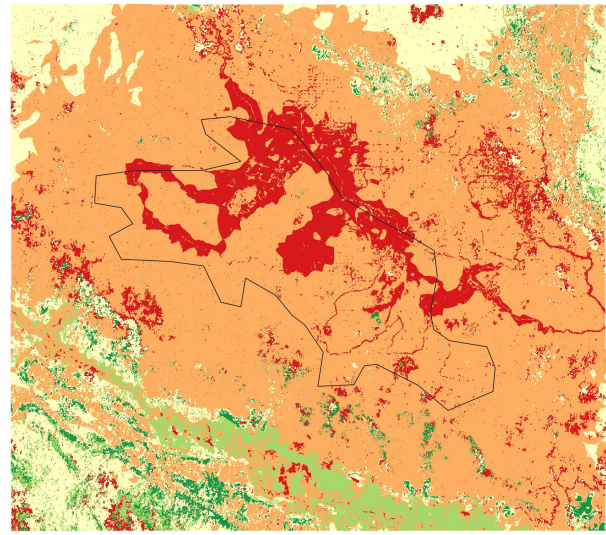
Kelas Habitat	Periode		
	2020	2024	2032
Sangat Baik	2,864.43	2,813.11	2,400.46
Baik	15,412.74	15,761.95	14,887.92
Sedang	4,015.25	3,719.43	4,152.88
Buruk	1,465.93	1,140.73	1,505.47
Sangat Buruk	386.4024	709.5352	1,197.67
Total	24144.86	24144.86	24144.86

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa kualitas habitat di sekitar PT Indonesia Konawe Industrial Park (IKIP) mengalami perubahan signifikan antara tahun 2020 hingga proyeksi tahun 2032, yang menggambarkan proses industrialisasi

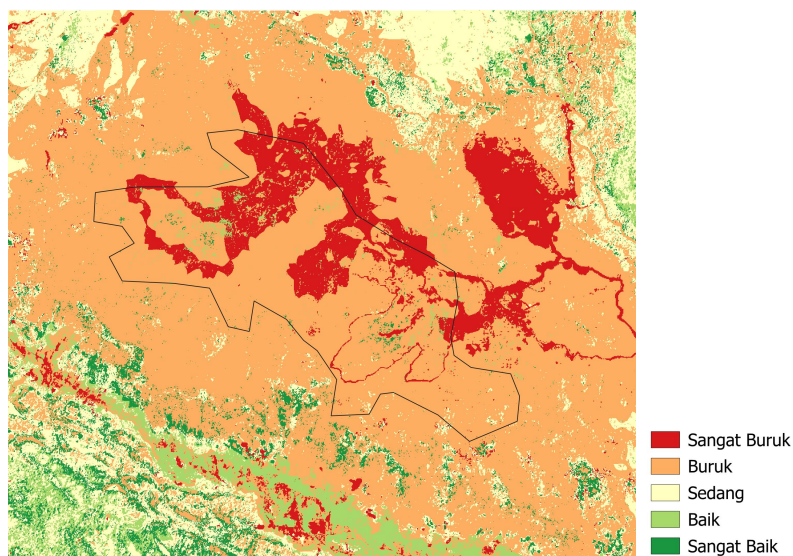
berlangsung pesat. Perubahan ini tidak hanya memengaruhi tutupan lahan, tetapi juga berdampak langsung terhadap daya dukung ekologis dan keseimbangan lingkungan di wilayah sekitar.



Gambar 3.2a Kualitas Habitat Tahun 2020




Gambar 3.2b Kualitas Habitat Tahun 2024



Gambar 3.2c Proyeksi Kualitas Habitat Tahun 2032

Pada tahun 2020, kondisi lingkungan masih tergolong stabil dan alami. Hutan tropis dan hutan rawa dataran rendah mendominasi bentang alam, dengan keanekaragaman hayati yang tinggi. Data menunjukkan bahwa kelas habitat sangat




baik mencapai 2.864 Ha, sementara kelas habitat baik meliputi area seluas 15.412 Ha. Secara keseluruhan, lebih dari dua pertiga wilayah masih dalam kondisi ekologis optimal. Struktur vegetasi masih berlapis dan rapat, berfungsi sebagai penyerap karbon, pengatur air, dan habitat bagi berbagai satwa liar, termasuk musang Sulawesi, rangkong Sulawesi, serta buaya muara. Pada periode ini, aktivitas manusia seperti pertambangan, perkebunan, dan industri masih terbatas, sehingga ekosistem hutan tetap berfungsi alami.

Namun pada tahun 2024, kondisi mulai berubah secara signifikan seiring dengan peningkatan pembangunan kawasan industri IKIP. Kelas Habitat sangat baik mengalami penurunan kualitas sebesar 2.813 Ha, sedangkan kelas habitat baik masih mendominasi (15.761 Ha). Degradasi kualitas habitat disebabkan oleh aktivitas pembangunan seperti pembukaan lahan, pembuatan jalan, dan perluasan area pabrik. Di sisi lain, kelas habitat sedang berkurang menjadi 3.719 Ha, sementara habitat sangat buruk melonjak menjadi 709 Ha, menandai mulai terbentuknya zona kawasan industri.



Gambar. 3.3. Burung Rangkong




Selain faktor industri, perkebunan sawit juga mulai berkembang pesat, dimana pada Tahun 2020 sebesar 1.559 Ha menjadi menjadi 2.186 Ha pada tahun 2024. Ekspansi sawit ini terutama terjadi di bagian tengah dan utara kawasan, menggantikan hutan sekunder dan semak belukar. Sistem monokultur sawit menciptakan lanskap homogen yang miskin keanekaragaman hayati dan mempercepat fragmentasi habitat, sehingga blok-blok hutan alami terpisah satu sama lain. Akibatnya, satwa seperti musang dan rangkong kehilangan jalur jelajah dan tempat bersarang, serta mulai memasuki area perkebunan dan permukiman, yang meningkatkan risiko konflik manusia-satwa. Sementara itu, aktivitas industri dan perkebunan secara bersamaan memicu perubahan hidrologi kawasan, dengan meningkatnya luas badan air buatan dari 668 Ha menjadi 2.958 Ha akibat pengerukan, reklamasi, dan pembangunan kolam penampungan limbah.



Gambar 3.3. Musang

Berdasarkan tren tersebut, proyeksi tahun 2032 menunjukkan penurunan kualitas habitat secara signifikan apabila tidak ada langkah mitigasi ekologis yang dilakukan. Habitat sangat baik diperkirakan tinggal 2.400 Ha, dan habitat baik



menurun menjadi 14.887 Ha. Sementara itu, habitat sedang sedikit meningkat menjadi 4.152 Ha karena adanya proses regenerasi alami di beberapa area yang tidak terkelola. Namun, habitat buruk dan sangat buruk meningkat pesat hingga mencapai 2.703 Ha, mencerminkan dominasi kawasan industri dan perkebunan sawit dalam tata guna lahan. Pada periode ini, ekosistem hutan yang tersisa terfragmentasi, dan fungsi ekologis alami seperti penyerapan karbon, penyimpanan air, serta penyediaan habitat satwa liar melemah drastis.

Secara keseluruhan, selama periode 2020-2032 memperlihatkan pergeseran lanskap dari ekosistem alami berdaya dukung tinggi menjadi lingkungan industri-agro yang tertekan secara ekologis. Tahun 2020 merupakan fase keseimbangan ekologis, tahun 2024 menandai awal transformasi besar akibat ekspansi industri dan sawit, dan tahun 2032 diproyeksikan menjadi fase degradasi dan fragmentasi lanjutan. Perubahan ini menimbulkan dampak serius terhadap populasi satwa kunci seperti musang, rangkong, dan buaya, yang kehilangan habitat utama dan sumber pakan alami mereka.



Gambar 3.5. Buaya



Analisis spasial statistik dilakukan untuk mengidentifikasi pola pengelompokan spasial pada indeks kualitas habitat dan kesesuaian habitat di wilayah studi. Proses analisis ini menggunakan perangkat lunak QGIS dengan metode indeks Moran. Hasil pengujian Indeks Moran menunjukkan nilai p-value sebesar 0,00 ($< 0,05$) yang termasuk dalam kategori sangat signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial nyata pada data yang dianalisis (Mailanda et al., 2022).

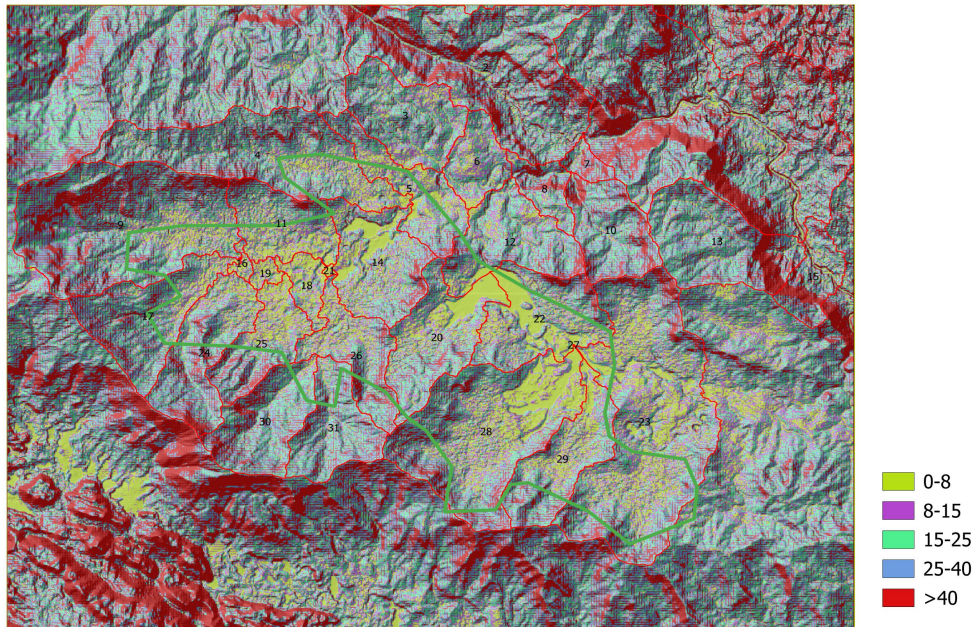
3.3 Hidrologi

Data kelas lereng digunakan sebagai input penting dalam pembentukan Hydrologic Response Unit (HRU) di SWAT+. Peta ini dihasilkan dari Digital Elevation Model (DEM) resolusi 30 m, dengan pembagian: 0–8% (datar–landai), 8–15% (agak landai), 15–25% (agak curam), 25–40% (curam), dan >40% (sangat curam). Hasil menunjukkan bahwa bagian tengah–hilir DAS (Sub-DAS 18, 20, 21, 22, 26, 28) didominasi lereng 0–15%, berfungsi sebagai zona akumulasi limpasan dan rawan genangan. Daerah peralihan (15–25%) berada di sisi barat daya, sedangkan lereng curam hingga sangat curam (>25%) mendominasi hulu (Sub-DAS 4, 6, 7, 10, 13, 15), yang berpotensi tinggi terhadap erosi dan aliran cepat.

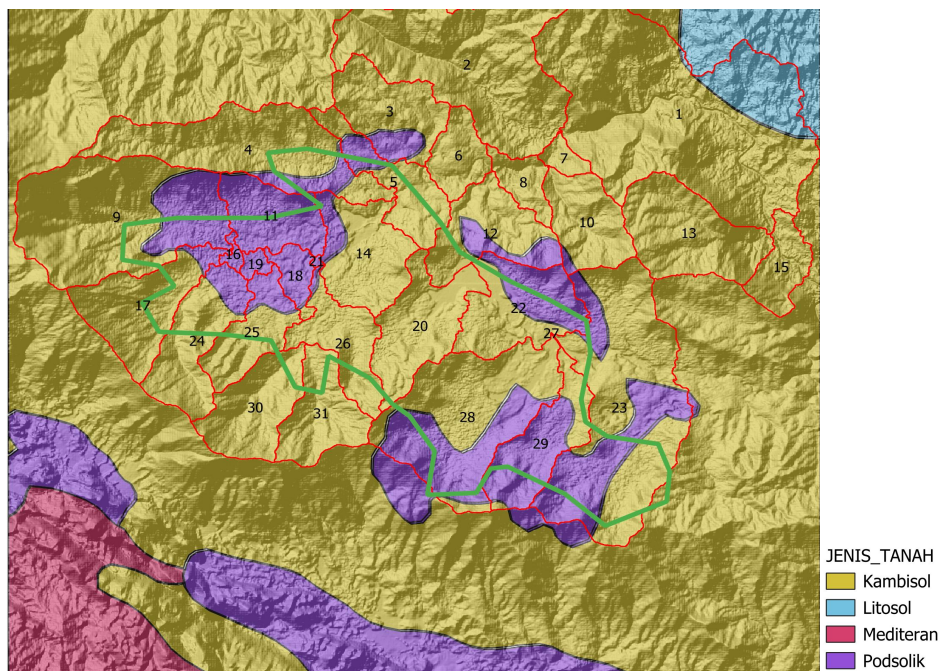
Data jenis tanah digunakan sebagai komponen utama dalam pembentukan Hydrologic Response Unit (HRU) pada model SWAT+, karena setiap tipe tanah memiliki perbedaan kapasitas infiltrasi, perkolasi, dan konduktivitas hidraulik yang memengaruhi besarnya limpasan permukaan. Peta tanah dihasilkan dari interpretasi Digital Elevation Model (DEM) dan data survei tanah nasional, yang diklasifikasikan menjadi empat jenis utama, yaitu Kambisol, Podsolik, Litosol, dan Mediteran.

Jenis tanah Kambisol mendominasi wilayah tengah dan utara DAS dengan sifat permeabilitas sedang hingga tinggi serta kemampuan infiltrasi baik, sehingga menghasilkan limpasan sedang. Podsolik tersebar di bagian barat dan selatan DAS, memiliki tekstur liat, pH rendah, dan konduktivitas rendah, menyebabkan limpasan tinggi dan potensi erosi besar. Litosol terdapat di wilayah berbatu dan curam (timur laut DAS), dengan kedalaman tanah dangkal dan infiltrasi sangat rendah,

berkontribusi terhadap limpasan cepat. Mediteran berada di bagian barat daya luar DAS, bertekstur sedang dengan drainase moderat dan kemampuan infiltrasi menengah.



Gambar 3.6. Peta Kelas Lereng



Gambar 3.7. Jenis Tanah



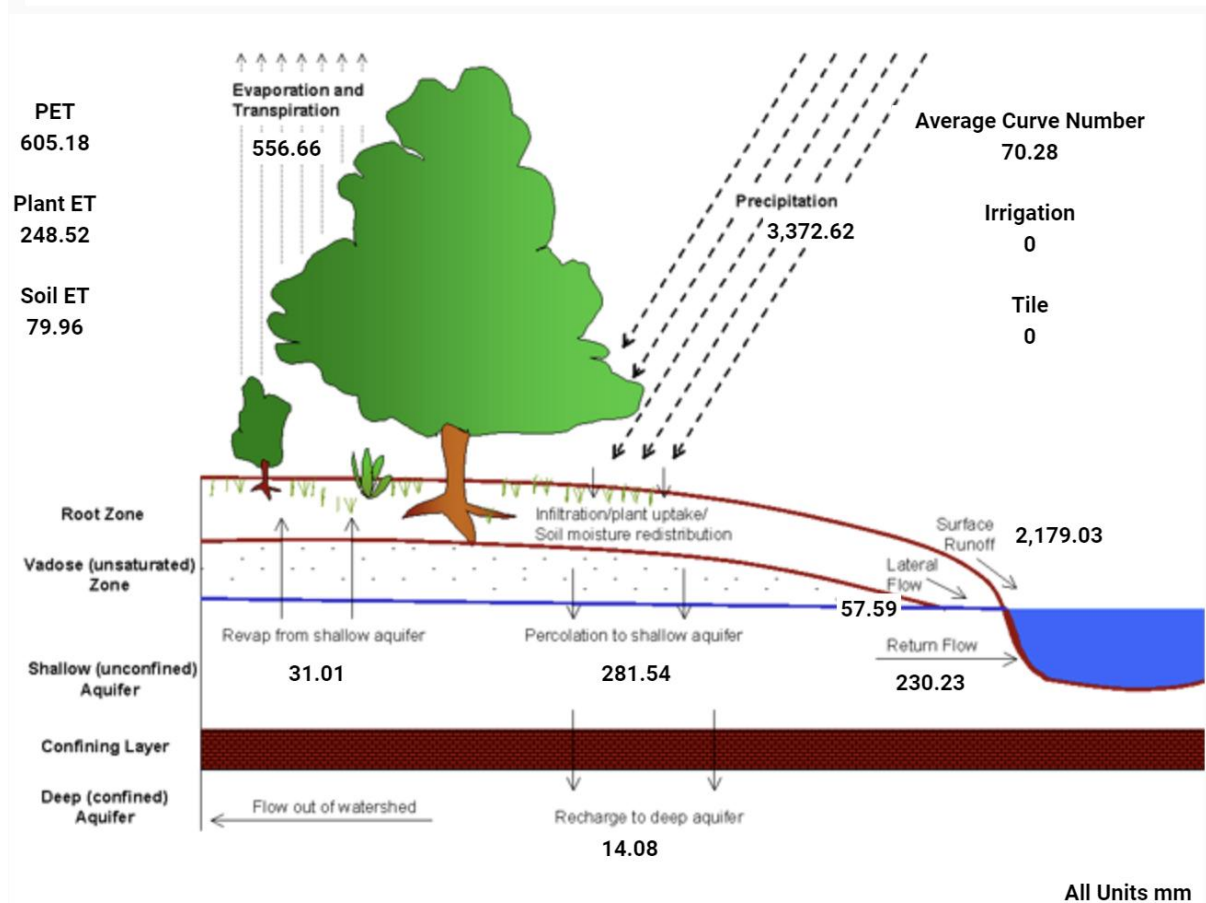
3.3.1 Neraca Air

Salah satu keluaran utama dari model SWAT+ adalah perhitungan neraca air (water balance), yang menggambarkan hubungan antara masukan berupa curah hujan dan keluaran seperti limpasan permukaan, perkolasi, aliran lateral, serta penguapan. Informasi ini penting dalam pengelolaan daerah aliran sungai (DAS), karena menjadi dasar dalam perencanaan konservasi air dan pengelolaan sumber daya air tanah secara berkelanjutan. Dalam konsep neraca air, curah hujan berfungsi sebagai input, sedangkan komponen output mencakup evapotranspirasi, aliran permukaan, aliran lateral, perkolasi menuju air tanah, aliran dasar (baseflow), dan revas atau penguapan kembali dari akuifer dangkal ke zona perakaran (Puslitbang SDA, 2018). Keseimbangan antar komponen ini menentukan kemampuan DAS untuk menyerap, menyimpan, dan mengalirkan air secara alami.

Hasil simulasi SWAT+ di wilayah sekitar PT Indonesia Konawe Industrial Park (IKIP) menunjukkan bahwa keseimbangan tersebut telah terganggu. Nilai rasio limpasan permukaan sebesar 0,88 jauh lebih tinggi dibanding aliran dasar 0,12, menandakan bahwa sebagian besar curah hujan langsung mengalir ke sungai tanpa terserap ke dalam tanah. Rasio aliran sungai terhadap curah hujan (0,73) memperkuat bahwa curah hujan lebih banyak menjadi *quick flow* daripada cadangan air tanah. Rendahnya perkolasi (0,08) dan pengisian ulang akuifer (0) menunjukkan hampir tidak ada proses infiltrasi, sedangkan rasio evapotranspirasi terhadap curah hujan (0,17) yang tergolong rendah untuk wilayah tropis menandakan berkurangnya vegetasi yang berfungsi menjaga keseimbangan siklus air. Hal ini berkaitan erat dengan aktivitas industrialisasi di kawasan IKIP yang mengubah karakter bentang alam secara signifikan. Pembangunan infrastruktur industri menjadi permukaan kedap air, menghambat laju infiltrasi dan mempercepat laju aliran permukaan (*Run off*). Menurut Alshammari et al (2023) menunjukkan bahwa peningkatan 10-20% permukaan kedap air dapat meningkatkan volume limpasan dan terhambatnya saluran infiltrasi sebesar 50%. Selain itu, aktivitas konstruksi dan pemadatan tanah

menurunkan porositas tanah dan kemampuan tanah menahan air, memperparah hilangnya cadangan air bawah permukaan.

Water Balance Ratios	
Streamflow/Precipitation	0.73
Baseflow/Total Flow	0.12
Surface Runoff/Total Flow	0.88
Percolation/Precipitation	0.08
Deep Recharge/Precipitation	0
ET/Precipitation	0.17



Gambar 3.8. Neraca Air Kawasan Industri PT IKIP dan Sekitarnya

Kondisi ini diperparah karena kawasan PT IKIP terletak di zona hulu DAS sehingga berdampak hingga ke wilayah hilir. Hilangnya vegetasi alami di daerah



tangkapan air menyebabkan peningkatan debit puncak (peak discharge) saat hujan dan penurunan aliran dasar (baseflow) di musim kemarau (Marhaento et al., 2018). Akibatnya, risiko banjir meningkat saat musim hujan, sedangkan kekeringan dan penurunan ketersediaan air terjadi di musim kemarau. Ketidakseimbangan ini berdampak langsung terhadap ketersediaan air bagi masyarakat, pertanian, dan ekosistem sungai, yang bergantung pada kestabilan debit air sepanjang tahun.

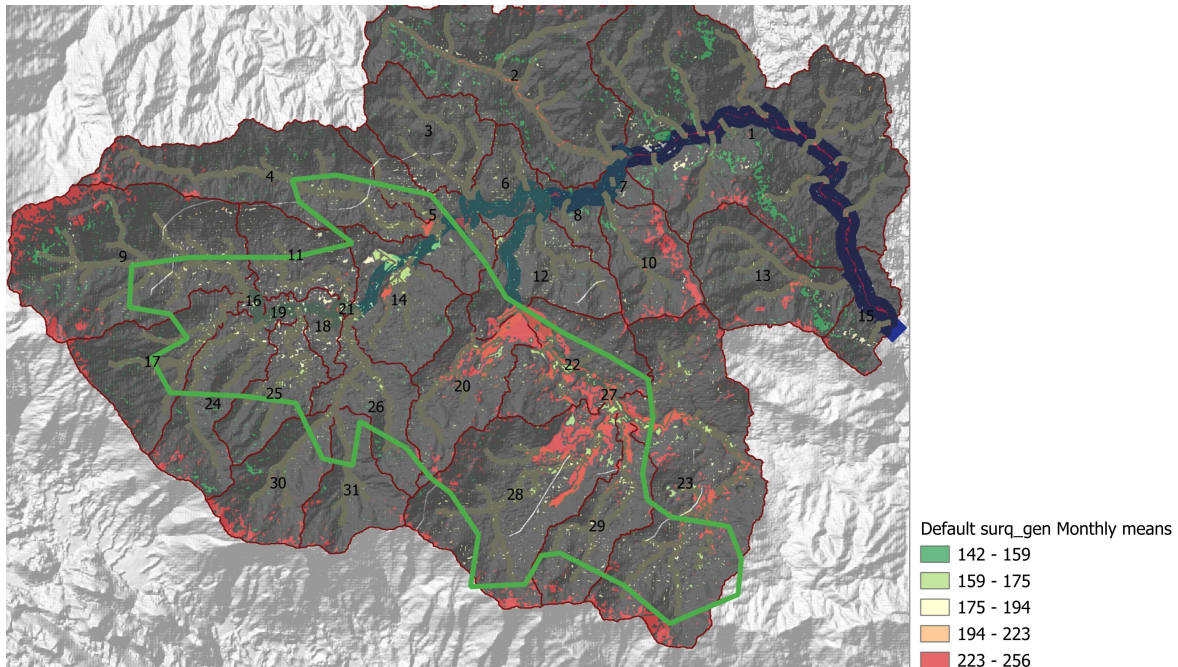
Dengan demikian, hasil analisis neraca air melalui model SWAT+ tidak hanya menggambarkan kondisi kuantitatif, tetapi juga menegaskan pergeseran fungsi hidrologi alami akibat pembangunan kawasan industri. Dominasi aliran permukaan yang tinggi dan minimnya infiltrasi menunjukkan bahwa DAS di sekitar IKIP kehilangan kemampuan alaminya untuk menyimpan dan mengatur air.

3.3.3 Aliran Limpasan

Kajian ini menganalisis hasil keluaran model SWAT+ pada variabel surface runoff generated (surq_gen) skala bulanan untuk wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dimodelkan. Variabel ini menunjukkan jumlah air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah dan langsung mengalir di atas permukaan menuju saluran air. Nilai surq_gen merupakan indikator utama potensi banjir permukaan dan respon hidrologis suatu DAS terhadap curah hujan (Neitsch et al., 2011; Arnold et al., 2012).

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa nilai rata-rata bulanan surq_gen berkisar antara 142-256 mm/bulan, yang tergolong dalam kategori sedang hingga tinggi untuk DAS beriklim tropis basah. Wilayah dengan nilai 142–175 mm/bulan (warna hijau-kuning) menggambarkan daerah dengan kemampuan infiltrasi baik, vegetasi rapat, serta permeabilitas tanah tinggi. Daerah ini umumnya berada di bagian hulu dan barat laut DAS, dengan kondisi topografi lebih curam namun memiliki penutupan lahan alami yang baik. Sebaliknya, nilai 194-256 mm/bulan (warna oranye-merah) mendominasi bagian tengah hingga selatan DAS, khususnya pada Sub-DAS 18, 21,


22, 26–28. Area ini berpotensi mengalami limpasan tinggi akibat jenuhnya tanah dan konvergensi aliran permukaan dari sub-DAS hulu.



Gambar 3.9. Aliran Limpasan Bulanan

Secara kuantitatif, rasio limpasan terhadap curah hujan bulanan (surq_gen/precip) mencapai sekitar 0,65-0,70, yang menunjukkan bahwa lebih dari separuh curah hujan langsung berubah menjadi aliran permukaan. Nilai ini konsisten dengan rasio $\text{streamflow/precipitation}$ sebesar 0,73 yang dihasilkan dari neraca air model, menunjukkan karakteristik DAS dengan respon cepat terhadap hujan (flashy watershed) dan berpotensi mengalami banjir lokal (Gassman et al., 2007; Abbaspour, 2015).

Sebaran limpasan permukaan juga menunjukkan korelasi spasial dengan jaringan sungai utama, terutama di bagian timur laut DAS (Sub-DAS 6, 8, 10, 13) yang menampakkan peningkatan nilai surq_gen di area dataran banjir (floodplain). Hal ini menandakan bahwa model routing permukaan dan delineasi subbasin telah menggambarkan pola hidrologi dengan baik. Wilayah ini berperan sebagai zona penerima limpasan terakumulasi, sehingga memiliki potensi genangan tinggi.



Sementara itu, wilayah barat daya (Sub-DAS 24–25) menunjukkan nilai $surq_{gen}$ yang lebih rendah, berfungsi sebagai zona resapan alami yang dapat mendukung konservasi air tanah. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kondisi DAS cenderung memiliki infiltrasi rendah hingga sedang, dengan topografi kompleks yang memperkuat pembentukan aliran permukaan.

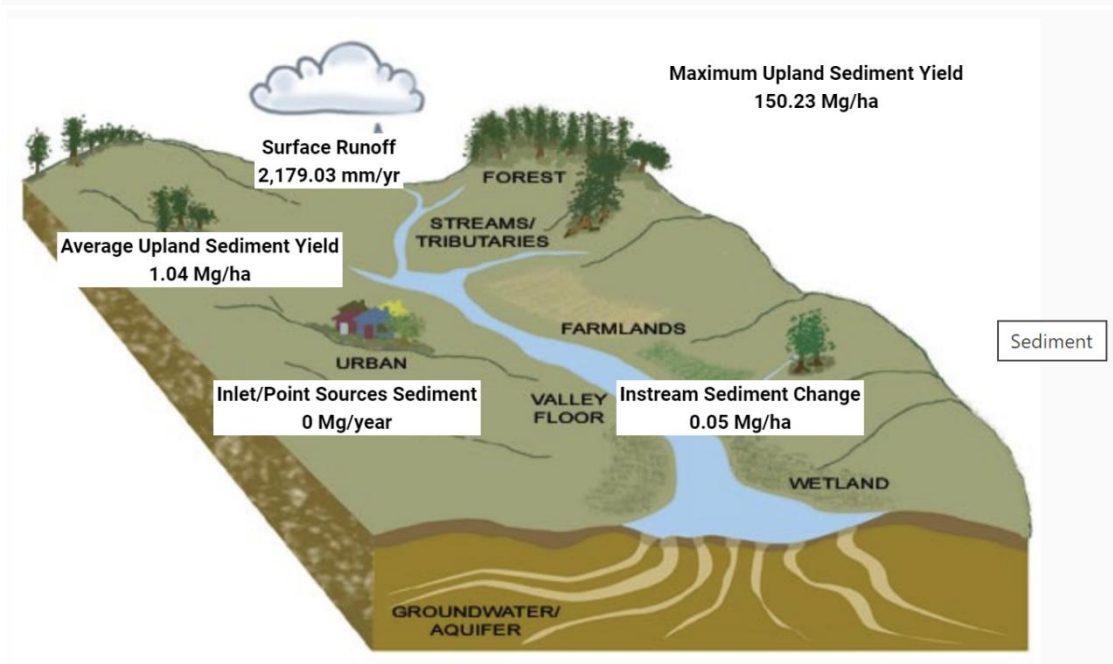
3.3.4 Neraca Sedimen

Hasil simulasi SWAT+ menunjukkan bahwa rata-rata sediment yield mencapai 1,04 Mg/ha/tahun, dengan nilai maksimum hingga 150,23 Mg/ha/tahun di wilayah hulu. Nilai ini menjelaskan tingginya tingkat erosi lahan, terutama di area dengan lereng curam dan tutupan vegetasi yang menurun akibat pembukaan lahan untuk pembangunan kawasan industri PT IKIP. Nilai channel erosion sebesar 4,45% tanpa adanya proses deposisi menunjukkan bahwa sebagian besar sedimen hasil erosi dari lahan langsung terbawa ke sistem sungai dan diteruskan ke hilir tanpa sempat mengendap. Kondisi ini menggambarkan sungai dengan energi aliran tinggi dan kapasitas angkut besar, yang umumnya dijumpai pada wilayah dengan kemiringan curam dan drainase permukaan yang terbuka (Arnold et al., 2012).

Fenomena di atas menandakan adanya ketidakseimbangan morfologi sungai serta meningkatnya potensi sedimentasi di hilir, terutama pada muara DAS Lasolo dan DAS Molawe. Tingginya produksi sedimen ini sejalan dengan perubahan penggunaan lahan di sekitar kawasan industri akibat pembangunan infrastruktur dan aktivitas tambang penunjang industri nikel. Hilangnya vegetasi riparian mempercepat proses erosi tebing dan dasar sungai, serta meningkatkan volume sedimen yang masuk ke badan air (FAO, 2018).

Sediment Budget

Upland Sediment Yield	1.04	Mg/ha
Instream Sediment Change	0.05	Mg/ha
Channel Erosion	4.45	%
Channel Deposition	0	%

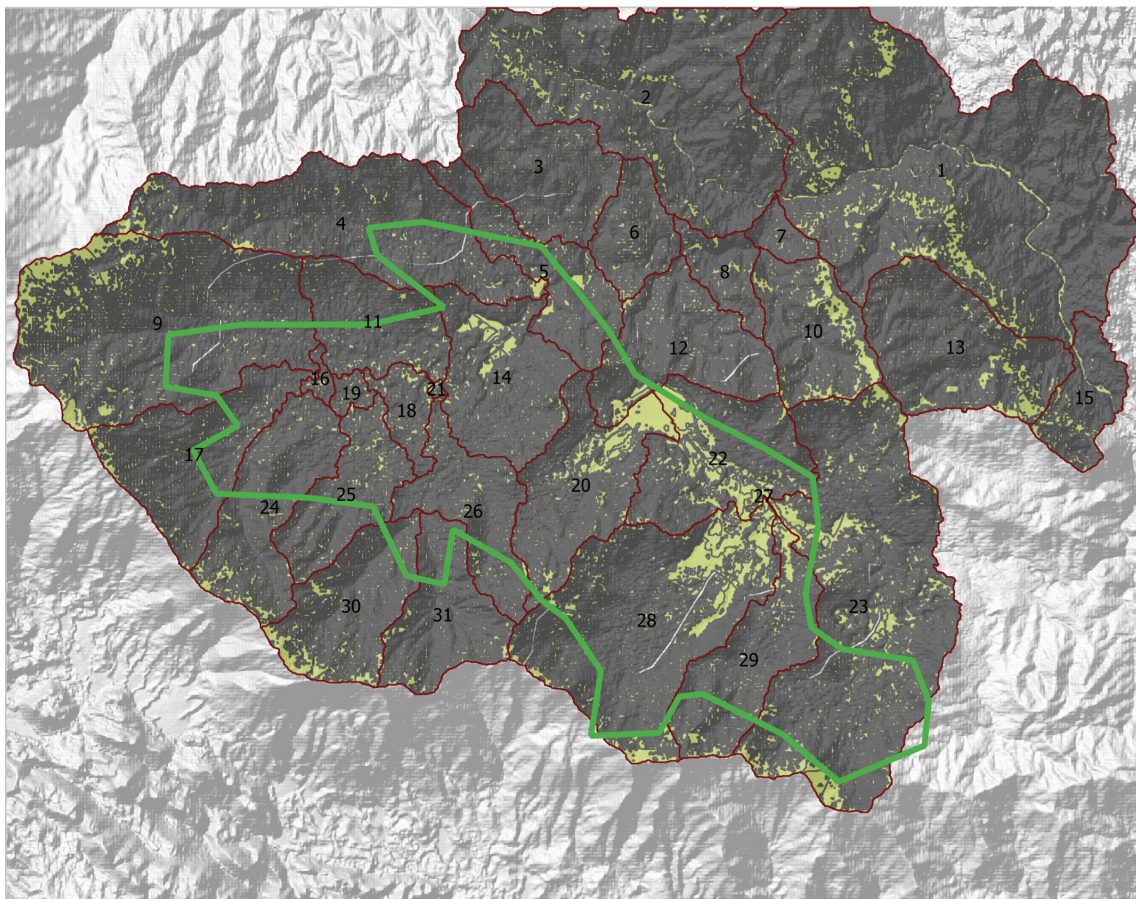


Gambar 3.10. Neraca Sedimen Kawasan Industri PT IKIP dan Sekitarnya

Jenis sedimen yang terbawa didominasi oleh material lateritik, yang umumnya mengandung logam berat seperti nikel (Ni) dan besi (Fe). Transportasi sedimen lateritik ini memiliki dampak ekologis serius karena partikel logam berat mudah terdispersi ke kolom air dan mengendap di dasar sungai, membentuk lapisan sedimen terkontaminasi (WALHI Sultra, 2024). Akumulasi sedimen tersebut menyebabkan peningkatan nilai Total Suspended Solids (TSS), menurunkan kejernihan air, serta membatasi penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan. Hal ini

berujung pada penurunan proses fotosintesis organisme akuatik, penurunan oksigen terlarut (DO), dan terganggunya kualitas habitat biota air seperti ikan, moluska, dan makrozoobentos.

Selain menurunkan kualitas lingkungan akuatik, peningkatan sedimen di sungai juga memiliki implikasi terhadap aspek sosial-ekonomi masyarakat di sekitar wilayah studi. Pendangkalan dasar sungai dan muara akibat akumulasi sedimen mengurangi kapasitas tampung aliran air dan meningkatkan risiko banjir. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pembangunan kawasan industri PT IKIP telah mempercepat proses erosi, meningkatkan beban sedimen, dan menurunkan daya dukung ekologis sungai di Konawe Utara.

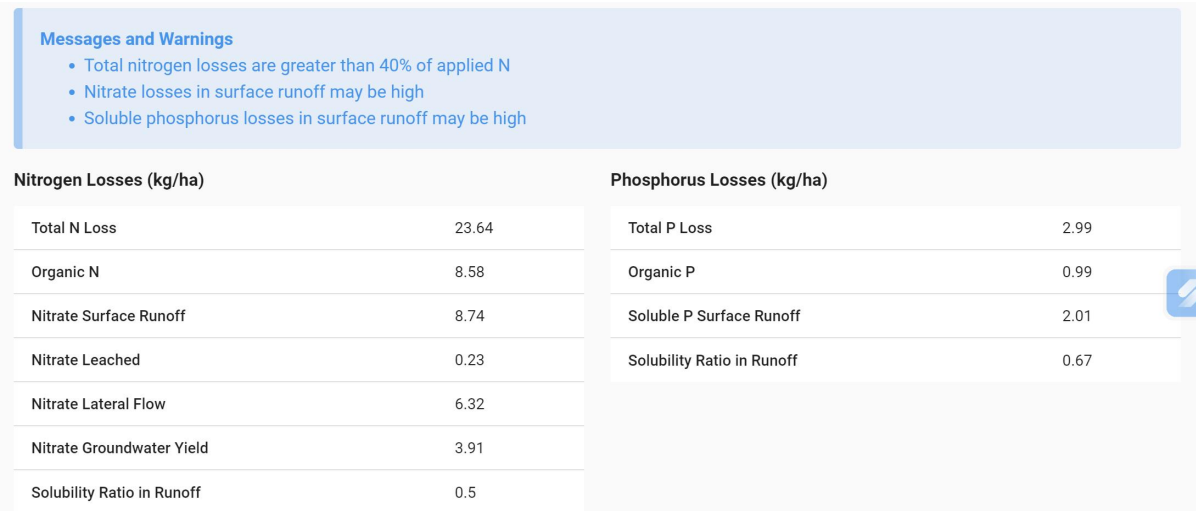


Gambar 3.11. Sebaran Sedimen Kawasan Industri PT IKIP dan Sekitarnya

3.3.5 Neraca Nutrien

a. Siklus Nitrogen

Hasil simulasi SWAT+ menunjukkan total kehilangan nitrogen (Total N Loss) sebesar 23,64 kg/ha, dengan komposisi nitrat permukaan (nitrate surface runoff) sebesar 8,74 kg/ha, aliran lateral nitrat sebesar 6,32 kg/ha, dan hasil air tanah nitrat sebesar 3,91 kg/ha. Nilai ini menunjukkan bahwa sebagian besar nitrogen hilang melalui aliran permukaan dan lateral, yang dipengaruhi oleh curah hujan tinggi dan rendahnya kapasitas infiltrasi tanah. Nilai ini juga sesuai dengan peringatan model yang menunjukkan bahwa kehilangan nitrogen lebih dari 40% dari total nitrogen yang tersedia, mengindikasikan inefisiensi siklus nitrogen dan tingginya potensi pencemaran air permukaan (Harmel et al., 2006).



Messages and Warnings

- Total nitrogen losses are greater than 40% of applied N
- Nitrate losses in surface runoff may be high
- Soluble phosphorus losses in surface runoff may be high

Nitrogen Losses (kg/ha)		Phosphorus Losses (kg/ha)	
Total N Loss	23.64	Total P Loss	2.99
Organic N	8.58	Organic P	0.99
Nitrate Surface Runoff	8.74	Soluble P Surface Runoff	2.01
Nitrate Leached	0.23	Solubility Ratio in Runoff	0.67
Nitrate Lateral Flow	6.32		
Nitrate Groundwater Yield	3.91		
Solubility Ratio in Runoff	0.5		

Gambar 3.13. Neraca Nutrien Kawasan Industri PT IKIP dan Sekitarnya

Kehilangan nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3^-) dari limpasan permukaan menandakan bahwa proses denitrifikasi dan pencucian (leaching) terjadi cukup intens di area dengan drainase terganggu. Dengan nitrat tercuci hanya 0,23 kg/ha, dapat diartikan bahwa sebagian besar nitrat tidak tersimpan dalam tanah, tetapi



berpindah ke perairan dangkal. Selain itu, organic N sebesar 8,58 kg/ha menunjukkan bahwa masih terdapat kontribusi nitrogen dari bahan organik, meskipun tidak terdapat input pupuk anorganik. Hal ini menegaskan bahwa sumber nitrogen utama berasal dari pelapukan vegetasi alami dan sisa bahan organik tanah, bukan dari aktivitas pertanian aktif.

Ketidakseimbangan antara mineralisasi bahan organik dan kehilangan nitrogen melalui denitrifikasi menyebabkan penurunan cadangan hara tanah secara bertahap. Dalam konteks kawasan industri seperti PT Indonesia Konawe Industrial Park (IKIP), kondisi ini diperparah oleh perubahan tutupan lahan dan kompaksi tanah yang menurunkan kemampuan tanah untuk menahan nitrogen. Akibatnya, nitrogen lebih cepat tertransportasi menuju sungai, memperbesar risiko pencemaran nitrat pada badan air dan potensi eutrofikasi di wilayah hilir (Arnold et al., 2012)

b. Siklus Fosfor

Simulasi juga menunjukkan Total Phosphorus Loss sebesar 2,99 kg/ha, dengan fosfor organik 0,99 kg/ha dan fosfor terlarut pada limpasan permukaan (Soluble P Surface Runoff) sebesar 2,01 kg/ha. Nilai ini cukup tinggi untuk wilayah tropis, menandakan adanya transport fosfor aktif melalui limpasan permukaan, terutama di area dengan tanah lateritik yang kaya mineral Fe dan Mn. Proses ini sejalan dengan hasil analisis sedimen yang memperlihatkan tingginya erosi saluran (channel erosion 4,45%), yang dapat melepaskan fosfat terikat ke kolom air (FAO, 2018).

Kehilangan fosfor dari sistem tanah menyebabkan penurunan kesuburan tanah dan mendorong proses eutrofikasi di perairan. Fosfat yang terbawa limpasan memperkaya unsur hara di perairan dan memicu ledakan pertumbuhan alga (algal bloom), yang pada akhirnya menurunkan oksigen terlarut (DO) dan mengganggu kehidupan biota akuatik seperti ikan, plankton, dan makrozoobentos (WALHI Sultra, 2023).




Model ini juga menunjukkan tingginya rasio kelarutan (Solubility Ratio in Runoff) fosfor sebesar 0,67, yang mengindikasikan dominasi bentuk fosfor larut dibanding partikel padat. Kondisi ini memperbesar kemungkinan fosfor berpindah tidak hanya melalui erosi tanah, namun juga melalui air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dan mengalir menuju sungai. Jika dikaitkan dengan aktivitas industri nikel di sekitar IKIP, peningkatan kelarutan fosfor dapat terjadi akibat perubahan pH dan kandungan logam berat yang mengganggu ikatan fosfat-mineral (Marhaento et al., 2018).

Secara keseluruhan, neraca nutrien di wilayah studi menunjukkan ketidakseimbangan biogeokimia yang signifikan. Nitrogen cenderung hilang melalui denitrifikasi dan limpasan, sedangkan fosfor justru meningkat akibat pelepasan dari tanah dan sedimen. Kombinasi kedua proses ini memperbesar risiko pencemaran air permukaan, eutrofikasi, dan degradasi ekosistem akuatik.

3.4 Kualitas Air Sungai

Dalam kajian ini, langkah awal yang dilakukan adalah memperoleh data dan informasi secara menyeluruh mengenai wilayah yang menjadi objek kajian. Salah satu aspek penting dalam tahap ini adalah analisis kualitas air sungai. Selain itu, diperlukan pula gambaran mengenai aktivitas di sekitar wilayah studi yang berpotensi memengaruhi kualitas air tersebut. Informasi yang lengkap dan terperinci ini sangat penting untuk mendukung para pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan yang tepat terkait pengelolaan dan keberlanjutan sumber daya air di wilayah setempat. Hal ini mengingat sungai merupakan komponen lingkungan yang rentan menerima dampak dari berbagai bentuk kegiatan manusia.

Dalam kajian ini, pengambilan sampel air sungai dilakukan pada dua titik berbeda yang mewakili kawasan industri dan di luar kawasan. Titik pertama atau Sampel 1 (AS-KT-01) berada di Air Sungai dalam IUP PT IKIP pada koordinat $S=03^{\circ}01'07.8''$ dan $E=121^{\circ}57'10.5''$. Titik kedua atau Sampel 2 (AS-KT-02) terletak di bagian hilir aliran sungai Air Sungai Lalindu pada koordinat $S=03^{\circ}03'06.0''$ dan



E=121°57'07.5. Hasil pengukuran kualitas air secara umum menunjukkan kondisi yang baik berdasarkan parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi. Namun, di wilayah Sampel 3 terdapat beberapa parameter yang nilainya melampaui baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan Kelas II. Untuk lebih jelasnya setiap parameter diuraikan sebagai berikut.

Suhu air memengaruhi langsung kelarutan oksigen (DO) dan laju metabolisme organisme akuatik. Dalam data ini, nilai suhu di S1 (27,70°C) dan S2 (28,10°C), berada dalam deviasi $\pm 3^\circ\text{C}$ dari suhu udara rata-rata (30°C). Dengan demikian, seluruh titik sampling masih berada dalam deviasi suhu yang diizinkan (Deviasi $\leq 3^\circ\text{C}$) dibandingkan suhu alami. Kondisi ini penting karena suhu yang terlalu tinggi akan menurunkan DO, sedangkan terlalu rendah dapat memperlambat proses biologis.

Total Dissolved Solids (TDS) mengukur jumlah padatan terlarut seperti garam, mineral, dan logam. Nilainya meningkat dari S1 (85,4 mg/L) dan S2 (151 mg/L), namun masih jauh di bawah baku mutu (1000 mg/L). Peningkatan ini mencerminkan adanya tambahan mineral atau bahan terlarut dari limpasan permukaan, pelarutan batuan, atau input antropogenik ringan sepanjang aliran. Hal ini sejalan dengan hasil model SWAT. Korelasi positif dapat terjadi antara TDS dan konduktivitas listrik air, yang sering digunakan untuk memantau perubahan kualitas air secara cepat. Meskipun aman, tren kenaikan TDS dari hulu ke hilir perlu diwaspadai jika disertai peningkatan signifikan parameter kimia seperti logam berat.

Total Suspended Solids (TSS) adalah padatan tersuspensi seperti lumpur, pasir halus, atau bahan organik yang tidak larut. Nilai TSS di S1 (16,80 mg/L) dan S2 (32,80 mg/L) masih di bawah baku mutu (Kelas I: 40 mg/L; Kelas II: 50 mg/L). Peningkatan ini menunjukkan adanya sedimentasi masif di hilir yang diakibatkan erosi lahan terbuka, *run-off* kawasan industri dan/atau aktivitas konstruksi. TSS tinggi akan meningkatkan kekeruhan, mengurangi penetrasi cahaya, menghambat fotosintesis, dan berpotensi merusak habitat bentik (dasar sungai).



Secara fisik, kualitas air sungai menunjukkan parameter suhu dan TDS berada dalam kondisi aman, namun menunjukkan kenaikan di hilir yang mengindikasikan peningkatan partikel tersuspensi akibat erosi dan limpasan tanah lateritik di sekitar aktivitas industri dan menjadi ancaman utama bagi kualitas fisik perairan. Hal ini memperlihatkan pentingnya memantau ketiga parameter secara bersamaan dimana suhu memberikan gambaran kestabilan termal, TDS memantau beban terlarut, dan TSS mengidentifikasi beban partikulat.

Tabel 3.3. Hasil Pengujian Kualitas Air Sungai di wilayah Studi

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji		Baku Mutu	
			Air Sungai dalam IUP S=03°01'07.8" E=1210 57'10.5"	Air Sungai Lalindu S=03° 03'06.0" E=1210 57'07.5"	KLS I	KLS II
A. Fisika						
1	Temperatur	°C	27,70	28,10	Dev. 3	
2	Total Dissolved Solid (TDS)	mg/l	85,4	151	1000	1000
3	Total Suspended Solid (TSS)	mg/l	16,80	32,80	40	50
B. Kimia						
4	pH (Derajat Keasaman)	-	8,82	8,54	6–9	6–9
5	Dissolved Oxygen (DO)	mg/l	5,80	6,00	6	4
6	Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	12,10	16,70	25	
7	Amonia (NH ₄) Biological	mg/l	0,019	0,038	0,1	0,2
8	Oxygen Demand (BOD)	mg/l	2,60	3,70	2	3
9	Phosphate (PO ₄)	mg/l	0,033	0,048	0,2	0,2
10	Nitrat (NO ₃)	mg/l	1,90	2,20	10	10
11	Senyawa Fenol	µg/l	<0,001	<0,001	0,002	0,005
12	Cadmium (Cd)	mg/l	0,0049	0,0073	0,01	0,01
13	Krom val. 6	mg/l	0,0122	0,0186	0,05	0,05



		(Cr ⁶⁺)				
14	Tembaga (Cu)	mg/l	0,032	0,0039	0,02	0,02
15	Timbal (Pb)	mg/l	0,023	0,0037	0,03	0,03
16	Seng (Zn)	mg/l	0,0208	0,0312	0,05	0,05
17	Raksa (Hg)	mg/l	<0,001	<0,001	0,001	0,002
18	Besi (Fe)	mg/l	0,049	0,0816	0,3	-
19	Mangan (Mn)	mg/l	0,0149	0,0106	0,1	-
20	Selenium (Se)	mg/l	0,0033	0,0042	0,01	0,05
21	Arsen (As)	mg/l	0,0052	0,0068	0,05	0,05
22	Cobalt (Co)	mg/l	<0,001	0,0102	0,2	0,2
23	Sianida (CN)	mg/l	<0,002	<0,002	0,02	0,02
24	Detergen total	mg/l	0,056	0,072	0,2	0,2
25	Minyak Lemak	mg/l	0,048	0,085	1	1
C. Mikrobiologi						
26	Total Coliform	MPN/ 100 ml	12	38	1000	5000
27	Fecal Coliform	MPN/ 100 ml	4	0	100	1000

Baku Mutu : Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Sumber : Laboratorium Pengujian, 2025


pH menentukan sifat asam atau basa air, yang memengaruhi proses kimia dan biologi di perairan. Hal ini disebabkan oleh kandungan batuan perairan yang bersifat alkali. Secara alamiah, penurunan pH dapat terjadi karena pengaruh respirasi, sedangkan peningkatan pH dapat terjadi karena proses fotosintesis. Nilai pH di wilayah studi ini masih dibawah baku mutu kelas I dan II (PP RI No. 22/2021) yaitu berkisar 8,82-8,54. Hal menunjukkan bahwa air bersifat sedikit basa, kemungkinan dipengaruhi oleh mineral ultrabasa pada batuan lokal dan aktivitas penggalian tanah nikel. Namun nilainya masih dalam rentan aman (6-9).

Dissolved Oxygen (DO) atau oksigen terlarut adalah konsentrasi oksigen yang ada di dalam air, baik yang berasal dari proses fisik seperti difusi udara dan turbulensi aliran, maupun dari proses biologis seperti fotosintesis tumbuhan air. DO memiliki peran krusial dalam menjaga keseimbangan biokimia di perairan, sehingga



keberadaannya menjadi indikator utama kualitas ekosistem sungai. Di wilayah studi, nilai DO tercatat antara 5,80-6,00 mg/L, berada di atas baku mutu Kelas I dan II sesuai PP RI No. 22 Tahun 2021. Angka ini menunjukkan bahwa ketersediaan oksigen masih cukup untuk mendukung respirasi organisme akuatik dan proses dekomposisi bahan organik secara alami. Penurunan kecil pada titik S2 mengindikasikan adanya peningkatan beban organik (BOD) yang mengonsumsi oksigen, namun belum sampai mengancam keberlangsungan hidup biota. Kadar DO yang memadai juga menandakan bahwa proses fotosintesis dan aerasi alami masih berlangsung efektif.

Kandungan bahan organik di perairan sungai dapat diidentifikasi melalui nilai Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biochemical Oxygen Demand (BOD), yang menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan organik. Semakin tinggi konsentrasi bahan organik, semakin besar pula nilai COD dan BOD. Peningkatan BOD secara langsung dapat mengurangi kandungan oksigen terlarut (DO) di perairan, sehingga berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik. Sumber bahan organik di sungai dapat berasal dari proses alami, seperti pelapukan dan sisa tanaman, dan aktivitas manusia (antropogenik), terutama limbah domestik yang mengandung sisa makanan, sabun, dan kotoran manusia (MCK). Limbah ini masuk ke sungai melalui pembuangan langsung atau aliran permukaan (run-off), dan kadarnya dapat dipengaruhi oleh perubahan debit air akibat musim. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa di titik S1 dan S2, nilai COD dan BOD masih berada di bawah baku mutu Kelas I dan II sesuai PP RI No. 22 Tahun 2021. Namun, menunjukkan peningkatan, hal ini mengindikasikan adanya penambahan beban polutan sepanjang aliran sungai, yang bersumber dari pembuangan limbah domestik, dan run-off. Beban organik yang tinggi ini tidak hanya menurunkan kualitas air, tetapi juga berpotensi memicu kondisi hipoksia jika konsumsi oksigen oleh mikroorganisme melebihi suplai dari difusi dan fotosintesis. Apabila tidak dikelola, situasi ini dapat memperberat beban pengolahan air jika



digunakan untuk irigasi atau keperluan lain, serta menurunkan daya dukung ekosistem perairan secara keseluruhan.

Amonia merupakan senyawa nitrogen yang terbentuk dari pemecahan bahan organik dan anorganik yang mengandung nitrogen, proses dekomposisi bahan organik (ammonifikasi), ekskresi biota akuatik, serta reduksi gas nitrogen. Di perairan, amonia bersifat toksik bagi organisme akuatik, terutama ikan, karena dapat mengganggu fungsi fisiologis, termasuk sistem pernapasan, pada konsentrasi tertentu. Sumber utama amonia di lingkungan perairan umumnya berasal dari limbah domestik (urin dan kotoran manusia), kotoran hewan, serta proses pembusukan bahan organik alami. Tingkat toksisitas amonia juga dipengaruhi oleh pH air, pada kondisi sedikit basa, sifat racunnya terhadap biota cenderung meningkat. Berdasarkan hasil analisis di lokasi studi, kadar amonia di S1 (0,019) dan S2 (0,038) masih berada di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas II dan III, sehingga tergolong aman. Namun, sedikit mengalami peningkatan. Peningkatan ini mengindikasikan adanya tambahan beban pencemar dari aktivitas di sekitar hilir, yang berpotensi menimbulkan stres fisiologis pada ikan dan organisme perairan lainnya jika dibiarkan tanpa pengendalian.


Kandungan fosfat, terutama dalam bentuk senyawa anorganik ortofosfat, merupakan unsur fosfor yang berperan sebagai nutrisi utama bagi organisme akuatik. Unsur ini dibutuhkan untuk proses fotosintesis dan pertumbuhan alga maupun tanaman air. Meskipun penting bagi ekosistem, konsentrasi fosfat yang berlebihan dapat memicu eutrofikasi, yaitu ledakan populasi alga yang berpotensi menurunkan kualitas air dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Hasil pengujian di lokasi studi menunjukkan bahwa kadar fosfat pada semua titik sampling berada di kisaran 0,033-0,048 mg/L, jauh di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan II. Nilai ini mengindikasikan bahwa ketersediaan fosfat cukup untuk mendukung kehidupan akuatik tanpa menimbulkan risiko pertumbuhan alga berlebih. Rendahnya konsentrasi fosfat juga mencerminkan minimnya kontribusi pencemar



dari sumber eksternal seperti pupuk fosfat atau deterjen, atau adanya mekanisme penyerapan cepat oleh biota perairan sehingga kadar fosfat tetap terkendali.

Fenol merupakan senyawa organik aromatik yang bersifat toksik, baik bagi organisme akuatik maupun kesehatan manusia. Senyawa ini dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain degradasi bahan organik alami seperti tumbuhan dan hewan mati, buangan industri kimia, pembakaran biomassa, serta aktivitas pertanian yang menggunakan pestisida tertentu seperti pentaklorofenol, yang dapat terdegradasi menjadi klorofenol. Fenol dapat masuk ke badan air melalui pencucian oleh air hujan dan aliran permukaan (run-off). Paparan fenol berlebih berbahaya karena mudah diserap melalui kulit dan selaput lendir, serta dapat mengganggu sistem saraf, jantung, ginjal, dan hati. Berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021, batas aman fenol di air sungai untuk Kelas I adalah 0,002 mg/L dan untuk Kelas II adalah 0,005 mg/L. Hasil pengujian di lokasi studi menunjukkan bahwa konsentrasi fenol pada Stasiun 1 (S1) dan Stasiun 2 (S2) masih berada di bawah baku mutu, sehingga tergolong aman.

Cadmium (Cd) adalah logam berat yang secara alami terdapat di perairan dalam jumlah sangat kecil dan umumnya bersifat tidak larut dalam air. Akan tetapi, Cd tergolong sangat toksik dan memiliki sifat bioakumulasi, yakni dapat menumpuk di dalam jaringan organisme dalam jangka waktu lama. Sebagian besar logam berat, termasuk Cd, masuk ke tubuh organisme melalui rantai makanan, meskipun sebagian kecil dapat diserap langsung dari air melalui insang, saluran pencernaan, atau penetrasi melalui kulit. Dalam tubuh organisme, Cd cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat organik, sehingga sulit dieliminasi. Proses akumulasi ini dapat menimbulkan dampak jangka panjang terhadap kesehatan biota air dan, secara tidak langsung, terhadap manusia yang mengonsumsinya. Pada manusia, paparan Cd dapat menyebabkan gangguan fungsi ginjal, meningkatkan tekanan darah, serta merusak sel darah merah. Sumber utama pencemaran Cd di perairan antara lain berasal dari limbah kegiatan pertambangan, proses pelapisan logam, dan




pembuangan limbah industri. Hasil pengukuran di lokasi studi menunjukkan bahwa kadar Cd di Stasiun 1 (S1) dan Stasiun 2 (S2) berada di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan II, sehingga tergolong aman.

Kromium (Cr^{6+}) merupakan salah satu logam berat yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan organisme akuatik, karena bersifat toksik dan karsinogenik. Di perairan, kromium dapat masuk secara alami melalui proses erosi atau pelapukan batuan mineral yang mengandung unsur ini, serta partikel debu di udara yang terbawa ke badan air oleh hujan. Selain sumber alami, aktivitas manusia juga berperan, terutama dari limbah buangan industri (misalnya industri pelapisan logam, penyamakan kulit, dan tekstil) serta limbah rumah tangga yang tidak diolah dengan baik. Hasil uji laboratorium di wilayah studi menunjukkan bahwa konsentrasi kromium heksavalen (Cr^6) di semua titik pengambilan sampel berada jauh di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan II. Dengan demikian, kandungan kromium di lokasi ini dikategorikan aman dan tidak menimbulkan risiko langsung terhadap kesehatan manusia maupun ekosistem perairan pada kondisi saat ini.

Tembaga (Cu) adalah logam berat yang banyak digunakan dalam berbagai sektor industri. Dalam jumlah kecil, tembaga merupakan unsur esensial bagi organisme hidup karena berperan dalam berbagai proses biologis. Namun, pada konsentrasi tinggi, tembaga bersifat toksik dan dapat membahayakan kesehatan organisme akuatik maupun manusia. Hasil pengukuran kualitas air di lokasi studi menunjukkan bahwa kadar tembaga di seluruh titik pengambilan sampel berada di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan II. Dengan demikian, kandungan Cu di perairan sungai pada wilayah ini dapat dikategorikan aman dan tidak menimbulkan risiko toksisitas pada kondisi saat ini.

Timbal (Pb) adalah logam berat non-esensial yang tidak memiliki manfaat biologis bagi organisme dan bersifat toksik, terutama terhadap sistem saraf. Paparan timbal yang berlebihan dapat mengganggu fungsi otak, menurunkan kemampuan




kognitif, serta memengaruhi sistem peredaran darah dan organ vital lainnya pada manusia. Logam ini dapat masuk ke perairan melalui berbagai jalur, antara lain limpasan permukaan (run-off), aliran sungai, hembusan angin yang membawa partikel timbal, proses hidrotermal, difusi dari sedimen, serta aktivitas antropogenik seperti industri, transportasi, dan pembuangan limbah yang tidak terkontrol. Hasil uji laboratorium di wilayah studi menunjukkan bahwa konsentrasi timbal di seluruh titik pengambilan sampel berada di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan II. Dengan demikian, kandungan Pb di sungai ini tergolong aman pada kondisi saat ini dan belum menimbulkan risiko kesehatan langsung bagi manusia maupun organisme akuatik.

Seng (Zn) adalah logam berat esensial yang dibutuhkan organisme untuk pertumbuhan dan perkembangan, termasuk dalam pembentukan haemosianin pada sistem darah serta berperan penting dalam berbagai proses enzimatik. Meskipun esensial, Zn dapat terakumulasi di dalam tubuh organisme dan bertahan dalam jangka waktu lama. Jika konsentrasinya melebihi ambang batas aman, logam ini dapat bersifat toksik bagi manusia maupun hewan. Paparan Zn berlebih pada manusia dapat menimbulkan gangguan pertumbuhan, memengaruhi pematangan seksual, meningkatkan kerentanan terhadap infeksi, menyebabkan diare, dan dalam jumlah sangat besar bahkan dapat mengakibatkan kematian, terutama pada anak-anak. Sumber utama seng di perairan umumnya berasal dari korosi logam, buangan limbah industri, serta aliran permukaan (run-off) dari wilayah yang menggunakan material berbasis seng. Hasil pengujian kualitas air di wilayah studi menunjukkan bahwa kadar Zn di Stasiun 1 dan Stasiun 2 berada di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan II. Namun, sedikit mengalami peningkatan di wilayah hilir. Kondisi ini mengindikasikan potensi pencemaran logam berat di wilayah hilir, sehingga perlu diwaspadai dan dikendalikan untuk mencegah akumulasi di rantai makanan serta dampak kesehatan jangka panjang.



Merkuri (Hg) adalah salah satu logam berat yang sangat berbahaya, bersifat sangat toksik, dan memiliki kemampuan bioakumulasi tinggi. Logam ini dapat masuk ke ekosistem perairan melalui deposisi atmosferik, pembuangan limbah industri, maupun sumber pencemar lainnya. Di lingkungan akuatik, merkuri dapat mengalami transformasi kimia dan biologis menjadi metil merkuri, bentuk yang lebih beracun dan mudah diserap oleh organisme melalui rantai makanan. Keracunan metil merkuri menimbulkan dampak kesehatan yang serius. Meskipun efek pada saluran pencernaan umumnya ringan, toksisitas terhadap sistem saraf sangat berat, termasuk rasa nyeri pada bibir, lidah, dan anggota gerak; gangguan koordinasi gerakan (ataxia); kesulitan berbicara; gangguan pendengaran; gangguan tidur; hilang ingatan; perubahan emosi; konfusi; halusinasi; hingga koma dan kematian. Hasil uji laboratorium di wilayah studi menunjukkan bahwa merkuri tidak terdeteksi di seluruh titik pengambilan sampel. Dengan demikian, kadar Hg di perairan ini berada di bawah batas deteksi dan dapat dikategorikan aman berdasarkan baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan II.

Kandungan besi (Fe) dalam air di dua stasiun pengamatan menunjukkan nilai 0,049 mg/L pada Stasiun 1 dan meningkat menjadi 0,0816 mg/L pada Stasiun 2, masih jauh di bawah baku mutu 0,3 mg/L menurut PP RI No. 22 Tahun 2021. Meskipun tidak melampaui ambang batas, tren kenaikan ini memberikan sinyal penting tentang pengaruh aktivitas di sekitar kawasan industri terhadap dinamika kualitas air sungai. Peningkatan kadar Fe umumnya berkaitan dengan limpasan permukaan (run-off) dari tanah lateritik yang kaya mineral besi atau hasil erosi di lahan terbuka akibat pembangunan dan pembukaan hutan di sekitar daerah aliran sungai. Secara ekologis, keberadaan Fe dalam kadar rendah tidak menimbulkan dampak serius, namun jika konsentrasinya terus meningkat dapat meningkatkan kekeruhan air, mengganggu penetrasi cahaya, dan menyebabkan pengendapan oksida besi di dasar sungai. Hal ini berpotensi memengaruhi respirasi organisme benthik dan insang ikan, terutama jika terjadi bersamaan dengan kenaikan TSS. Dari sisi pemanfaatan, air dengan kadar Fe tinggi juga dapat menyebabkan pewarnaan




dan endapan pada pipa distribusi. Oleh karena itu, meskipun kondisi saat ini masih aman, pemantauan berkala dan pengendalian limpasan tanah lateritik perlu dilakukan untuk mencegah peningkatan kadar besi di masa mendatang

Selenium (Se) adalah unsur non-logam yang secara alami dapat ditemukan dalam jumlah kecil pada batubara dan beberapa jenis mineral. Unsur ini dapat masuk ke perairan melalui deposisi atmosfer, ketika partikel udara yang mengandung selenium terbawa oleh hujan dan jatuh ke badan air. Di ekosistem akuatik, selenium memiliki kemampuan untuk terakumulasi secara hayati dalam rantai makanan. Jika konsentrasinya meningkat hingga melewati ambang batas aman, unsur ini dapat menjadi toksik dan membahayakan kehidupan organisme air, termasuk menyebabkan gangguan reproduksi dan pertumbuhan pada ikan serta invertebrata. Hasil pengukuran di wilayah studi menunjukkan bahwa kadar selenium di semua titik pengambilan sampel berada di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan II. Dengan demikian, keberadaan Se di perairan sungai ini dikategorikan aman dan tidak menimbulkan risiko toksisitas bagi ekosistem perairan pada kondisi saat ini.

Arsen (As) adalah metaloid yang bersifat toksik dan karsinogenik pada konsentrasi tinggi. Paparan arsen dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius, termasuk kerusakan organ vital dan peningkatan risiko kanker. Unsur ini dapat masuk ke perairan melalui pelapukan alami mineral yang mengandung arsen, aktivitas pertambangan, atau pembuangan limbah industri. Hasil pengujian di wilayah studi menunjukkan konsentrasi arsen berkisar antara 0,0052–0,0068 mg/L, jauh di bawah baku mutu yang berlaku. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kadar arsen di semua titik sampling masih aman dan tidak menimbulkan risiko langsung terhadap biota perairan maupun manusia yang memanfaatkan air sungai tersebut.

Kobalt (Co) adalah logam esensial yang dibutuhkan dalam jumlah sangat kecil untuk mendukung proses biologis tertentu, namun menjadi toksik pada konsentrasi tinggi. Paparan berlebih dapat memengaruhi kesehatan manusia, termasuk




menyebabkan kerusakan pada sistem kardiovaskular dan tiroid. Sumber kobalt di perairan bisa berasal dari pelapukan batuan, proses industri, maupun limbah domestik. Berdasarkan hasil analisis, kadar kobalt di sungai wilayah studi berada pada rentang $<0,001-0,0102$ mg/L, jauh di bawah ambang batas 0,2 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada indikasi pencemaran kobalt pada saat pengukuran dilakukan.

Sianida (CN) merupakan senyawa kimia yang sangat beracun, sering digunakan dalam industri pertambangan emas, pelapisan logam, dan pembuatan bahan kimia tertentu. Sianida dapat menghambat proses respirasi seluler pada organisme, sehingga paparan dalam dosis tinggi dapat berakibat fatal. Di lingkungan akuatik, sianida biasanya masuk melalui pembuangan limbah industri atau aliran permukaan dari lokasi penyimpanan bahan kimia. Hasil pengukuran di wilayah studi menunjukkan konsentrasi sianida $<0,002$ mg/L.

Deterjen adalah senyawa pembersih yang memiliki kemampuan melarutkan kotoran dan tidak membentuk endapan dengan ion-ion tertentu di dalam air. Bahan aktif utamanya adalah surfaktan, yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga efektif membersihkan, namun dapat menurunkan kualitas air dan mengganggu organisme akuatik. Surfaktan dapat mengiritasi insang ikan, merusak membran sel, dan mengganggu proses respirasi biota air. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi deterjen total di sungai wilayah studi bervariasi, yaitu $S1 = 0,056$ mg/L dan $S2 = 0,072$ mg/L. Nilai menunjukkan di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas I dan II (0,2 mg/L).

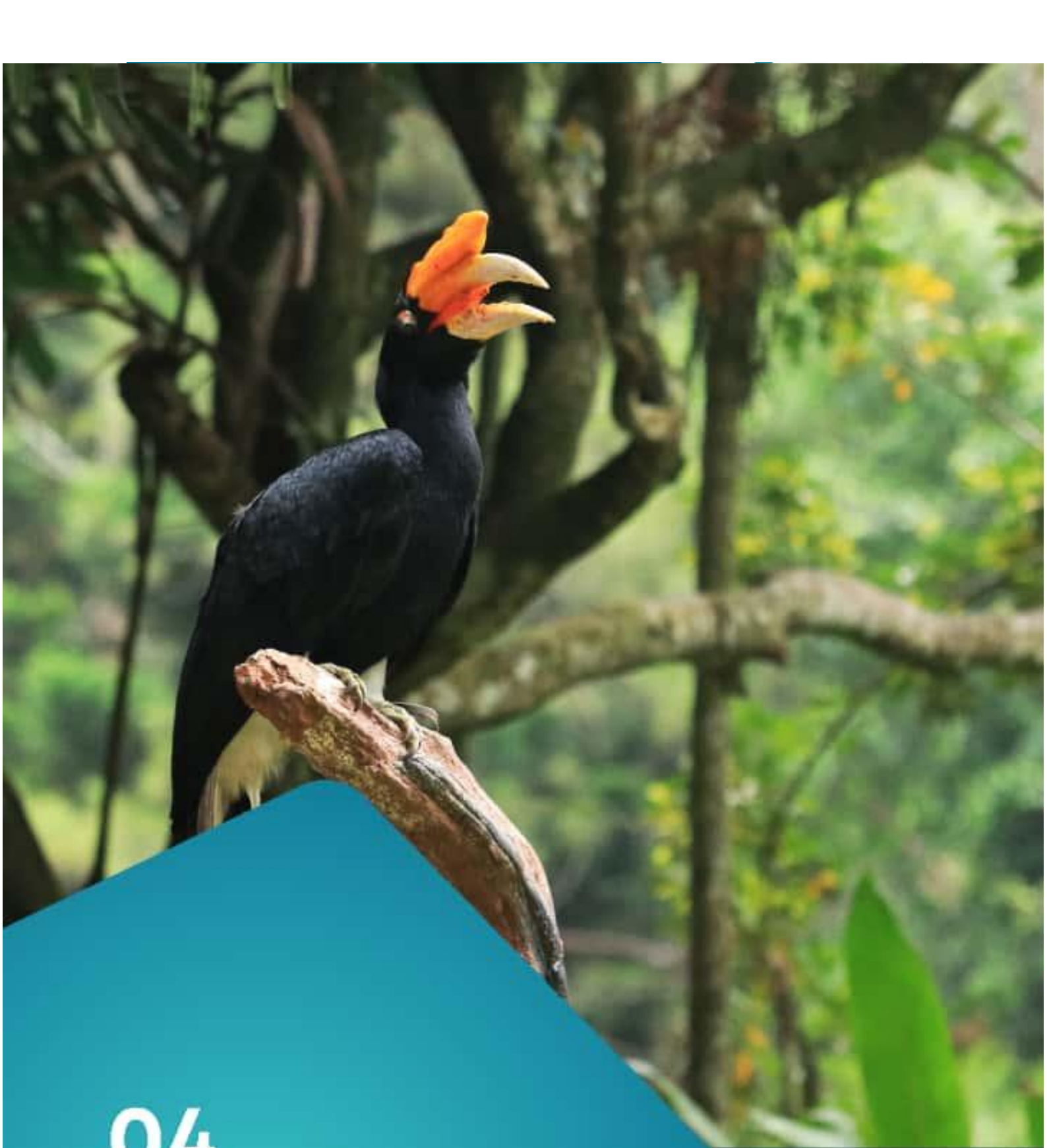
Minyak dan Lemak di perairan dapat berasal dari limpasan permukaan (run-off) daratan maupun dari muara sungai, khususnya di daerah dengan aktivitas domestik tinggi. Senyawa ini dapat membentuk lapisan tipis di permukaan air yang menghambat pertukaran oksigen antara air dan udara. Berdasarkan hasil uji, kadar minyak dan lemak di sungai berkisar antara 0,048-0,085 mg/L, masih di bawah baku mutu (1 mg/L) untuk Kelas I dan II. Walaupun aman secara baku mutu, peningkatan



yang signifikan di S2 dibandingkan S1 menunjukkan adanya tambahan masukan dari aktivitas manusia di hilir sungai.

Parameter mikrobiologi, Total Coliform digunakan sebagai indikator pencemaran biologis umum, sedangkan Fecal Coliform lebih spesifik menandakan adanya kontaminasi tinja dari manusia atau hewan berdarah panas. Kedua parameter ini penting untuk menilai risiko keberadaan bakteri patogen dalam air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah total coliform berkisar antara 12-38 MPN/100 mL, masih di bawah baku mutu Kelas I (1000) dan Kelas II (5000). Sementara itu, jumlah fecal coliform berada pada kisaran 0-4 MPN/100 mL, masih di bawah ambang batas Kelas I (100) dan Kelas II (1000). Kondisi ini menunjukkan bahwa secara mikrobiologis, air sungai masih aman. Namun, nilai tertinggi di S1 mengindikasikan adanya tambahan beban pencemar biologis dari aktivitas domestik di kawasan industri

Secara keseluruhan, kualitas air di kedua stasiun ini umumnya masih memenuhi baku mutu kelas I dan II, namun terdapat indikasi degradasi di hilir. Parameter yang menunjukkan kecenderungan yang memburuk adalah TDS, BOD, COD, pH tinggi, Cu dan Fe. Hal ini bersumber dari aktivitas industri di daerah hulu. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan berkala dan melakukan rehabilitasi vegetasi riparian untuk filtrasi alami dan pengelolaan air limbah industri dengan sistem *sediment trap*, *check dam*, dan *constructed wetland*.



04

KESIMPULAN



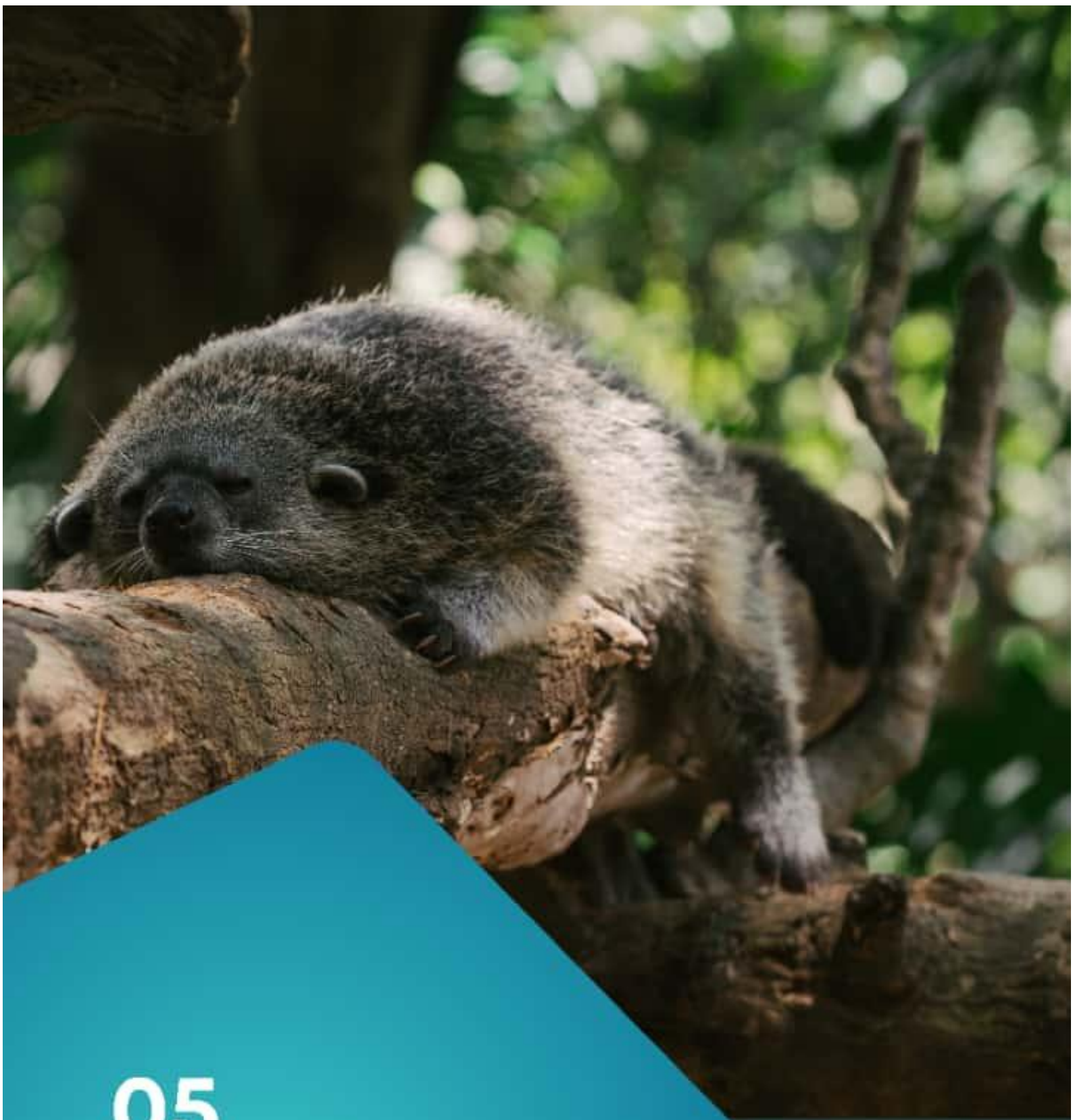
BAB IV

KESIMPULAN

Pembangunan Proyek Strategis Nasional (PSN) di kawasan industri nikel memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan investasi, infrastruktur, dan pertumbuhan ekonomi daerah. Namun, proses industrialisasi tersebut juga menimbulkan tekanan ekologis yang signifikan terhadap sistem lingkungan di Kabupaten Konawe Utara.

Dampak utama yang teridentifikasi meliputi: (1) terjadinya Deforestasi dan degradasi habitat satwa endemik, yang mengakibatkan hilangnya keanekaragaman hayati dan fragmentasi ekosistem alami; (2) Ketidakseimbangan sistem hidrologi, ditunjukkan dengan peningkatan limpasan permukaan, penurunan infiltrasi air tanah, serta fluktuasi debit sungai yang ekstrem antara musim hujan dan kemarau; (3) peningkatan beban sedimen dan risiko pencemaran logam berat, terutama nikel (Ni) dan besi (Fe), yang berdampak langsung pada penurunan kualitas air dan terganggunya ekosistem akuatik.

Kondisi ini menegaskan pentingnya penerapan strategi pengelolaan lingkungan berbasis keberlanjutan melalui pendekatan terpadu antara aspek ekologi, sosial, dan ekonomi. Upaya tersebut meliputi: (1) Rehabilitasi hutan dan koridor satwa liar untuk memulihkan konektivitas ekologis dan fungsi penyangga alami; (2) Penerapan sistem pengendalian limpasan dan sedimen, melalui pembangunan *check dam*, *sediment trap* dan pemulihan vegetasi riparian; (3) Pemantauan berkala terhadap kualitas air dan kandungan logam berat, untuk memastikan aktivitas industri tidak melampaui daya tampung lingkungan; (4) Perencanaan tata ruang berbasis daya dukung dan daya tampung lingkungan, agar keseimbangan antara pembangunan ekonomi dan kelestarian lingkungan dapat lestari dan berkelanjutan. Hal ini diharapkan pembangunan kawasan industri nikel dapat berjalan secara berkelanjutan, memberikan manfaat ekonomi yang optimal tanpa menurunkan kualitas dan integritas ekosistem wilayah sekitarnya.




05

REFERENSI



Daftar Pustaka

- Abbaspour, K. C. 2015. SWAT-CUP 2012: SWAT Calibration and Uncertainty Programs A User Manual. Dübendorf, Switzerland: Eawag—Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. <https://www.eawag.ch/en/departement/siam/models/swat-cup/>
- Alshammari, E., Rahman, A. A., Rainis, R., Seri, N. A., and Fuzi, N. F. A. 2023. "The Impacts of Land Use Changes in Urban Hydrology, Runoff and Flooding: A Review." *Current Urban Studies* 11: 120–141. <https://doi.org/10.4236/cus.2023.111007>
- Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. B., and Neitsch, S. L. 2012. Soil and Water Assessment Tool—Input/Output Documentation, Version 2012. Temple, TX: USDA Agricultural Research Service.
- Astuti, R., Karim, A., and Sanjaya, A. 2023. "Klasifikasi Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Tripa Bagian Hulu Kabupaten Gayo Lues." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian* 8(4): 1376–1389.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018. Soil Erosion: Causes, Impacts, and Mitigation Measures. Rome: FAO.
- Fathoni, H. A., Junaidi, A., and Aditiawan, F. P. 2025. "Klasifikasi Tutupan Lahan pada Citra Sentinel-2 di Kawasan IKN Menggunakan Google Earth Engine." *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* 9(3): 4982–4991.
- Ficklin, D. L., Luo, Y., Luedeling, E., and Zhang, M. 2010. "Climate Change Sensitivity Assessment of a Highly Agricultural Watershed Using SWAT." *Journal of Hydrology* 374(1–2): 16–29. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.05.016>
- Gassman, P. W., Reyes, M. R., Green, C. H., and Arnold, J. G. 2007. "The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions." *Transactions of the ASABE* 50(4): 1211–1250. <https://doi.org/10.13031/2013.23637>
- Harmel, D., Potter, S., Casebolt, P., Reckhow, K., Green, C., and Haney, R. 2006. "Compilation of Measured Nutrient Load Data for Agricultural Land Uses in the United States." *Journal of the American Water Resources Association* 42(5): 1163–1178.
- Huang, H., Xiao, Y., Ding, G., Liao, L., Yan, C., Liu, Q., Gao, Y., and Xie, X. 2023. "Comprehensive Evaluation of Island Habitat Quality Based on the InVEST Model and Terrain Diversity: A Case Study of Haitan Island, China." *Sustainability* 15(11293): 2–17.

- 
- Mailanda, R., Kusnandar, D., and Huda, N. M. 2022. "Analisis Autokorelasi Spasial Kasus Positif COVID-19 Menggunakan Indeks Moran dan LISA." *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya* 11(3): 483–492.
- Marhaento, H., Booij, M. J., and Hoekstra, A. Y. 2018. "Hydrological Response to Future Land-Use Change and Climate Change in a Tropical Catchment." *Hydrological Sciences Journal* 63(9): 1368–1385. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1511054>
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., and Williams, J. R. 2011. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation: Version 2009*. Temple, TX: USDA Agricultural Research Service and Texas A&M University System.
- Puslitbang Sumber Daya Air. 2018. *Kajian Neraca Air Sub-DAS Cimande dan Implikasinya terhadap Pengelolaan DAS*. Bandung: Kementerian PUPR, Balitbang SDA.
- WALHI Sulawesi Tenggara. 2023. *Dampak Pertambangan Nikel terhadap Sedimentasi dan Kualitas Air Sungai di Konawe Utara*. Laporan Kajian Lingkungan Daerah. Kendari: WALHI Sultra.
- Wijesekara, G. N., Farjad, B., Gupta, A., Qiao, Y., Delaney, P., Marceau, D. J., and Rojas, R. 2012. "Hydrological Modeling in Data-Scarce Basins Using SWAT: Case Study of the Bow River Basin, Canada." *Hydrological Sciences Journal* 57(7): 1251–1266. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.692214>