

BAB I

PENDAHULUAN UMUM

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya waktu dan meningkatnya aktivitas manusia, kerusakan lingkungan hidup cenderung semakin parah dan memicu meningkatnya jumlah kejadian bencana lingkungan khususnya banjir dan tanah longsor. Bencana ekologis saat ini sedang menjadi permasalahan dan isu lingkungan yang perlu dipikirkan bersama. Bencana ekologis seperti bencana banjir, longsor dan kebakaran hutan terjadi setiap tahun diseluruh wilayah Indonesia yang mengakibatkan kerugian bagi masyarakat. Hal ini memberikan indikasi bahwa penataan lahan diwilayah ini tidak dikelola secara baik.

Pertambahan jumlah penduduk telah berimplikasi terhadap meningkatnya kebutuhan sumberdaya lahan, baik untuk pemukiman, maupun untuk mendukung aktivitas lainnya. Disisi lain sumberdaya lahan sangat terbatas dan pembukaan kawasan hutan atau alih fungsi lahan semakin masif. Jika tanpa perencanaan yang matang dan tidak memperhatikan kaidah lingkungan, akan berdampak pada menurunnya daya dukung lingkungan hidup dan mengakibatkan kerusakan ekosistem yang pada akhirnya akan meningkatkan resiko terjadinya bencana alam.

Banjir merupakan bencana yang paling sering terjadi di Indonesia, terutama selama musim hujan. Bencana ini telah banyak menelan korban jiwa, dan banyak menimpa hampir sebagian besar wilayah Indonesia, dari kota besar hingga ke wilayah-wilayah pelosok kabupaten kota. Di Provinsi Gorontalo setiap tahun sering dilanda bencana banjir dan longsor, kejadian tersebut diakibatkan perubahan penutupan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto, DAS Bone dan DAS Bolango kehilangan 19.200 ha penutupan pepohonan, setara dengan 8,8% pengurangan dari total 218.180 ha. (Dokumen KLHS RPJPD Provinsi Gorontalo, 2024). Dalam kurun waktu 14 tahun terakhir, kejadian bencana alam di Kabupaten Gorontalo mengalami 105 peristiwa bencana berupa banjir dan tanah longsor (BNPB, 2024)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan Air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Undang-Undang Republik Indonesia No 17 tahun 2019, 2019). Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011, sungai adalah saluran atau tempat penampungan air alami dan/atau buatan yang terdiri dari sistem pengaliran air dan air di dalamnya, mulai dari hulu sampai ke

muara, dengan batas-batas disebelah kanan dan kiri yang ditetapkan oleh garis sempadan.

Sedikitnya terdapat empat permasalahan mendasar disekitar DAS, pertama; laju peningkatan lahan kritis yang kian meluas. permasalahan kedua; menurunnya produktivitas lahan pertanian; permasalahan ketiga, menurunnya fungsi DAS sebagai daerah tangkapan air; dan keempat adalah menurunnya fungsi DAS sebagai penahan laju limpasan permukaan (run off) terutama ketika terjadi curah hujan dengan intensitas tinggi dalam sebulan pada setiap musim hujan. Kondisi ini telah mengakibatkan sebagian besar tutupan lahan sudah terkuras atau terbuka yang pada gilirannya akan menimbulkan erosi dan pendangkalan sungai, sehingga banjir dan tanah longsor tidak dapat dihindari dan menimbulkan kerugian yang sangat besar bahkan merenggut nyawa manusia.

Tutupan lahan di DAS Limboto sebagian besar didominasi oleh Pertanian Lahan Kering Campur Semak atau sekitar 34,72% dari Luas DAS 89.385,61 Ha. Hal ini menunjukkan indikasi ketidakseimbangan alam di Kawasan DAS tersebut. Keseimbangan alam dikenal sebagai keadilan ekologis.

Keadilan ekologi adalah konsep yang menekankan pentingnya kesetaraan dan keberlanjutan dalam hubungan antara manusia dan lingkungan. Konsep ini menuntut agar manusia menyadari bahwa dirinya adalah bagian dari ekosistem dan memiliki tanggungjawab untuk menjaga kelestarian lingkungan. Keadilan Ekologis tersusun atas 2 (dua) istilah yakni keadilan dan ekologi. Istilah ekologi sendiri pertama kali dikemukakan oleh Ernst Haeckel sebagai oekologie. Dalam bahasa Yunani, ekologi terbagi menjadi oikos yang diartikan sebagai rumah atau lingkungan dan logos artinya ilmu atau pengetahuan.

Menurut laman jss.org.au (Jesuit Social Service), keadilan ekologis berarti keadilan sosial dan lingkungan. Prinsipnya adalah “semuanya saling terkait,” sehingga tindakan etis terhadap lingkungan merupakan bagian dari keadilan sosial. Dengan kata lain, keadilan ekologis menggabungkan keadilan sosial dan kesadaran lingkungan. Perlindungan dan pemanfaatan lingkungan harus dilakukan secara adil, menghormati dan melindungi hak-hak semua makhluk hidup, termasuk manusia dan ekosistem lainnya.

Dalam konteks lebih luas, ekologi adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari interaksi antara organisme dan lingkungannya. pemakaian kata “ekologis” kemudian meluas untuk merujuk pada segala sesuatu yang terkait dengan hubungan dan interaksi antara makhluk hidup dan lingkungan tempat hidup mereka. Sementara itu, akar kata keadilan sendiri berasal dari kata ‘justitia’ yang merujuk pada konsep moral yakni pemberian hak dan kewajiban sesuai norma. Dua konsep utama tersebut, yakni keadilan dan ekologi, bersama-sama merinci pada pandangan holistik terhadap keberlanjutan dan keadilan dalam konteks lingkungan hidup.

Pada dasarnya, keadilan ekologis berangkat dari pendekatan hubungan manusia dengan entitas lain di bumi dilihat sebagai hubungan komplementer, artinya bahwa manusia dalam keadilan ekologis bukanlah satu-satunya yang harus diperhatikan kesejahteraannya dengan baik namun makhluk hidup lain juga harus diperhatikan dengan sama dan setara. Hal ini merupakan wujud dari perubahan dari Antroposentrisme menuju Ekosentrisme.

Keadilan ekologis merupakan upaya untuk tetap melestarikan dan menjaga keberlangsungan dari lingkungan hidup agar tetap asri dan mampu menjaga keseimbangan dari ekosistem. Terdapat beberapa prinsip terkait dengan keadilan ekologis, prinsip keadilan ekologis meliputi 1) prinsip pencegahan, 2) prinsip ganti rugi, 3) prinsip strict liability, dan 4) prinsip pembangunan keberlanjutan kehidupan.

Selain itu, prinsip keadilan ekologis dalam kaca mata keadilan sosial meminta adanya alternatif sistem ekonomi yang mampu memberikan kontribusi pada pembangunan yang ramah lingkungan, mendukung pembebasan masyarakat secara politik, ekonomi, dan budaya guna mendorong terjadinya pemulihan lingkungan baik di perkotaan maupun di pedesaan serta menyediakan akses bagi semua masyarakat atas sumber daya alam yang dimiliki.

Terjadinya bencana ekologis kejadian banjir menunjukkan terganggunya keseimbangan ekosistem daerah aliran sungai. Permasalahan di daerah aliran sungai yang berujung pada terjadinya fenomena bencana lingkungan sesungguhnya merupakan indikasi yang kuat terjadinya ketidak-adilan ekologis pada daerah aliran sungai yang pada akhirnya akan mendatangkan kerugian material dan non material akibat terganggunya kelestarian lingkungan.

Bencana ekologis pada Daerah Aliran Sungai (DAS) di Provinsi Gorontalo khususnya DAS Limboto masih menjadi polemik lingkungan. Penelitian mengenai analisis kejadian banjir, pengelolaan DAS, keadilan ekologi dan sosial telah dikaji oleh peneliti sebelumnya. Akan tetapi belum secara spesifik membahas sebab-akibat dengan melihat keterkaitannya dengan berbagai aspek, komponen dan variable lainnya salah satunya yakni keadilan ekologis di DAS. Berdasarkan hal ini maka penulis akan mengangkat penelitian disertasi yang berjudul "Model Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Limboto Berbasis Keadilan Ekologis: Integrasi Dinamika Perubahan Lahan, Dampak Hidrologi, Dan Strategi Kebijakan Berkelanjutan".

1.2 Kebaruan Penelitian

Beberapa penelitian terdahulu dapat dilihat dalam rangkuman tabel penelitian terdahulu sebagai berikut :

Tabel 1. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Artikel	Metode	Hasil
1.	Analisis Persepsi Dan Strategi Adaptasi Masyarakat Terhadap Bencana Banjir Di Kota Gorontalo	survey yang menggunakan kuisioner untuk pengumpulan data. Analisis data dalam penelitian ini menerapkan metode analisis deskriptif kuantitatif	Hasil penelitian menunjukkan sebagian besar masyarakat sudah memahami penyebab banjir, namun masyarakat yang kurang paham dan tidak paham penyebab banjir, dan masyarakat mengetahui akan berulangnya banjir. Dampak banjir yang dialami masyarakat meliputi kerusakan bangunan, gangguan kesehatan masyarakat, hilangnya hilangnya ternak
2.	ANALISIS DAERAH RAWAN BANJIR KOTA GORONTALO BASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)	Metode yang digunakan dalam daerah rawan banjir adalah metode overlay (tumpang susun peta) dengan pembobotan dan skoring terhadap parameter penyebab terjadinya banjir Debit limpasan permukaan rencana, Topografi, Tekstur tanah dan ketebalan tanah dengan proses analisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS 9,3	Hasil penelitian dengan pembobotan untuk debit limpasan permukaan 45%,pografi 25%, tekstur tanah 20% dan ketebalan permukaan tanah 10%, menunjukkan bahwa daerah rawan banjir dengan potensi sangat tinggi terjadi di Kota Tengah dan Kota Selatan, banjir dengan potensi tinggi sebagian Kecamatan Kota Selatan dan Duingingi, banjir dengan potensi sedang terjadi di sebagian Kecamatan Kota Utara, dan Kota Tengah. Sedangkan banjir dengan potensi rendah dan sangat rendah di sebagian Kecamatan Kota Utara, Kota Barat dan Selatan
3.	ASESMEN BANJIR PROVINSI GORONTALO	Pengumpulan data sekunder dilakukan pengumpulan sekunder guna menunjang analisa peta, data hidrologi, rencana tata ruang wilayah, rencana pengelolaan sumber	Permasalahan banjir yang terjadi di Provinsi Gorontalo sebaiknya diselesaikan dengan pendekatan pengelolaan banjir secara terintegrasi dengan meningkatkan fungsi dari DAS secara keseluruhan mulai dari hulu sampai hilir.

		<p>daya air dan ngan berkaitan dengan sumber daya air, kuisisioner kepada dan stage holder</p>	
4.	<p>KAJIAN RISIKO BANJIR WILAYAH SUNGAI LIMBOTOBOLANG O-BONE DI PROVINSI GORONTALO</p>	<p>hasil analisis hidrologi dan menggunakan software HEC-HMS dan HEC-RAS</p>	<p>Aglomerasi perkotaan Gorontalo memiliki risiko banjir yang tinggi. Terlihat juga risiko tidak dapat dilakukan dengan pembangunan pengendali banjir semata. Pendekatan terpadu, termasuk melalui ruang, rehabilitasi hutan dan lahan, penyediaan peringatan dini serta kesiapsiagaan bencana perlu dilakukan untuk mencapai hasil yang</p>
5.	<p>KAJIAN RISIKO BANJIR SUNGAI BIYONGA KABUPATEN GORONTALO</p>	<p>Dalam kajian ini Perka BNPB No.2 Tahun 2012 digunakan sebagai pedoman penentuan indeks dan Tingkat Risiko Banjir. wilayah dihitung menggunakan metode Poligon Thiessen, sedangkan debit banjir rencana menggunakan Q25th dengan metode SCS. Validasi data debit dilakukan dengan overlay dan tinggi banjir dengan data kejadian banjir yang diperoleh dari BWS Sulawesi II</p>	<p>Hasil perhitungan hidrologi digunakan dalam pemodelan banjir dengan menggunakan HEC-RAS 2D. Peta hasil berupa peta luas genangan banjir 136.12 ha di 4 kelurahan yaitu Hepuhulawa, Kayu Bulan, dan Kayu Merah. Hasil skoring indeks kerugian dan kapasitas kelurahan Hunggaluwa memiliki tingkat ancaman banjir yang tertinggi dibanding lainnya. Berdasarkan penilaian tingkat ancaman, kerugian dan ketahanan, tingkat risiko banjir tertinggi berada di Kelurahan Hunggaluwa dengan tingkat risiko tinggi</p>

Kebaruan utama penelitian ini terletak pada integrasi konsep keadilan ekologis dengan dimensi keadilan kontributif dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) berbasis sistem dinamik. Penelitian-penelitian sebelumnya tentang DAS umumnya

menitikberatkan pada aspek biofisik dan hidrologi, seperti perubahan penggunaan lahan, debit sungai, dan sedimentasi, atau pada aspek tata kelola dan partisipasi secara normatif. Namun, penelitian ini melampaui pendekatan tersebut dengan menempatkan keadilan kontributif sebagai elemen kunci, yaitu menilai sejauh mana aktor-aktor sosial yang memperoleh manfaat dari pemanfaatan sumber daya DAS juga memiliki kontribusi yang proporsional dalam menjaga dan memulihkan fungsi ekologisnya. Dengan demikian, kebaruan penelitian ini tidak hanya pada pengukuran dampak lingkungan, tetapi pada pengungkapan ketimpangan kontribusi ekologis yang selama ini luput dari analisis teknis pengelolaan DAS.

Dari sisi teoretis, penelitian ini tidak sepenuhnya menciptakan teori baru, tetapi menghadirkan pengembangan dan integrasi konseptual dari teori-teori yang telah mapan, khususnya teori *Social–Ecological Systems* (SES), keadilan lingkungan (*environmental justice*), dan human ecology, dengan penekanan baru pada keadilan kontributif. Jika teori keadilan lingkungan klasik lebih menyoroti keadilan distributif (siapa menerima dampak) dan keadilan prosedural (siapa terlibat dalam pengambilan keputusan), maka penelitian ini memperluas kerangka tersebut dengan memasukkan pertanyaan: siapa berkontribusi dan seberapa adil kontribusi tersebut terhadap keberlanjutan ekosistem DAS. Integrasi keadilan kontributif ke dalam model SES berbasis sistem dinamik merupakan kebaruan konseptual yang memperkaya teori sebelumnya, sekaligus menjembatani kesenjangan antara analisis ekologi, tata kelola, dan etika lingkungan.

Kebaruan metodologis penelitian ini tercermin pada penggunaan model sistem dinamik sebagai instrumen analitis untuk mengoperasionalkan keadilan ekologis dan keadilan kontributif dalam konteks pengelolaan DAS. Berbeda dengan studi terdahulu yang menggunakan sistem dinamik terutama untuk simulasi hidrologi atau ekonomi, penelitian ini memodelkan umpan balik antara perubahan penggunaan lahan, dampak hidrologi, partisipasi aktor, efektivitas kebijakan, dan tingkat keadilan ekologis secara simultan. Dengan demikian, penelitian ini menghasilkan model pengelolaan DAS berbasis keadilan ekologis yang adaptif, yang tidak hanya menjelaskan dinamika kerusakan lingkungan, tetapi juga memproyeksikan implikasi kebijakan terhadap distribusi manfaat, beban, dan kontribusi ekologis antaraktor. Kontribusi ini menempatkan penelitian setara—bahkan melampaui—studi-studi sebelumnya, karena menawarkan kerangka integratif yang bersifat analitis, prediktif, dan aplikatif dalam perumusan kebijakan pengelolaan DAS berkelanjutan.

1.3 Permasalahan:

1. Bagaimana penggunaan lahan di DAS Limboto dan dampaknya terhadap Daerah Aliran Sungai secara keseluruhan?

2. Bagaimana keadilan ekologi yang berlangsung di Daerah Aliran Sungai?
3. Bagaimana model sistem dinamik pengelolaan Daerah Aliran Sungai berbasis keadilan ekologi?

1.4 Tujuan:

1. Mengkaji dan menganalisis penggunaan lahan di DAS Limboto serta mengetahui dampaknya terhadap Daerah Aliran Sungai secara keseluruhan.
2. Menganalisis keadilan ekologi yang berlangsung di Daerah Aliran Sungai.
3. Membangun sistem dinamik dan merumuskan strategis kebijakan pengelolaan Daerah Aliran Sungai berbasis keadilan ekologi.

1.5 Kegunaan Penelitian:

Kegunaan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan kontribusi untuk upaya mitigasi kejadian banjir berbasis keadilan ekologis pada Daerah Aliran Sungai.
2. Di harapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi yang berguna bagi pengambil keputusan dalam hal pengelolaan daerah aliran sungai menerapkan keadilan ekologi untuk memitigasi kejadian banjir.

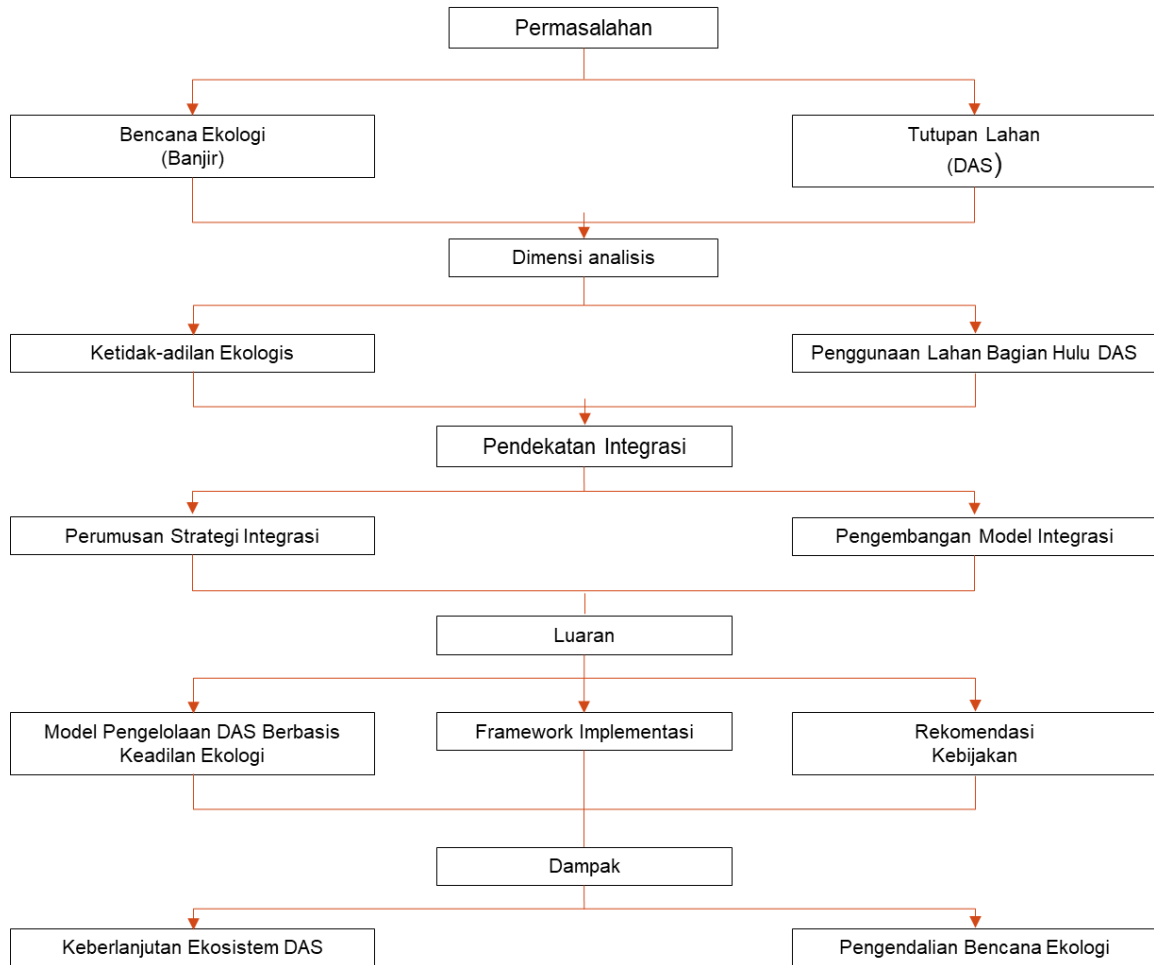
1.6 Ruang Lingkup Penelitian:

Ruang lingkup penelitian ini kondisi existing ekosistem dan perilaku serta tindakan masyarakat dan stakholder di DAS.

1.7 Kerangka Pemikiran:

Kerangka pemikiran adalah suatu diagram yang menjelaskan secara garis besar alur logika berjalannya sebuah penelitian. Kerangka pemikiran dibuat berdasarkan pertanyaan penelitian (*research question*), dan merepresentasikan suatu himpunan dari beberapa konsep serta hubungan diantara konsep-konsep tersebut (Polancik, 2009 dalam Wahono, 2012).

Kerangka pikir penelitian ini diawali dengan masalah lingkungan yang berkepanjangan terkait kejadian bencana ekologi sehingga menyebabkan banjir dan longsor di Daerah Aliran Sungai. Selengkapnya kerangka pikir penelitian ini digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. 1 Kerangka Pemikiran

BAB II
TOPIK PENELITIAN I
ANALISIS SPASIAL PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN
DAMPAKNYA TERHADAP DINAMIKA HIDROLOGI DI DAERAH ALIRAN
SUNGAI LIMBOTO

Abstrak

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi secara intensif dalam beberapa dekade terakhir telah memberikan tekanan signifikan terhadap keseimbangan hidrologi di berbagai daerah aliran sungai (DAS). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola spasial perubahan penggunaan lahan dan menilai dampaknya terhadap dinamika hidrologi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto. Pendekatan analisis spasial dilakukan dengan memanfaatkan citra satelit multitemporal, data curah hujan, dan debit sungai untuk periode pengamatan tahun 2000 hingga 2025. Metode klasifikasi berbasis remote sensing digunakan untuk mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan, sedangkan model hidrologi berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis) diterapkan untuk menganalisis respon hidrologi terhadap perubahan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi konversi lahan signifikan dari hutan dan lahan pertanian menjadi permukiman dan lahan terbuka, yang berimplikasi pada peningkatan limpasan permukaan dan penurunan kapasitas infiltrasi. Analisis lebih lanjut mengindikasikan bahwa perubahan tata guna lahan berkontribusi terhadap peningkatan frekuensi dan intensitas banjir di wilayah hilir DAS Limboto. Temuan ini menegaskan pentingnya pengelolaan tata ruang berbasis data spasial dan penerapan prinsip konservasi lahan dalam upaya mitigasi risiko hidrologi dan keberlanjutan ekosistem DAS.

Kata Kunci: Perubahan penggunaan lahan; analisis spasial; dinamika hidrologi; daerah aliran sungai; DAS Limboto.

2.1 Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan Air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Undang-Undang Republik Indonesia No 17 tahun 2019, 2019).

DAS merupakan ekosistem yang merupakan tempat unsur organisme dan lingkungan biofisik serta unsur kimia berinteraksi secara dinamis dan di dalamnya terdapat keseimbangan inflow dan outflow dari material dan energi. Ekosistem DAS terdiri dari beberapa komponen, yaitu: manusia, hewan, vegetasi, tanah, iklim, dan air. Masing-masing komponen tersebut memiliki sifat yang khas dan keberadaannya tidak berdiri

sendiri, namun berhubungan dengan komponen lainnya membentuk kesatuan sistem ekologis (ekosistem) (Rian 2012 Daerah Aliran Sungai, n.d.)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh topografi pemisah air yang terkeringkan oleh sungai atau system saling berhubungan sedemikian rupa sehingga semua aliran sungai yang jatuh di dalam akan keluar dari saluran lepas tunggal dari wilayah tersebut. Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat diartikan sebagai kesatuan ruang yang terdiri atas unsur abiotik (tanah, air, udara), biotik (vegetasi, binatang dan organisme hidup lainnya) dan kegiatan manusia yang saling berinteraksi dan saling ketergantungan satu sama lain, sehingga merupakan satu kesatuan ekosistem (Sudaryono, 2002)

Salah satu peran DAS adalah mengendalikan banjir. Ketika hujan deras, DAS dapat menyerap air hujan, mencegah air meluap kedaerah sekitarnya. Namun perubahan iklim juga berdampak pada DAS, dengan perubahan pola hujan dan peningkatan suhu yang mempengaruhi aliran sungai dan ketersediaan air. Kepentingan pelestarian DAS sangat jelas. Upaya pelestarian, seperti konservasi hutan, pengelolaan air yang bijaksana, dan pengendalian polusi sangat penting untuk menjaga DAS yang sehat dan berkelanjutan.

Terjadinya degradasi dan kerusakan lingkungan merupakan fakta bahwa kemampuan sumber daya alam untuk menyediakan barang dan jasa yang dibutuhkan bagi pertumbuhan ekonomi saat ini semakin menurun (Umar, 2012). Dalam konteks perubahan lingkungan global, kondisi sumberdaya alam Indonesia dengan mega-biodiversity diperhadapkan pada masalah pencemaran lingkungan dan kerusakan kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS). Indikator kerusakan kawasan hutan saat ini ditunjukkan oleh bertambahnya status DAS kritis dari tahun ke tahun. Kondisi DAS di Propinsi Gorontalo pun tak jauh berbeda dengan DAS lainnya di Indonesia.

Daerah Aliran Sungai (DAS) dipandang sebagai satu kesatuan ekosistem alami yang utuh dari ekosistem hulu berupa pengunungan sampai dengan ekosistem hilir di pantai (PP No. 37 tahun 2012). Secara umum, DAS dibagi menjadi wilayah hulu, tengah dan hilir. Ekosistem hulu DAS merupakan bagian yang penting karena memiliki fungsi perlindungan terhadap seluruh DAS dan secara biogeofisik merupakan daerah konservasi, kemiringan lereng lebih dari 15%, jenis vegetasi berkayu (tegakan) dan bukan daerah banjir (Asdak 2010). Daerah hulu suatu DAS selain sebagai daerah tangkapan atau resapan air, juga mempunyai fungsi dalam produksi pertanian.

Menurut (Naitkakin et al., 2021) sumberdaya lahan di DAS dimanfaatkan secara multiguna dengan ciri bahwa terdapat komoditas pertanian, perkebunan, hutan, permukiman dan pemanfaatan lain yang tergambar dari penggunaan lahan. Pemanfaatan lahan yang melebihi kemampuannya dan tidak berdasarkan kaidah-kaidah konservasi dapat meningkatkan degradasi lahan (Kubangun et al. 2016; Wahyuningrum dan Putra

2018) sehingga mengurangi kemampuan lahan dalam memenuhi kebutuhan hidup masyarakat (Talumingan dan Jacom 2017). Tanah dan air adalah sumberdaya yang dimiliki dan dimanfaatkan oleh manusia (Supirin 2001) yang mudah mengalami degradasi atau kerusakan (Arsyad 2010).

Kebutuhan sumberdaya alam terutama lahan dan air akan terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk yang meningkat setiap tahunnya. Hal ini yang akan memicu terjadinya perubahan penggunaan lahan di wilayah DAS terutama bagian hulu. Berbagai masalah pun akan terjadi dan tidak dapat dihindari sebagai akibat dari perubahan ini terutama pada wilayah daerah aliran sungai (Sinaga et al. 2012). Erosi, percepatan degradasi lahan, sedimentasi dan penurunan luas vegetasi hutan merupakan akibat dari pemanfaatan lahan yang tidak terkendali (P.61/Menhut- II/2014) dan pada akhirnya dapat mengurangi kemampuan lahan untuk produksi pertanian dan meningkatkan luas lahan kritis.

Lahan memiliki kedudukan sebagai prosesor dalam DAS (Wahyuningrum dan Putra 2018) oleh sebab itu, intervensi terhadap lahan dapat berdampak pada seluruh seluruh aspek yang ada di wilayah DAS. Berdasarkan fungsi DAS bagian hulu didasarkan pada fungsi konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan (559761316-Karakteristik-DAS-Dan-Pengelolaannya, n.d.)

Penutupan lahan terdiri dari elemen vegetasi dan struktur bangunan yang menutupi tanah. Hal ini berkaitan dengan tampilan di permukaan bumi, termasuk gedung, danau, serta vegetasi seperti yang dijelaskan oleh Lillesand dan Kiefer pada 1990 dalam karya Saraswati dan rekan-rekan, 2017. Perubahan penggunaan lahan dari yang tidak dibangun menjadi dibangun dalam area DAS, seperti konversi tegalan atau hutan menjadi permukiman, dapat mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap curah hujan.

Di bagian hulu DAS Limboto, area hutan semakin menyusut dengan dominasi pertanian lahan kering yang bercampur semak. Kawasan yang dikuasai semak rentan terhadap kerusakan lahan. Terjadi perubahan dalam karakteristik fisik, biologis, dan kimia Danau Limboto akibat pergeseran dalam pemanfaatan lahan di suatu Daerah Tangkapan Air (DTA). Hal ini mencakup karakteristik perairan seperti sedimen, kandungan unsur hara, pestisida, logam berat, unsur kimia, dan bahan radiasi lainnya yang berasal dari aktivitas pertanian atau kehutanan. Umumnya, pengelolaan DTA bertujuan untuk memulihkan fungsi hutan secara maksimal, yang pada gilirannya dapat membantu memecahkan masalah banjir dan kekeringan.

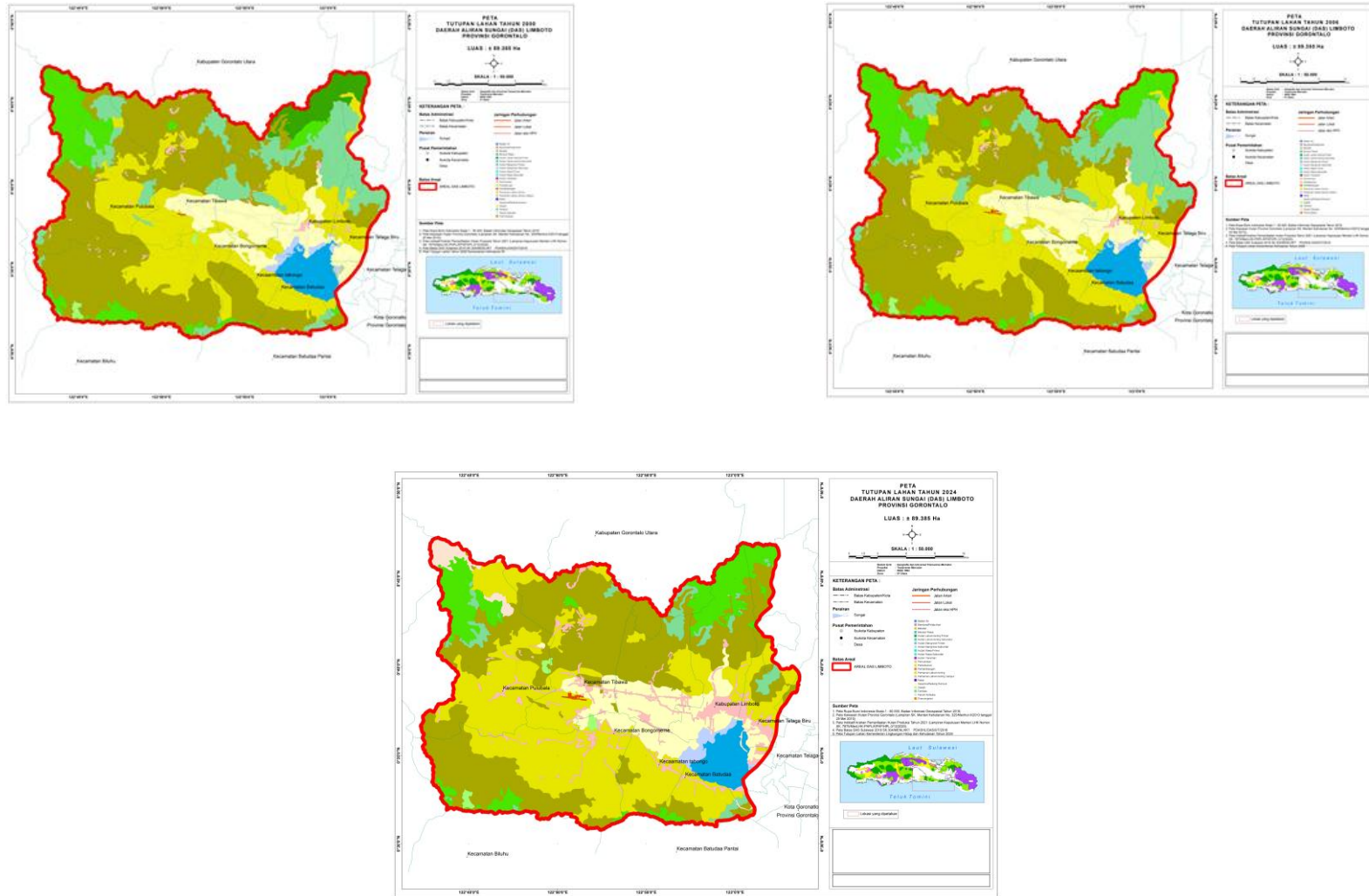
Berdasarkan data BPKH wilayah XV tutupan lahan Kawasan Hutan lahan kering primer pada tahun 2000 s.d 2006 kehilangan sekitar 3.128,85 ha, (3,50%). Tutupan lahan

pertanian pada tahun 2006 s.d 2024 bertambah sekitar 5.331,31 ha (5,96%) tersebar pada lahan pertanian lahan kering dan lahan kering campur semak. Perubahan tutupan lahan juga terjadi dilahan permukiman semula pada tahun 2000 sekitar 689,49 ha (0,77%) menjadi 4.476,99 (5,01%) pada tahun 2024; Berikut adalah data mengenai perubahan penutupan lahan DAS Limboto selama dua puluh empat tahun periode tahun 2000,2006 dan 2024 yang disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Wilayah DAS Limboto Berdasarkan Penutupan Lahan

No.	KODE PL	URAIAN	TUTUPAN LAHAN							
			2000		2006		2024		Bertambah/berkurang	
			Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	(+)	(-)
1	2.001	Hutan Lahan Kering Primer	3.128,85	3,50	-	-	-	-	-	-
2	2.002	Hutan Lahan Kering Sekunder	7.170,13	8,02	8.910,34	9,97	8.465,32	9,47		- 445,01
3	2.006	Hutan tanaman	-	-	-	-	1.273,64	1,42	1.273,64	-
4	2.007	Belukar	10.949,60	12,25	11.582,09	12,96	2.612,68	2,92		- 8.969,42
5	2.010	Perkebunan	212,91	0,24	302,47	0,34	419,75	0,47	117,28	-
6	2.012	Permukiman	689,49	0,77	694,14	0,78	4.476,99	5,01	3.782,85	-
7	2.014	Tanah Terbuka	-	-	-	-	98,82	0,11	98,82	-
8	5.001	Badan Air	2.836,53	3,17	2.836,53	3,17	2.624,37	2,94		- 212,17
9	20.071	Belukar Rawa	690,87	0,77	367,94	0,41	833,33	0,93	465,40	-
10	20.091	Pertanian Lahan Kering	19.981,20	22,35	20.353,80	22,77	29.334,41	32,82	8.980,60	-
11	20.092	Pertanian Lahan Kering Campur Semak	35.056,64	39,22	35.631,66	39,86	31.034,75	34,72		- 4.596,91
12	20.093	Sawah	8.587,63	9,61	8.660,45	9,69	8.130,38	9,10		- 530,07
13	20.121	Bandara dan Pelabuhan	15,04	0,02	46,18	0,05	81,17	0,09	34,99	-
14	50.011	Belukar	66,71	0,07	-	-	-	-	-	-
Grand Total			89.385,61	100,00	89.385,61	100,00	89.385,61	100,00	14.753,58	-14.753,58

Sumber : BPKH, tahun 2025



Gambar 2. 1 Tutupan Lahan DAS Limboto Tahun 2000, 2005 dan 2024

2.2 Metode Tujuan I

Analisis dilakukan dengan tahapan awal berupa pengumpulan data citra Landsat tahun 2005 dan 2024. Selanjutnya, citra tersebut dianalisis untuk memperoleh data tutupan lahan pada wilayah penelitian

2.3 Prosedur Pemetaan

Metode interpretasi dilakukan menggunakan citra penginderaan jauh dan peta dasar. Citra penginderaan jauh yang digunakan berupa citra Landsat (resolusi menengah–rendah), sedangkan peta dasar yang digunakan adalah Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Citra Landsat yang digunakan terlebih dahulu dilakukan koreksi geometrik dan radiometrik untuk menyesuaikan sistem koordinat dan proyeksi. Tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan ketelitian data serta memudahkan proses analisis dan pengolahan data menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG/GIS)

2.4 Metode Soil and Water Assessment tool (SWAT)

Metode Soil and Water Assessment Tool (SWAT) digunakan untuk mensimulasikan dan menghasilkan nilai limpasan permukaan (runoff), laju erosi–sedimentasi, serta debit aliran pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Model ini mampu merepresentasikan proses hidrologi dan erosi secara spasial dengan mempertimbangkan variasi jenis tanah, tata guna lahan, topografi, dan kondisi pengelolaan DAS. SWAT merupakan model terdistribusi yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga memungkinkan analisis spasial berbasis satuan respons hidrologi (Hydrological Response Units/HRU). Model SWAT dijalankan pada skala waktu harian untuk mensimulasikan proses hidrologi jangka panjang, termasuk aliran permukaan, erosi tanah, transport sedimen, dan debit sungai, pada DAS yang berskala besar dan kompleks dengan berbagai skenario penggunaan lahan dan karakteristik tanah (Pawitan, 2024).

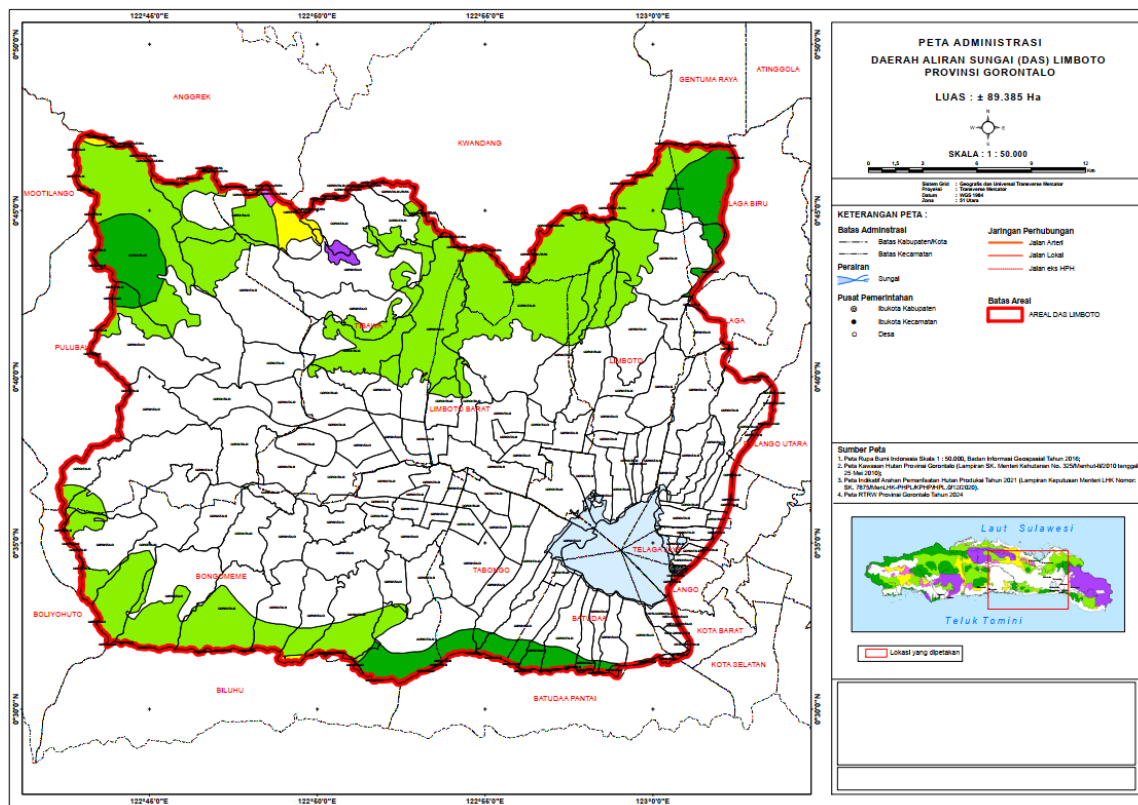
2.5 Lokasi Penelitian

Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto merupakan salah satu wilayah DAS yang menjadi prioritas di Provinsi Gorontalo, meliputi Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Gorontalo Utara, dan Kota Gorontalo. Dengan luas sekitar 89.385,61 hektar, DAS Limboto memiliki koordinat geografis antara 0°39'54,431"N dan 0°45'55,348"N serta 122°52'42,408"E hingga 123°3'16,429"E. Sementara itu, penjelasan mengenai batas-batas alami dari DAS Limboto bisa dilihat dalam Tabel II. 2.

Tabel 2. 2 Batas Areal DAS Limboto dengan DAS lainnya

No	Uraian Batas Areal	Batas DAS
1	Bagian Utara	Kabupaten Gorontalo Utara
2	Bagian Timur	Kabupaten Bone Bolango
3	Bagian Barat	DAS Paguyaman
4	Bagian Selatan	DAS Batudaa

Sumber : BPDAS 2024



Gambar 2. 2 Peta Wilayah dan Batas DAS Limboto 2025

Wilayah administrasi DAS Limboto dapat dilihat pada Tabel II.3 dan gambar II.5 dibawah ini.

Tabel 2. 3 Wilayah DAS Limboto Berdasarkan Administrasi Kabupaten

No	Kabupaten/Kota	Luas (Ha)	%
1	Kab. Bone Bolango	2,04	0,002
2	Kab. Gorontalo	88.640,47	99,17
3	Kab. Gorontalo Utara	437,21	0,49
4	Kota Gorontalo	305,89	0,34
	Grand Total	89.385,61	100,00

Sumber : BPDAS 2024

2.6 Alat Bantu Penelitian

Penelitian ini mengintegrasikan sistem informasi geografis berbasis open-source menggunakan Quantum GIS (QGIS). QGIS dipilih karena fleksibilitasnya dalam mengelola data spasial dan kemampuannya sebagai interface utama bagi model QSWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). Penggunaan QSWAT memungkinkan simulasi dampak perubahan tutupan lahan terhadap siklus hidrologi di wilayah studi secara presisi.

Software yang digunakan adalah Quantum GIS dengan analisis QSWAT untuk menganalisa tutupan lahan tahun 2000 s.d 2024.

2.7 Pembahasan

2.7.1 Tutupan Lahan

Pemilihan tahun tutupan lahan diselaraskan dengan periode analisis agar kondisi penggunaan lahan yang dimodelkan mendekati keadaan sebenarnya. Simulasi periode 2000–2005, data tutupan lahan tahun 2005 digunakan sebagai representasi kondisi lahan menjelang akhir periode tersebut. Pemilihan ini dilakukan karena data tahun 2005 dianggap paling mendekati realitas tutupan lahan yang memengaruhi aliran permukaan, evapotranspirasi, dan infiltrasi.

Simulasi periode 2006–2024 menggunakan data tutupan lahan tahun 2024. Data ini menggambarkan kondisi lahan terbaru, terutama pada wilayah yang mengalami perubahan signifikan seperti perkembangan permukiman, perubahan pola pertanian, atau pergeseran tutupan vegetasi. Penggunaan data tahun 2024 membantu menghasilkan simulasi hidrologi yang lebih relevan terhadap kondisi aktual. Secara detail luas masing-masing kelas tutupan lahan ditampilkan pada **Tabel II.4**

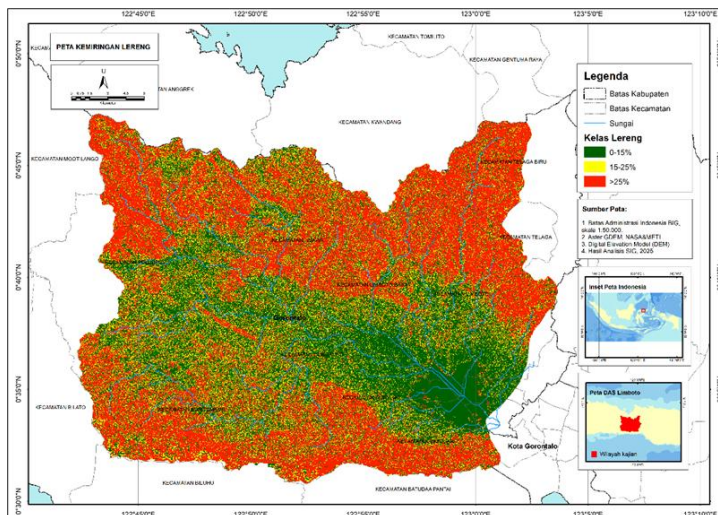
Tabel 2. 4 Tutupan lahan DAS Limboto Tahun 2005 dan Tahun 2024

Tutupan Lahan	Luas (ha)		Keterangan
	Tahun 2005	Tahun 2024	
Badan Air	2.836,53	2.624,37	Berkurang
Bandara/Pelabuhan	46,18	81,17	Bertambah
Belukar	11.582,09	2.604,95	Berkurang
Hutan Lahan Kering Sekunder	367,94	833,33	Bertambah
Hutan Tanaman	0,00	1.273,64	Bertambah
Perkebunan	302,47	419,75	Bertambah
Permukiman	694,14	4.498,99	Bertambah
Pertanian Lahan Kering	20.353,80	29.312,67	Bertambah
Pertanian Lahan Kering Campur	35.631,66	31.034,74	Berkurang
Sawah	8.660,45	8.130,38	Berkurang
Tanah Terbuka	0.00	118,91	Bertambah

Sumber: Hasil analisis SIG, 2025

Perubahan tutupan lahan pada tabel menunjukkan tren peningkatan lahan permukiman, perkebunan dan pertanian yang besar, serta penurunan tutupan vegetasi alami dan badan air. Hal ini kemungkinan besar akan berdampak negatif pada hidrologi

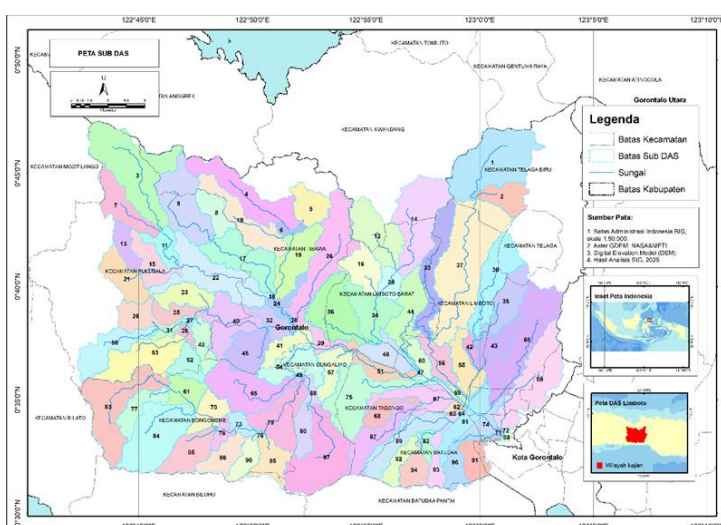
daerah, seperti menurunnya infiltrasi, meningkatnya limpasan permukaan, berkurangnya kapasitas penyimpanan air alami, peningkatan risiko banjir, dan potensi penurunan kualitas air akibat erosi dan sedimentasi. Secara spasial ditampilkan pada **Gambar II.4** dan **Gambar II.5**.



Gambar 2. 3 Peta kemiringan lereng DAS Limboto

2.7.2 Delineasi Sub-DAS

Delineasi sub-DAS berdasarkan data input DEM pada proses awal pemodelan SWAT menghasilkan 97 sub-DAS pada DAS Limboto. Sebaran dan batas masing-masing sub-DAS tersebut dapat dilihat secara spasial pada **Gambar 2.4**, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrologi dan simulasi proses hidrologi pada tahap pemodelan berikutnya.



Gambar 2. 4 Peta sub-DAS di DAS Limboto

2.7.3 Pembentukan HRU

Pembentukan *Hydrological Response Unit* (HRU) dilakukan berdasarkan integrasi data kemiringan lereng yang diturunkan dari DEM, jenis tanah, serta tutupan lahan tahun 2005 dan 2024. Proses ini bertujuan untuk mengelompokkan area dalam setiap sub-DAS yang memiliki karakteristik fisik dan hidrologi yang homogen. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan data tutupan lahan tahun 2005 menghasilkan sebanyak 1.786 HRU, sedangkan penggunaan data tutupan lahan tahun 2024 menghasilkan jumlah HRU yang lebih besar, yaitu 2.049 HRU. Perbedaan jumlah HRU tersebut mengindikasikan adanya perubahan pola tutupan lahan yang memengaruhi tingkat heterogenitas wilayah, sehingga berdampak pada pembagian unit respon hidrologi yang terbentuk dalam pemodelan SWAT.

2.7.4 Simulasi SWAT

Simulasi menggunakan model SWAT menggambarkan respon hidrologi suatu daerah aliran sungai (DAS) terhadap presipitasi sebagai input utama, yang selanjutnya didistribusikan ke dalam berbagai komponen hidrologi seperti evapotranspirasi, perkolasi, aliran lateral, dan limpasan permukaan. Model ini merepresentasikan interaksi antara kondisi iklim, karakteristik tanah, topografi, dan penggunaan lahan dalam mengontrol besaran dan proporsi masing-masing komponen neraca air, sehingga memberikan gambaran menyeluruh mengenai dinamika hidrologi DAS dalam suatu periode tertentu.

Dalam penelitian ini, simulasi SWAT dilakukan dua kali untuk merepresentasikan kondisi hidrologi pada periode waktu yang berbeda, yaitu simulasi tahun 2005 menggunakan data periode 2000–2005 dan simulasi tahun 2024 menggunakan data periode 2006–2024. Simulasi tahun 2005 digunakan sebagai kondisi acuan (*baseline*), sedangkan simulasi tahun 2024 merepresentasikan kondisi terkini DAS. Perbandingan kedua hasil simulasi tersebut digunakan untuk mengidentifikasi perubahan respon hidrologi DAS dari waktu ke waktu, khususnya terkait distribusi komponen neraca air dan implikasinya terhadap ketersediaan sumber daya air. Hasil simulasi tahun 2005 ditampilkan pada **Tabel 2.5** dan **Gambar 2.5**, sementara hasil simulasi tahun 2024 ditampilkan pada **Tabel 2.6** dan **Gambar 2.6**.

Tabel 2. 5 Komponen hidrologi berdasarkan simulasi tahun 2005

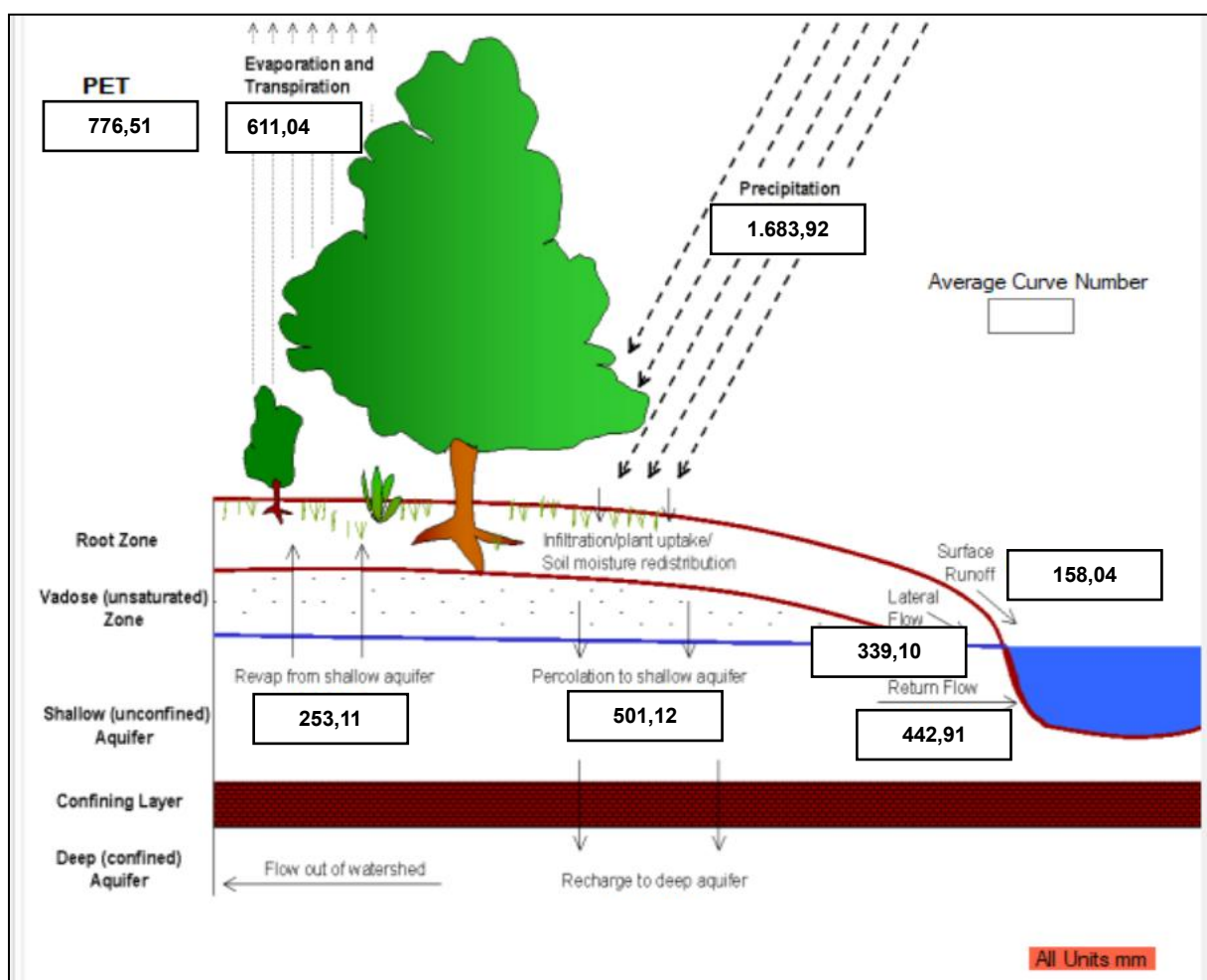
Proses hidrologi	Nilai	
	(mm)	(%)
Input		
Presipitasi	1.683,92	100,00
Output		
Evaporasi dan transpirasi	611,04	36,29
Perkolasi	501,12	29,76
Aliran lateral	339,10	20,14
Limpasan permukaan	158,04	9,39

Sumber: Hasil analisis SIG, 2025

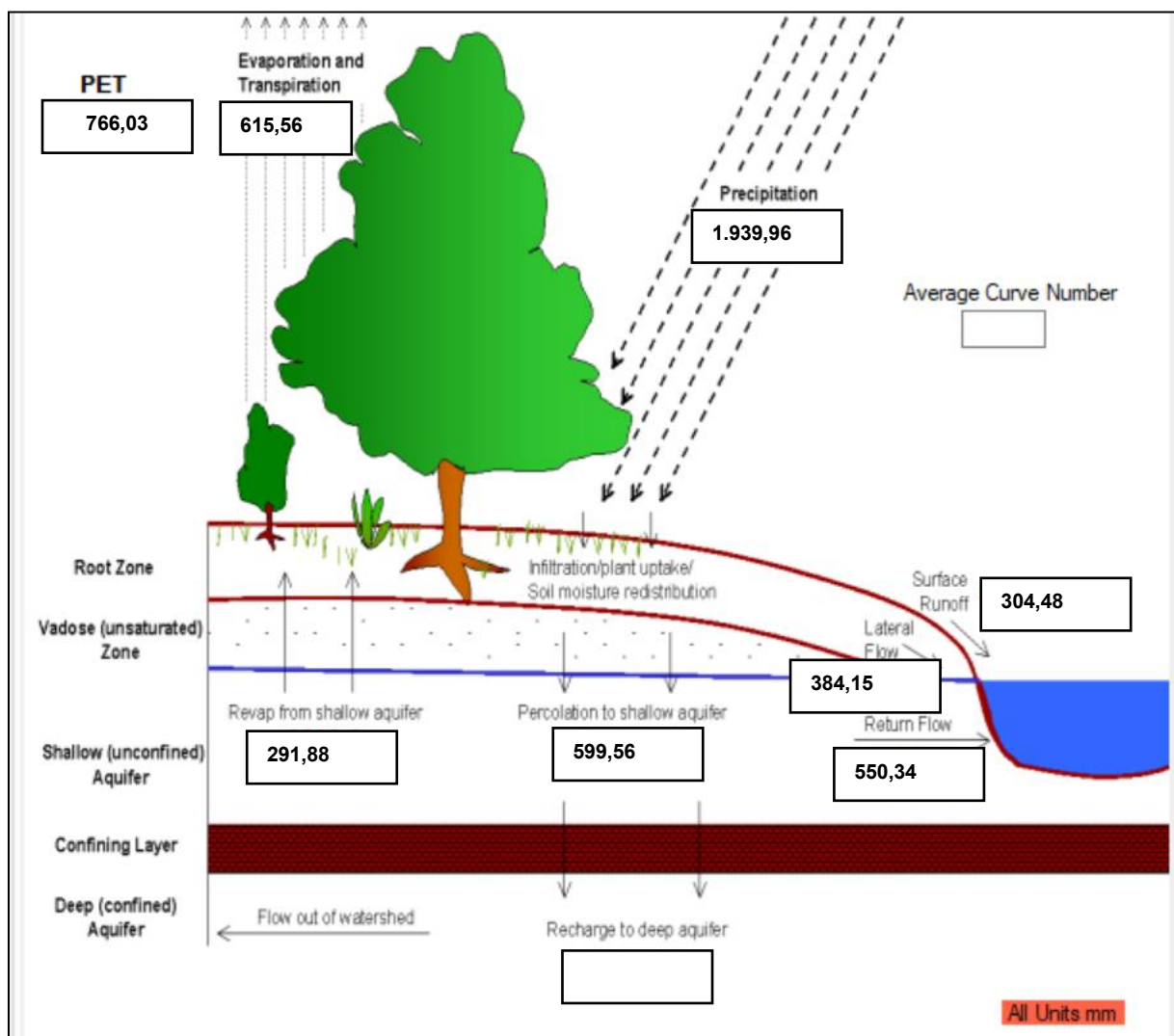
Tabel 2. 6 Komponen hidrologi berdasarkan simulasi tahun 2024

Proses hidrologi	Nilai	
	(mm)	(%)
Input		
Presipitasi	1.939,96	100,00
Output		
Evaporasi dan transpirasi	615,56	31,73
Perkolasi	599,56	30,91
Aliran lateral	384,15	19,80
Limpasan permukaan	304,48	15,70

Sumber: Hasil analisis SIG, 2025



Gambar 2. 5 Simulasi hidrologi tahun 2005



Gambar 2. 6 Simulasi hidrologi tahun 2024

Berdasarkan **Tabel 2.5** dan **Tabel 2.6**, terlihat bahwa total presipitasi pada simulasi tahun 2024 meningkat menjadi 1.939,96 mm, dibandingkan 1.683,92 mm pada tahun 2005. Meskipun presipitasi meningkat, distribusi aliran ke berbagai komponen hidrologi mengalami perubahan yang signifikan. Komponen evapotranspirasi relatif stabil, hanya meningkat sedikit, namun proporsinya terhadap total presipitasi menurun, yang menunjukkan bahwa sebagian besar tambahan presipitasi lebih banyak mengalir ke proses lain.

Komponen perkolasi meningkat menunjukkan peningkatan infiltrasi air ke dalam akuifer dangkal, kemungkinan akibat perubahan penggunaan lahan atau kondisi tanah yang lebih mendukung infiltrasi. Aliran lateral juga meningkat namun persentasenya relatif stabil. Perubahan paling mencolok terjadi pada limpasan permukaan, yang hampir dua kali lipat, dari 158,04 mm (9,39%) menjadi 304,48 mm (15,70%), mengindikasikan peningkatan risiko aliran permukaan,

banjir lokal, atau perubahan tata guna lahan yang mengurangi infiltrasi dan meningkatkan run-off.

2.7.5 Erosi dan Sedimentasi

Berdasarkan tutupan lahan :

Analisis erosi dan sedimentasi pada suatu DAS sangat dipengaruhi oleh kondisi tutupan lahan. Tutupan lahan menentukan seberapa besar permukaan tanah terlindungi dari energi kinetik hujan, serta memengaruhi aliran permukaan dan transport sedimen ke sungai. Oleh karena itu, pengelompokan erosi dan sedimentasi berdasarkan tipe tutupan lahan memberikan gambaran jelas mengenai area yang rentan terhadap erosi dan kontribusi masing-masing tipe lahan terhadap *sediment yield* di DAS. Hasil estimasi erosi dan *sediment yield* berdasarkan tutupan lahan di DAS Limboto ditampilkan pada **Tabel 2.7** hingga **Tabel 2.8**.

Tabel 2. 7 Erosi berdasarkan tutupan lahan tahun 2000-2005

Tutupan Lahan	Erosi (ton/ha)						Rata-rata erosi (ton/ha/tahun)
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Pertanian lahan kering/campur	43.286,66	36.099,69	15.163,31	24.250,58	12.549,47	19.242,59	25.098,72
Hutan lahan kering	658,05	9,47	233,62	190,10	2,78	3,44	182,91
Perkebunan	411,24	386,31	212,31	120,53	86,77	171,27	231,41
Sawah	19.353,63	17.609,78	7.868,57	14.046,64	4.517,77	8.485,91	11.980,38
Belukar	5.022,83	4.087,27	2.111,63	4.716,02	635,48	1.309,95	2.980,53
Tubuh air	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Belukar rawa	1.899,98	1.033,53	395,56	716,69	170,75	293,13	751,61
Tanggul	7.413,13	5.424,11	2.830,10	4.007,27	1.500,16	2.565,50	3.956,71
Total	70.632,39	59.226,04	25.985,00	44.040,56	17.963,01	29.506,28	

Sumber: Hasil analisis SIG, 2025

Tabel 2. 8 Erosi berdasarkan tutupan lahan tahun 2006-2024

Tutupan Lahan	Erosi (ton/ha)																			Rata-rata erosi (ton/ha/tahun)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Pertanian lahan kering/campur	18.715,91	20.498,68	34.965,59	19.353,88	22.599,16	38.079,21	28.190,92	24.382,36	12.597,38	10.500,56	36.533,87	60.223,35	47.600,00	19.770,96	64.374,91	94.601,28	71.593,04	43.888,28	46.243,93	37.616,49
Hutan tanaman	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	20,35	21,91	2,73	9,17	19,35	1,68	54,22	2,47	6,96
Hutan lahan kering	0,46	0,66	203,48	65,05	4,53	239,77	32,02	0,00	0,00	0,15	30,86	692,34	1.286,91	8,75	1.049,01	522,28	114,84	1.946,60	124,39	332,74
Tanah terbuka	2,95	11,05	97,84	26,82	16,21	159,19	18,25	7,31	1,85	7,91	66,56	215,43	355,59	3,77	355,57	205,43	143,98	469,38	78,31	118,07
Perkebunan	146,01	129,78	355,48	106,44	218,75	391,71	176,02	184,82	113,77	105,28	594,97	458,06	339,00	68,11	747,28	366,69	430,24	888,11	223,00	318,08
Sawah	7.436,23	11.471,53	17.560,58	11.061,28	11.164,27	19.708,21	13.941,35	11.264,97	7.874,39	5.780,66	16.181,88	30.480,52	22.413,86	5.458,07	27.337,69	35.835,51	34.189,69	18.387,06	13.940,11	16.920,41
Belukar	250,51	861,52	1.782,52	1.518,25	1.525,34	2.047,81	1.396,38	798,50	612,76	226,00	2.933,86	4.021,05	5.704,90	227,47	10.170,50	5.364,50	4.996,15	5.979,40	3.495,70	2.837,53
Tubuh air	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Belukar rawa	877,87	1.327,21	1.577,44	1.389,00	1.171,99	2.202,19	1.189,85	1.240,85	1.100,60	563,89	1.692,38	3.722,88	2.807,48	406,31	2.366,12	2.249,84	2.931,58	3.165,19	1.406,96	1.757,35
Tanggul	8.926,83	9.478,67	12.951,12	10.093,02	10.065,42	15.018,17	8.875,21	8.626,42	9.486,31	5.960,65	16.922,36	18.054,99	16.854,54	5.289,35	22.643,18	15.307,67	16.392,72	21.543,83	10.778,60	12.803,64
Total	27.429,94	34.300,42	56.542,93	33.520,73	36.700,25	62.828,08	44.944,78	37.878,82	22.300,75	17.184,46	58.034,73	99.833,97	80.529,64	25.946,16	106.410,25	139.164,89	114.401,19	74.778,23	65.514,86	

Sumber: Hasil analisis SIG, 2025

Tabel 2. 9 Sediment yield berdasarkan tutupan lahan tahun 2000-2005

Tutupan Lahan	Sediment yield (ton/ha)						Rata-rata sediment yield (ton/ha/tahun)
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Pertanian lahan kering/campur	18.372,09	16.736,12	8.553,19	9.546,54	5.327,66	8.020,03	11.092,61
Tanggul	2.176,19	1.963,40	1.092,35	1.212,00	539,71	1.052,72	1.339,39
Hutan lahan kering	18,36	3,94	3,86	5,87	0,71	1,54	5,71
Perkebunan	105,47	118,70	91,42	21,90	18,34	40,50	66,05
Sawah	8.029,75	8.640,78	4.530,73	5.245,61	1.824,49	3.680,90	5.325,38
Belukar	677,35	747,00	414,19	616,31	132,50	275,91	477,21
Tubuh air	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Belukar rawa	499,70	343,33	193,05	176,38	51,49	97,81	226,96
Total	29.878,91	28.553,26	14.878,79	16.824,62	7.894,90	13.169,40	

Sumber: Hasil analisis SIG, 2025

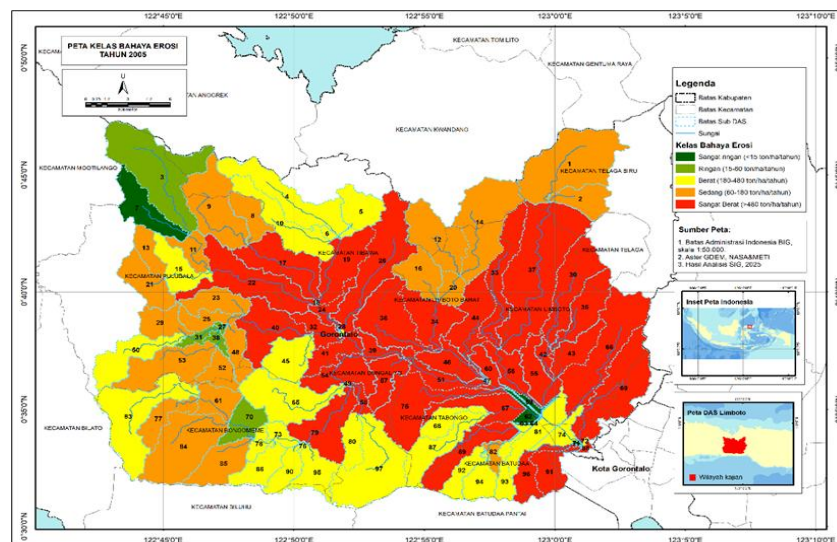
Tabel 2. 10 Sediment yield berdasarkan tutupan lahan tahun 2006-2024

Tutupan Lahan	Sediment yield (ton/ha)																			Rata-rata sediment yield (ton/ha/tahun)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Pertanian lahan kering/campur	7.125,51	9.392,66	15.926,71	8.979,65	10.270,21	17.693,69	11.806,34	10.667,47	5.550,21	4.908,06	16.345,45	27.930,49	22.082,36	9.280,02	27.972,31	34.599,14	28.865,97	21.663,45	19.916,85	16.367,19
Hutan tanaman	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,11	0,14	0,77	0,03	0,11	0,02	0,07
Hutan lahan kering	0,00	0,00	0,17	1,51	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	1,39	6,23	45,44	0,34	20,17	7,97	2,29	48,88	2,88	7,23
Tanah terbuka	1,39	1,91	4,46	3,19	2,16	4,88	1,48	1,26	1,30	0,52	3,68	9,78	20,61	0,57	15,37	7,68	4,74	20,31	3,95	5,75
Perkebunan	32,14	26,92	78,46	19,21	53,89	171,66	44,32	45,73	24,20	42,01	172,51	195,70	101,59	13,84	221,69	110,46	110,96	397,57	66,66	101,55
Sawah	2.648,66	6.227,27	9.278,31	5.646,47	5.999,38	9.892,02	6.447,78	6.146,84	4.072,66	2.398,77	8.531,56	15.751,21	11.294,46	2.481,29	12.857,84	15.736,68	14.041,65	9.645,34	6.840,65	8.207,31
Belukar	36,34	270,34	384,48	324,53	346,92	351,95	289,11	217,91	181,82	46,10	594,54	630,33	661,05	30,59	918,95	533,07	621,92	611,85	373,23	390,79
Tubuh air	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Belukar rawa	165,48	535,89	774,72	614,86	524,89	863,91	377,37	442,03	440,53	144,07	766,39	1.427,55	1.148,08	102,23	835,43	770,89	985,07	1.268,70	565,37	671,23
Tanggul	3.841,34	4.694,10	6.235,00	4.847,07	5.313,96	7.257,64	4.156,68	4.192,38	4.833,15	2.782,64	7.093,10	7.703,18	6.977,96	2.400,47	8.260,64	6.429,33	6.284,07	8.848,54	4.874,36	5.632,93
Total	13.850,85	21.149,11	32.682,30	20.436,48	22.511,41	36.235,76	23.123,13	21.713,61	15.103,86	10.322,16	33.508,62	53.654,46	42.331,65	14.309,47	51.102,54	58.195,98	50.916,71	42.504,74	32.643,96	

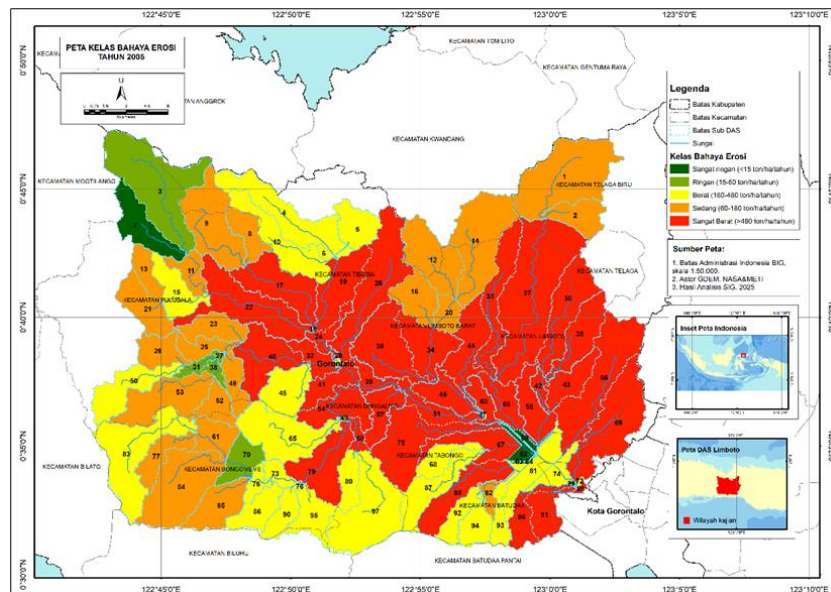
Sumber: Hasil analisis SIG, 2025

Berdasarkan Tabel 2.7 dan Tabel 2.8, erosi di DAS Limboto menunjukkan fluktuasi yang signifikan dari tahun ke tahun, serta sangat dipengaruhi oleh tutupan lahan. Pada periode 2000–2005, lahan pertanian kering/campur memberikan kontribusi erosi terbesar, dengan rata-rata 25,10 ton/ha/tahun, disusul sawah (11,98 ton/ha/tahun), sementara hutan dan belukar memiliki kontribusi relatif rendah. Perbedaan erosi antar tutupan lahan ini menunjukkan bahwa area dengan vegetasi rapat atau tutupan permanen mampu menahan erosi lebih efektif dibandingkan lahan terbuka atau lahan pertanian yang intensif dikerjakan.

Pada periode 2006–2024, tren erosi mengalami peningkatan yang cukup besar pada beberapa tahun, terutama pada lahan pertanian kering/campur dan tanggul, dengan puncak erosi terlihat pada tahun-tahun tertentu seperti 2016–2021. Lahan pertanian kering/campur tetap menjadi penyumbang utama erosi, rata-rata 37,62 ton/ha/tahun, sedangkan sawah dan perkebunan juga menunjukkan peningkatan kontribusi erosi dibandingkan periode sebelumnya. Sementara itu, hutan tanaman dan hutan lahan kering tetap memberikan kontribusi rendah, yang menegaskan pentingnya vegetasi penutup tanah dalam menekan erosi. Fluktuasi erosi tahunan ini kemungkinan dipengaruhi oleh perubahan intensitas curah hujan, praktik pengelolaan lahan, serta perubahan penggunaan lahan di DAS Limboto, sehingga area dengan lahan terbuka atau pertanian masih menjadi fokus utama dalam upaya konservasi tanah dan mitigasi sedimentasi. Secara spasial kelas bahaya erosi berdasarkan sub-DAS pada **Gambar 2.7** dan **Gambar 2.8**.



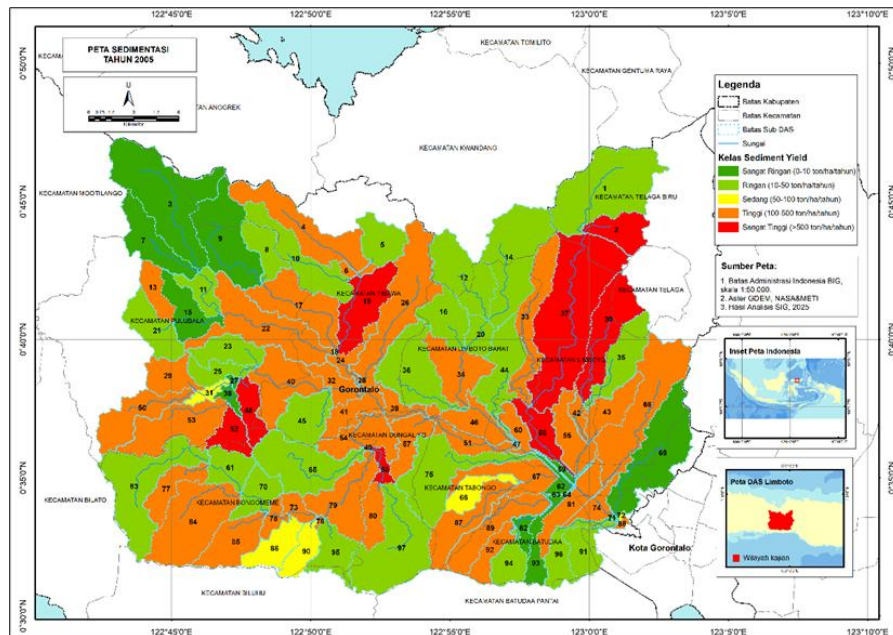
Gambar 2. 7 Kelas Bahaya Erosi Tahun 2005



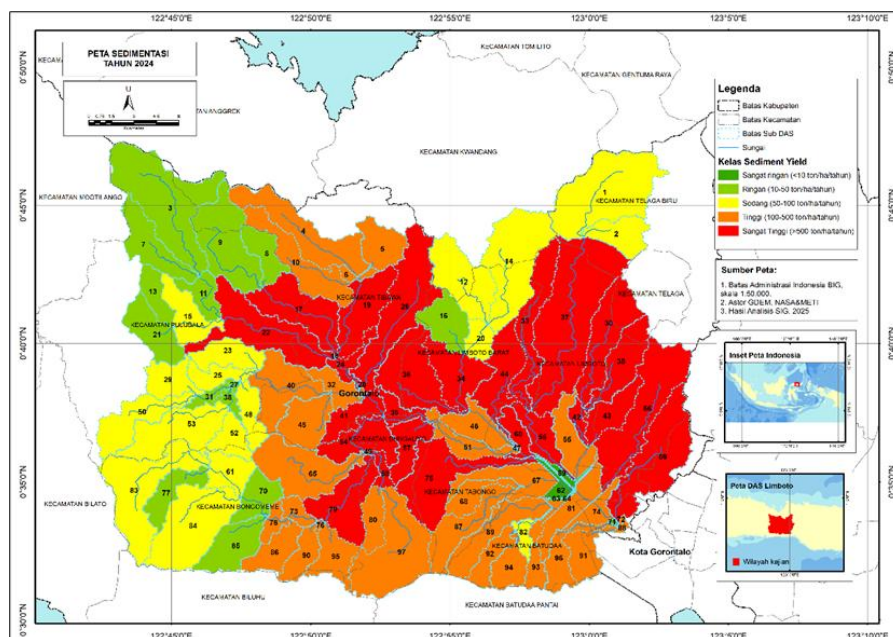
Gambar 2. 8 Kelas Bahaya Erosi Tahun 2024

Lahan pertanian kering/campur secara konsisten menjadi penyumbang utama erosi dari tahun ke tahun, diikuti sawah dan tanggul, sementara hutan dan belukar memberikan kontribusi relatif kecil. Pola ini sejalan dengan data sediment yield (Tabel 2.9 dan 2.10), di mana lahan pertanian kering/campur juga menyumbang sebagian besar sedimen yang terbawa ke sungai, dengan rata-rata 11,09 ton/ha/tahun pada 2000–2005 dan 16,37 ton/ha/tahun pada 2006–2024. Sediment yield pada dasarnya merupakan hasil transportasi material erosi dari permukaan tanah ke badan sungai, sehingga kenaikan atau penurunan erosi di suatu tutupan lahan akan tercermin pada sediment yield.

Perbandingan kedua periode menunjukkan tren yang serupa: meskipun erosi total meningkat pada beberapa tahun di periode 2006–2024, kontribusi sedimen dari lahan dengan vegetasi rapat, seperti hutan dan belukar, tetap rendah karena vegetasi tersebut menahan tanah dan mengurangi run-off. Sebaliknya, lahan terbuka dan lahan pertanian intensif menunjukkan fluktuasi erosi yang tinggi dan diikuti oleh fluktuasi sediment yield yang sebanding. Hal ini menegaskan bahwa kontrol vegetasi dan pengelolaan lahan sangat penting untuk menurunkan sedimentasi sungai, sekaligus menegaskan keterkaitan langsung antara erosi di daratan dengan sediment yield di sistem sungai DAS Limboto. Secara spasial kelas sedimentasi berdasarkan sub-DAS pada **Gambar 2.9 dan Gambar 2.10**.



Gambar 2. 9 Kelas Sedimentasi Tahun 2005



Gambar 2. 10 Kelas Sedimentasi Tahun 2024

2.8 Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh perubahan penggunaan lahan sejak tahun 2000 s.d 2024 terhadap dinamika hidrologi DAS Limboto, dapat disimpulkan. Analisis spasial menunjukkan bahwa alih fungsi lahan di DAS Limboto, terutama konversi hutan dan lahan pertanian menjadi permukiman, berdampak signifikan terhadap dinamika hidrologi. Perubahan ini meningkatkan debit puncak, mempercepat respon aliran sungai

terhadap curah hujan, dan meningkatkan risiko banjir, sejalan dengan temuan penelitian terdahulu. Hasil ini menegaskan pentingnya pemantauan perubahan penggunaan lahan sebagai dasar perencanaan pengelolaan DAS yang berkelanjutan

2.9 Daftar Pustaka

559761316-Karakteristik-DAS-dan-Pengelolaannya. (n.d.).

Naitkakin, E., Rachman, L. M., & Hidayat, Y. (2021). Kajian Kondisi Biofisik Lahan Daerah Aliran Sungai Di Subdas Ciujung Hulu, Provinsi Banten. *Jurnal Hutan Tropis*, 9(1), 119. <https://doi.org/10.20527/jht.v9i1.10486>
Rian 2012 Daerah Aliran Sungai. (n.d.).

Sudaryono. (2002). Pengelolaan daerah aliran sungai (das) terpadu, konsep pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(2), 153–158.

Umar, R. H. (2012). Model Terpadu Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto. *Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan*, 1(3), 11–26.

Undang-Undang Republik Indonesia No 17 tahun 2019. (2019). Undang-undang (UU) Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air. *Jdih Bpk Ri Database Peraturan*, 011594, 50. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>

Dile, Y. T., et al. (2016). QSWAT: A QGIS Interface for SWAT. *Journal of Environmental Modelling & Software*. (Referensi khusus untuk penggunaan QSWAT di QGIS).

Gassman, P. W., et al. (2007). *The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions*. (Dasar teori pengembangan model).

BAB III
TUJUAN PENELITIAN II
ANALISIS KEADILAN EKOLOGIS DAN MITIGASI BANJIR PADA DAERAH
ALIRAN SUNGAI (DAS) DI PROVINSI GORONTALO

Abstrak

Banjir merupakan salah satu bencana ekologis yang paling sering terjadi di Provinsi Gorontalo, dengan dampak signifikan terhadap lingkungan, sosial, dan ekonomi masyarakat yang tinggal di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS). Tingginya intensitas banjir tidak hanya disebabkan oleh faktor ekologis seperti degradasi lahan, perubahan tata guna lahan, dan penurunan kualitas air, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor sosial berupa tata kelola, kebijakan, serta tingkat partisipasi masyarakat. Kondisi ini memunculkan persoalan keadilan ekologis, di mana kelompok masyarakat tertentu lebih rentan terdampak banjir dibandingkan dengan pihak-pihak lain yang justru memperoleh keuntungan dari pemanfaatan sumber daya DAS. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keadilan dan ketidakadilan ekologis dalam pengelolaan DAS serta menyusun model mitigasi banjir berbasis keadilan ekologis di Provinsi Gorontalo. Data yang digunakan mencakup data primer melalui observasi lapangan, wawancara mendalam, survei kuesioner, serta observasi partisipatif, sedangkan data sekunder diperoleh dari data ekologis (kualitas dan kuantitas air, vegetasi, keanekaragaman hayati, geologi dan geomorfologi, serta catatan bencana) dan data sosial (demografi, ekonomi, kesehatan, kebijakan, tata kelola, persepsi masyarakat, serta data sejarah dan budaya). Analisis dilakukan dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif menggunakan tabulasi data, penginderaan jauh, Sistem Informasi Geografis (SIG), studi dokumen, serta Social Network Analysis (SNA) untuk memetakan relasi antaraktor dalam tata kelola DAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa banjir di DAS Gorontalo dipengaruhi oleh kerusakan ekosistem hulu dan rendahnya pengawasan tata guna lahan, sementara dari sisi sosial ditemukan adanya ketidakadilan ekologis berupa beban kerugian yang lebih besar ditanggung masyarakat berpenghasilan rendah yang bermukim di kawasan rawan banjir. Di sisi lain, kebijakan dan regulasi yang ada belum sepenuhnya mengakomodasi prinsip keadilan ekologis, karena partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan masih terbatas. Rekomendasi penelitian ini adalah pentingnya perumusan kebijakan mitigasi banjir berbasis keadilan ekologis melalui penguatan tata kelola DAS secara kolaboratif, peningkatan partisipasi masyarakat dalam perencanaan mitigasi, pemanfaatan teknologi SIG dan penginderaan jauh untuk pemetaan risiko banjir, serta pengarusutamaan keadilan ekologis dalam regulasi pengelolaan sumber daya alam di Provinsi Gorontalo. Dengan demikian, diharapkan dapat tercipta strategi mitigasi yang tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga adil secara sosial-ekologis.

Kata kunci: banjir, keadilan ekologis, mitigasi, Daerah Aliran Sungai (DAS), Gorontalo

3.1 Latar Belakang

Salah satu isu global yang berkembang saat ini adalah masalah krisis ekologi (lingkungan) ketertarikan dunia internasional terhadap masalah ini muncul akibat kenyamanan manusia di muka bumi ini mulai terganggu akibat adanya kerusakan

lingkungan. Kita tidak bisa lagi memisahkan kepedulian nasib akhir kita sendiri dari nasib akhir seluruh alam semesta.

Akhir-akhir ini akibat kita tidak memperdulikan ekologi, maka yang terjadi adalah kemarahan kosmos dalam bentuk semakin besarnya “lubang ozon”, semakin meluasnya pemanasan global, meningkatnya laju deforestasi dan isu hayati. Di negara kita banjir, gunung meletus, tsunami dan sebagainya menghantam kehidupan kita, seolah-olah kita hidup dengan bencana (Asiva Noor Rachmayani, 2015). Hal ini mengindikasikan adanya ketidakadilan ekologis yang menyebabkan sering terjadinya bencana ekologis (banjir dan longsor).

Ketidakadilan ekologi adalah suatu kondisi di mana distribusi manfaat dan beban lingkungan tidak merata di antara kelompok sosial, ekonomi, atau geografis yang berbeda. Ini berarti bahwa beberapa kelompok masyarakat lebih rentan terhadap dampak negatif lingkungan, seperti polusi, degradasi lingkungan, dan bencana alam, sementara kelompok lain menikmati manfaat yang lebih besar dari eksploitasi sumber daya alam.

Ketidak-adilan ekologis muncul dari akibat beberapa faktor. 1) Sistem ekonomi kapitalis yang berorientasi pada pertumbuhan tanpa batas seringkali mengabaikan aspek lingkungan dan sosial. Prioritas pada keuntungan ekonomi jangka pendek dapat menyebabkan eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan dan kerusakan lingkungan. 2) Politik, kebijakan pemerintah yang tidak berpihak pada lingkungan atau yang lebih mengutamakan kepentingan kelompok, korupsi, lemahnya penegakan hukum, dan kurangnya partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan. 3) Sosial budaya, nilai-nilai dan norma sosial yang menempatkan manusia sebagai penguasa alam tanpa batas memicu perilaku konsumtif dan merusak lingkungan. Selain itu, diskriminasi terhadap kelompok marginal seperti masyarakat adat seringkali membuat mereka menjadi korban ketidakadilan ekologi.

Beberapa bentuk ketidak-adilan ekologi yang sering terjadi. 1) Perampasan tanah dan sumber daya: Masyarakat adat dan kelompok marginal seringkali kehilangan tanah dan akses ke sumber daya alam akibat pembangunan proyek-proyek besar, seperti pertambangan, perkebunan, dan pembangunan infrastruktur. 2) Polusi: Kelompok masyarakat miskin dan marginal cenderung tinggal di daerah yang tercemar oleh limbah industri atau pertanian, sehingga mereka lebih rentan terhadap penyakit dan masalah kesehatan lainnya. 3) Bencana alam: Masyarakat miskin dan yang tinggal di daerah rawan bencana alam lebih sulit untuk pulih dari dampak bencana karena kurangnya akses terhadap sumber daya dan informasi.

Dalam konteks DAS ketidak-adilan ekologi merujuk pada distribusi yang tidak merata atas manfaat dan beban lingkungan, serta akses yang tidak setara terhadap

sumber daya alam. Ini seringkali terjadi akibat kebijakan yang tidak adil, praktik pengelolaan yang buruk, dan ketidaksetaraan sosial-ekonomi.

3.1.1 Ketidakadilan ekologi di hulu DAS

3.1.1.1 Degradasi Hutan dan Lahan:

- 1) Deforestasi, yaitu penebangan hutan secara besar-besaran untuk kepentingan pertanian, perkebunan, atau pertambangan
- 2) Konversi Lahan, perubahan penggunaan lahan dari hutan menjadi peruntukan lain yang kurang ramah lingkungan.
- 3) Erosi, tingkat erosi tanah yang tinggi akibat penggundulan hutan dan pertanian yang tidak ramah lingkungan.

3.1.1.2 Pencemaran Sumber Air:

- 1) Limbah Pertanian, Penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang berlebihan mencemari sungai dan tanah.
- 2) Limbah Pertambangan, Limbah tambang yang mengandung zat berbahaya mencemari air tanah dan sungai.
- 3) Sampah Domestik. Pembuangan sampah sembarangan mencemari lingkungan dan sumber air.

3.1.1.3 Penggunaan Air yang Tidak Berkelanjutan:

- 1) Eksploitasi Air Berlebihan: Pengambilan air tanah secara berlebihan untuk keperluan pertanian dan industri.
- 2) Konflik Penggunaan Air: Persaingan dalam penggunaan air antara sektor pertanian, industri, dan domestik.
- 3) Konflik sosial: Persaingan atas sumber daya alam yang terbatas dapat memicu konflik sosial antara kelompok masyarakat yang berbeda

3.1.1.4 Kerusakan Ekosistem:

- 1) Hilangnya Keanekaragaman Hayati: Penurunan jumlah spesies tumbuhan dan hewan akibat kerusakan habitat.
- 2) Fragmentasi Habitat: Pemisahan habitat alami menjadi bagian-bagian kecil yang terisolasi.

3.1.1.5 Ketidaksetaraan dalam Pengambilan Keputusan:

- 1) Kurangnya Partisipasi Masyarakat: Masyarakat lokal, terutama kelompok marginal, seringkali tidak dilibatkan dalam pengambilan

keputusan terkait pengelolaan DAS.

- 2) Dominasi Kepentingan Ekonomi: Kepentingan ekonomi jangka pendek seringkali mengalahkan kepentingan lingkungan jangka panjang.

3.1.2 Konsep Keadilan Ekologis

Krisis ekologi merupakan kondisi manusia rasional dan modern yang mengabaikan keseimbangan hidup ekosistem, sehingga kondisi tersebut menciptakan kerusakan lingkungan dan bencana alam, seperti banjir, tanah longsor, hutan gundul, pencemaran udara, dan masih banyak lagi (Raditya & Noh, 2022). Konsep keadilan ekologis pada dasarnya lebih mengarah kepada pemberian hak kepada semua entitas di ekosistem untuk dapat hidup dengan baik. Dapat dikatakan keadilan ekologis ini sebagai konsep baru dalam wacana konseptual tentang keadilan (Hukum et al., n.d.).

Pemahaman bahwa ketidaksetaraan ekonomi, sosial, dan politik yang berkaitan erat dengan kerusakan lingkungan merupakan pemantik munculnya konsep keadilan ekologis. Masyarakat dan kelompok-kelompok yang paling rentan sering kali juga yang paling terpuak oleh perubahan iklim dan degradasi lingkungan. Oleh karena itu, keadilan ekologis menekankan perlunya distribusi manfaat dan beban yang adil dalam kebijakan dan praktik lingkungan.

Konsep keadilan ekologis muncul sebagai respons terhadap perhatian global terhadap isu-isu lingkungan dan dampaknya terhadap masyarakat, khususnya dalam konteks pembangunan yang merusak lingkungan dan merugikan kelompok masyarakat tertentu.

Pada tahun 1980-an, para aktivis lingkungan mulai memperjuangkan gagasan bahwa keadilan sosial dan keberlanjutan lingkungan adalah dua aspek yang tak terpisahkan. Inisiatif ini berkembang bersamaan dengan peningkatan kesadaran akan dampak perubahan iklim, kehilangan keanekaragaman hayati, dan ketidaksetaraan dalam pemanfaatan sumber daya alam.

Pada dasarnya, keadilan ekologis berangkat dari pendekatan hubungan manusia dengan entitas lain di bumi dilihat sebagai hubungan komplementer, artinya bahwa manusia dalam keadilan ekologis bukanlah satu-satunya yang harus diperhatikan kesejahteraannya dengan baik namun makhluk hidup lain juga harus diperhatikan dengan sama dan setara. Hal ini merupakan wujud dari perubahan pandangan dari Antroposentrisme menuju Ekosentrisme (Hukum et al., n.d.).

3.1.3 Perspektif Keadilan Ekologis

Pandangan antroposentrisme memandang manusia sebagai pusat atau titik fokus semua sistem di alam semesta, bahwa hanya manusia yang dianggap memiliki nilai

sehingga manusia tidak peduli langsung pada non-manusia, meskipun mereka mungkin peduli kepentingan mereka sendiri misalnya dalam hal kesejahteraan atau pemenuhan hak (Hukum et al., n.d.)

Berbeda dengan hal itu, ekosentrisme memberikan pandangan bahwa terdapat hubungan mutualisme pada setiap komponen kehidupan di alam sebagai penyusun ekosistem. Dalam ekosentrisme terdapat pembaharuan posisi manusia dimana awalnya adalah pusat alam semesta menjadi bagian kecil dari alam semesta.

Berdasarkan penjelasan di atas, keadilan ekologis dapat dilihat dari dua perspektif, yaitu:

- Perspektif antroposentrisme: Perspektif ini memandang manusia sebagai pusat alam semesta dan hanya manusia yang memiliki hak untuk mendapatkan keadilan.
- Perspektif ekosentrisme: Perspektif ini memandang bahwa semua entitas di ekosistem, termasuk manusia, memiliki hak untuk mendapatkan keadilan.

3.1.4 Prinsip-Prinsip Keadilan Ekologis

Ada beberapa prinsip yang mendasari keadilan ekologis, antara lain:

- Prinsip kesetaraan: Semua entitas di ekosistem, termasuk manusia, memiliki hak yang sama untuk hidup dan berkembang secara berkelanjutan.
- Prinsip non-diskriminasi: Tidak ada diskriminasi dalam distribusi manfaat dan beban lingkungan.
- Prinsip keberlanjutan: Semua kegiatan manusia harus dilakukan dengan memperhatikan keberlanjutan lingkungan.

3.1.5 Penerapan Keadilan Ekologis

Keadilan ekologis dapat diterapkan dalam berbagai bidang, antara lain:

- Pengelolaan sumber daya alam: Keadilan ekologis menuntut agar pengelolaan sumber daya alam dilakukan secara berkelanjutan dan adil, sehingga tidak hanya menguntungkan kelompok tertentu.
- Pembangunan berkelanjutan: Keadilan ekologis menuntut agar pembangunan dilakukan dengan memperhatikan aspek lingkungan, sehingga tidak menimbulkan kerusakan lingkungan.
- Perlindungan lingkungan: Keadilan ekologis menuntut agar lingkungan dilindungi dari berbagai bentuk kerusakan, sehingga dapat menjamin kehidupan yang berkelanjutan bagi semua entitas di ekosistem.

3.1.6 Etika lingkungan hidup yang menuntun manusia untuk berinteraksi dalam alam semesta.

Prinsip moral yang dapat dijadikan sebagai pegangan atau tuntunan bagi perilaku manusia dalam memperlakukan alam (Sonny, 2017).

1. Hormat terhadap alam (*respect for nature*). Manusia harus menghormati alam karena manusia merupakan bagian dari alam dan alam mempunyai nilai bagi dirinya sendiri. Terhadap benda mati, manusia pun harus menghormatinya karena semua benda yang berada di alam semesta ini mempunyai hak yang sama untuk berada, hidup dan berkembang.
2. Tanggung jawab terhadap alam (*moral responsibility for nature*). Tuhan menciptakan semua benda yang berada di alam semesta ini dengan tujuannya masing-masing, terlepas dari apakah tujuan itu untuk kepentingan manusia atau tidak. Sebagai khalifah dan bagian dari alam semesta, manusia bertanggungjawab untuk menjaganya.
3. Solidaritas kosmis (*cosmic solidarity*). Dengan adanya pandangan bahwa manusia merupakan bagian dari alam dan kedudukannya sederajat dengan semua makhluk yang ada di alam ini, manusia hendaknya memiliki perasaan solider dan sepenanggungan dengan sesama makhluk lainnya. Manusia harus merasa sedih dan sakit ketika menyaksikan kondisi alam yang rusak dan mendapatkan makhluk hidup yang (terancam) punah.
4. Kasih sayang dan kepedulian terhadap alam (*caring for nature*). Prinsip kasih sayang dan kepedulian merupakan prinsip moral satu arah, tanpa mengharapkan balasan. Sebagai sesama anggota komunitas ekologis yang setara, manusia dituntut untuk mencintai, menyayangi dan peduli kepada alam beserta seluruh isinya tanpa diskriminasi dan dominasi. Sebagai sesama anggota komunitas ekologis, semua makhluk hidup mempunyai hak untuk dilindungi, dipelihara, tidak disakiti, dan dirawat.
5. Tidak menyakiti/membahayakan alam (*no harm*). Dengan munculnya sikap solider dan peduli terhadap alam, manusia dituntut untuk tidak melakukan tindakan-tindakan yang merugikan atau mengancam keberadaan makhluk hidup lain di alam semesta ini sebagaimana manusia tidak dibenarkan secara moral untuk melakukan tindakan yang merugikan sesama manusia.
6. Hidup sederhana dan selaras dengan alam. Krisis lingkungan hidup yang terjadi saat ini karena adanya pola dan gaya hidup manusia yang konsumtif, tamak, rakus, dan memandang alam sebagai obyek eksploitasi dan pemuas kepentingan hidup manusia. Sebagai bagian dari alam, manusia hendaknya

memanfaatkan alam secara secukupnya. Oleh karena itu, prinsip hidup sederhana menjadi prinsip fundamental untuk menjaga keseimbangan ekologis.

7. Keadilan. Semua kelompok dan anggota masyarakat memiliki akses yang sama dalam merencanakan, mengelola, dan memanfaatkan sumberdaya alam. Pada akhirnya, semua kelompok dan anggota masyarakat juga harus secara proporsional menanggung beban rusaknya alam semesta akibat adanya pemanfaatan sumberdaya alam oleh manusia.
8. Demokrasi. Demokrasi menjamin hak setiap orang dan kelompok masyarakat untuk memperjuangkan kepentingan, berpartisipasi dalam menentukan kebijakan dan mempunyai hak untuk mendapatkan informasi yang akurat di bidang lingkungan.
9. Integritas moral. Prinsip ini terutama dimaksudkan untuk pejabat publik. Prinsip ini menuntut pejabat publik untuk tidak menyalahgunakan kekuasaannya demi kepentingan pribadi dan kelompok agar tidak merugikan masyarakat dan lingkungan hidup.

3.2 Metode Tujuan II

Penelitian bertempat di Bagian Hulu Daerah Aliran Sungai (Studikasuk DAS Limboto), dimana untuk mengetahui deksripsi yang menyeluruh mengenai kejadian-kejadian yang berada dilapangan dilakukan pendekatan yang digunakan yaitu pendekatan kualitatif dan metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode survey dengan teknik observasi, wawancara yang mendalam, dan juga menggunakan metode *literature*. Metode ini pun dilakukan untuk melihat dan memahami permasalahan yang ada disekitar daerah tersebut.

3.3 Alat Bantu Penelitian

1) Observasi (Pengamatan)

Observasi sebagai teknik pengumpulan data mempunyai ciri yang spesifik bila dibandingkan dengan teknik yang lain, yaitu wawancara dan kuesioner. Kalau wawancara dan kuesioner selalu berkomunikasi dengan orang, maka observasi tidak terbatas pada orang, tetapi juga obyek-obyek alam yang lain (Sugiyono, 2013). Observasi dan atau pengamatan langsung dilapangan, peneliti akan terlibat dengan kegiatan sehari-hari yang diamati, sambil melakukan pengamatan peneliti ikut melakukan apa yang dikerjakan oleh sumber data. Dengan observasi partisipant ini, maka data data yang diperoleh akan lebih lengkap, tajam, dan sampai mengetahui pada tingkat makna dari setiap perilaku yang nampak.

2) Kuesioner (Kuesioner/Angket)

Kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya. Kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang efisien bila peneliti tahu dengan pasti variabel yang akan diukur dan tahu apa yang bisa diharapkan dari responden. Selain itu, kuesioner juga cocok digunakan bila jumlah responden cukup besar dan tersebar di wilayah yang luas. Kuesioner dapat berupa pertanyaan-pernyataan tertutup atau terbuka, dapat diberikan kepada responden secara langsung atau dikirim melalui pos, atau internet. (Sugiyono, 2013).

Kuesioner akan diberikan langsung kepada responden antara lain masyarakat adat, petani, nelayan, dan kelompok masyarakat lainnya yang bergantung pada sumber daya alam di DAS.

3) Interview (Wawancara)

Wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data apabila peneliti ingin melakukan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti, dan juga apabila peneliti ingin mengetahui hal-hal dari responden yang lebih mendalam dan jumlah respondennya sedikit/kecil (Sugiyono, 2013).

Interview wawancara mendalam dilakukan peneliti kepada Stakholder pemangku kepentingan yang memiliki kewenangan dalam pengelolaan DAS antara lain Pemerintah Pusat, Daerah, serta masyarakat petani, perusahaan yang beroperasi di DAS, NGO dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) yang focus pada isu lingkungan dan social.

3.4 Hasil dan Pembahasan

Dokumen ini menyajikan hasil analisis dan pembahasan penelitian bertajuk *Analisis Keadilan Ekologis dalam Mitigasi Banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto, Provinsi Gorontalo*. Penelitian ini berangkat dari realitas kerentanan ekologis yang semakin meningkat akibat perubahan tata guna lahan, degradasi hutan, serta tekanan sosial-ekonomi yang menempatkan kelompok masyarakat tertentu pada posisi paling rentan terhadap bencana banjir. Oleh karena itu, hasil penelitian disusun secara sistematis untuk menjawab tujuan utama, yaitu: (1) mengidentifikasi kondisi ekologis dan sosial di hulu DAS Limboto sebagai basis pemahaman atas dinamika lingkungan dan kehidupan masyarakat, (2) menganalisis berbagai bentuk ketidakadilan ekologis yang muncul akibat praktik pengelolaan sumber daya alam yang timpang dan kebijakan yang tidak berpihak, serta (3) merumuskan model mitigasi banjir berbasis keadilan ekologis yang tidak hanya menekankan aspek teknis dan struktural, tetapi juga mengintegrasikan

dimensi sosial, budaya, dan partisipatif. Dengan landasan tersebut, bagian berikutnya menyajikan hasil penelitian yang memperlihatkan kondisi nyata di lapangan, analisis ketidakadilan ekologis yang terjadi, serta diskusi mengenai strategi mitigasi yang relevan, sehingga dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai tantangan sekaligus peluang dalam mewujudkan pengelolaan DAS yang adil dan berkelanjutan.

Hasil penelitian ini menyajikan temuan-temuan utama mengenai kondisi ekologis dan sosial di hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto, yang menjadi fokus kajian dalam upaya memahami dinamika banjir dan isu ketidakadilan ekologis di wilayah tersebut. Data yang diperoleh melalui observasi lapangan, kuesioner, wawancara mendalam, serta studi dokumen memberikan gambaran komprehensif tentang perubahan tata guna lahan, kualitas dan kuantitas sumber daya air, kerusakan ekosistem, serta persepsi dan pengalaman masyarakat lokal terkait bencana banjir. Analisis ini tidak hanya memotret aspek fisik-ekologis, tetapi juga menyingkap dimensi sosial, ekonomi, dan budaya yang berkelindan dalam membentuk kerentanan serta ketidakadilan distribusi risiko. Dengan demikian, hasil penelitian menjadi landasan penting dalam memahami akar permasalahan sekaligus merumuskan strategi mitigasi berbasis keadilan ekologis.

3.4.1 Gambaran Umum Data dan Pendekatan Analitis

Penelitian ini memanfaatkan kombinasi data primer dan sekunder untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi ekologis dan sosial di Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto, khususnya pada bagian hulu yang menjadi sumber utama permasalahan banjir. Data primer dikumpulkan melalui observasi partisipatif, wawancara mendalam, kuesioner, dan pengukuran lapangan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti tidak hanya melihat kondisi objektif di lapangan, tetapi juga memahami dinamika sosial yang menyertai praktik pengelolaan sumber daya alam. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari lembaga pemerintah, citra satelit, rekaman hidrologis, serta dokumen kebijakan yang relevan, sehingga mampu memberikan kerangka historis dan kebijakan atas kondisi DAS.

Observasi partisipatif dilakukan dengan mengikuti aktivitas masyarakat setempat yang secara langsung berhubungan dengan pemanfaatan sumber daya DAS, seperti petani dan nelayan. Melalui cara ini diperoleh informasi detail mengenai praktik penggunaan lahan, teknik pertanian, dan strategi adaptasi terhadap banjir. Wawancara mendalam dilakukan terhadap aktor kunci, seperti aparat pemerintah daerah, masyarakat adat, perusahaan yang beroperasi di sekitar DAS, serta organisasi masyarakat sipil yang fokus pada isu lingkungan. Pendekatan ini membantu menyingkap dimensi procedural justice, yakni sejauh mana kelompok-kelompok tersebut terlibat dalam proses pengambilan keputusan terkait pengelolaan DAS.

Survei kuesioner diberikan kepada masyarakat terdampak banjir dengan jumlah responden yang cukup representatif dari beberapa desa di hulu DAS Limboto. Pertanyaan mencakup pengalaman banjir, persepsi terhadap penyebab kerusakan lingkungan, partisipasi dalam pengelolaan DAS, serta dampak sosial-ekonomi yang ditimbulkan. Data ini kemudian ditabulasi dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menampilkan distribusi opini dan kondisi masyarakat.

Selain itu, dilakukan pengukuran lapangan pada beberapa indikator ekologis, antara lain kualitas air (parameter fisik, kimia, dan biologis), kuantitas air (debit musiman), kondisi vegetasi, serta tingkat erosi. Data ini sangat penting untuk menilai kondisi ekologis nyata, yang kemudian dikaitkan dengan data sekunder berupa catatan curah hujan, data debit sungai dari instansi hidrologi, serta peta historis tutupan lahan hasil penginderaan jauh. Analisis citra satelit dilakukan menggunakan perangkat Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mendeteksi perubahan penggunaan lahan selama beberapa dekade terakhir, sehingga terlihat pola degradasi hutan, perluasan lahan pertanian, dan perkembangan pemukiman.

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini bersifat campuran. Analisis ekologis dilakukan dengan memetakan perubahan penggunaan lahan, mengevaluasi kualitas dan kuantitas air, serta menilai keanekaragaman hayati yang terancam. Analisis sosial dilakukan melalui coding hasil wawancara, tabulasi kuesioner, serta kajian dokumen kebijakan. Sementara itu, Social Network Analysis (SNA) digunakan untuk memetakan relasi antaraktor dalam tata kelola DAS, misalnya bagaimana hubungan antara pemerintah, masyarakat lokal, LSM, dan pihak swasta dalam mengelola atau mengeksploitasi sumber daya.

Integrasi hasil analisis dilakukan dengan menempatkan temuan ekologis dan sosial dalam kerangka keadilan ekologis, yang meliputi tiga dimensi: distributive justice (pembagian manfaat dan beban lingkungan), procedural justice (akses dan keterlibatan dalam pengambilan keputusan), serta recognitional justice (pengakuan terhadap kelompok rentan dan kearifan lokal). Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menggambarkan kondisi fisik DAS, tetapi juga menyingkap ketimpangan sosial dan politik yang melatarbelakangi terjadinya bencana ekologis. Untuk memperjelas jenis data yang digunakan, Tabel 3.1 berikut menyajikan ringkasan sumber data primer dan sekunder:

Tabel 3. 1 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Jenis Data	Sub-Kategori	Metode/Instrumen	Sumber/Responden
Data Primer	Observasi partisipatif	Catatan lapangan, pengamatan langsung	Masyarakat hulu DAS (petani, nelayan)
	Wawancara mendalam	Panduan wawancara	Pemda, LSM, masyarakat adat, perusahaan
	Survei kuesioner	Kuesioner tertulis	Masyarakat terdampak banjir
	Pengukuran ekologis	Alat ukur kualitas air, debit, vegetasi	Titik sampling ekosistem DAS
Data Sekunder	Tutupan lahan	Analisis citra satelit dan SIG	Citra Landsat, Sentinel
	Hidrologi	Data curah hujan dan debit sungai	BMKG, Balai Sungai
	Bencana	Rekaman kejadian banjir	BPBD Provinsi Gorontalo
	Kebijakan	Studi dokumen/arsip	Peraturan daerah, laporan pengelolaan DAS

Selain klasifikasi data, penelitian ini juga menguraikan teknik analisis yang digunakan sesuai tujuan. Ringkasan teknik analisis ditunjukkan pada Tabel 3.2. Data pada Tabel 3.2 menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 25 tahun terjadi konversi lahan yang cukup signifikan pada DAS Limboto. Hutan primer yang semula mendominasi tutupan lahan pada tahun 2000 mengalami penurunan luas yang drastis, sementara areal pertanian lahan kering dan perkebunan mengalami peningkatan. Konversi hutan menjadi lahan produktif memperlihatkan adanya tekanan ekonomi dan kebutuhan mata pencaharian masyarakat yang bergantung pada lahan, namun kondisi ini sekaligus menimbulkan kerentanan ekologis. Penurunan hutan dan vegetasi alami berdampak pada berkurangnya kemampuan daerah tangkapan air dalam menyerap dan mengatur debit aliran sungai, sehingga meningkatkan potensi banjir. Dari perspektif keadilan ekologis, fenomena ini memperlihatkan adanya distribusi manfaat yang timpang, di mana keuntungan ekonomi lebih dinikmati kelompok tertentu, sedangkan risiko ekologis berupa banjir ditanggung oleh masyarakat luas, terutama kelompok rentan di daerah hilir.

Selain perubahan pada ekosistem hutan, data juga menunjukkan peningkatan pesat pada kategori lahan terbangun yang mencakup kawasan permukiman dan infrastruktur.

Urbanisasi yang tidak terkendali di wilayah sekitar Limboto menekan daya dukung lingkungan karena mengurangi area resapan air, mempercepat limpasan permukaan, dan memperburuk risiko genangan saat musim hujan. Dalam konteks sosial, pembangunan ini sering kali tidak memperhatikan aspirasi masyarakat adat atau kelompok lokal yang memiliki kearifan tradisional dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Hal ini menimbulkan bentuk **ketidakadilan prosedural**, di mana proses pengambilan keputusan terkait tata ruang cenderung top-down tanpa partisipasi yang bermakna dari komunitas terdampak. Dengan demikian, perubahan tutupan lahan sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.2 tidak hanya berimplikasi pada degradasi ekologis, tetapi juga memperkuat ketimpangan sosial-ekologis yang menghambat terwujudnya keadilan ekologis dalam mitigasi banjir di DAS Limboto.

Tabel 3. 2 Teknik Analisis Penelitian

Dimensi Analisis	Teknik Analisis	Tujuan
Ekologis	Analisis tutupan lahan (SIG)	Memetakan perubahan lahan & area rawan banjir
	Analisis kualitas air	Mengukur pencemaran dan degradasi ekosistem air
	Analisis debit musiman	Menilai pola hidrologi & potensi banjir
Sosial	Analisis kuesioner	Menggambarkan persepsi & dampak pada masyarakat
	Analisis wawancara (kualitatif)	Menggali narasi pengalaman dan konflik
Tata Kelola	Social Network Analysis (SNA)	Memetakan relasi aktor & distribusi kekuasaan
Integratif	Analisis keadilan ekologis (distributive, procedural, recognitional)	Menyusun kerangka pemahaman komprehensif

3.4.2 Temuan Kondisi Ekologis Hulu DAS Limboto

Hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekologis kawasan, terutama sebagai wilayah tangkapan air utama yang menentukan ketersediaan dan kualitas sumber daya air di hilir. Kondisi ekologis di bagian hulu secara langsung memengaruhi fungsi hidrologis, keanekaragaman hayati, serta kapasitas lingkungan dalam menyerap dan meredam tekanan dari aktivitas manusia. Oleh karena itu, analisis kondisi hulu DAS tidak hanya

relevan dari sisi biofisik, tetapi juga penting sebagai dasar dalam merumuskan kebijakan pengelolaan yang berkelanjutan. Temuan-temuan di wilayah hulu ini akan memberikan gambaran awal mengenai faktor-faktor utama penyebab degradasi lingkungan serta potensi risiko banjir yang semakin meningkat di wilayah hilir.

Dalam penelitian ini, temuan kondisi ekologis hulu DAS Limboto didasarkan pada kombinasi data primer hasil observasi lapangan dan data sekunder dari citra satelit, laporan pemerintah daerah, serta penelitian terdahulu. Fokus utama analisis mencakup aspek tutupan lahan, kualitas dan kuantitas air, kondisi vegetasi, serta tingkat erosi dan sedimentasi yang berlangsung. Data-data ini memberikan indikasi bahwa perubahan ekologis di hulu telah berlangsung cukup signifikan, terutama akibat alih fungsi lahan hutan menjadi area pertanian dan permukiman. Situasi ini menimbulkan implikasi serius, baik terhadap kemampuan DAS dalam menjaga siklus hidrologis, maupun terhadap keadilan ekologis karena beban kerusakan lingkungan tidak dirasakan merata oleh semua pihak. Dengan demikian, bagian ini akan menguraikan secara detail kondisi ekologis hulu DAS Limboto yang menjadi dasar analisis lebih lanjut dalam penelitian.

3.4.2.1 Perubahan Tutupan Lahan dan Degradasi Hulu

Hasil analisis citra satelit multi-era memperlihatkan adanya tren konversi lahan yang cukup signifikan di hulu DAS Limboto. Lahan hutan yang sebelumnya mendominasi kawasan hulu secara bertahap mengalami penyusutan, sementara lahan pertanian dan permukiman menunjukkan peningkatan luas yang konsisten dari tahun ke tahun. Fenomena ini tidak hanya berdampak pada hilangnya vegetasi alami, tetapi juga pada berkurangnya fungsi ekologis hutan sebagai penyangga utama siklus hidrologis. Kondisi tersebut diperparah oleh lemahnya pengawasan tata guna lahan dan tingginya tekanan kebutuhan lahan akibat pertumbuhan penduduk dan ekspansi ekonomi.

Observasi lapangan mendukung temuan ini dengan menunjukkan adanya aktivitas pembukaan lahan baru untuk pertanian skala kecil maupun perluasan kebun rakyat. Aktivitas tersebut sebagian besar dilakukan tanpa mempertimbangkan praktik konservasi tanah seperti terasering, penanaman penutup tanah, atau pembuatan jalur hijau penahan erosi. Akibatnya, lahan yang dibuka cenderung rentan terhadap degradasi, terutama pada lereng curam yang mudah tererosi. Kondisi ini berimplikasi langsung pada peningkatan aliran permukaan (runoff) dan membawa material sedimen ke badan sungai.

Dampak hidrologis dari perubahan tutupan lahan ini terlihat jelas pada meningkatnya koefisien limpasan yang menyebabkan percepatan aliran puncak banjir. Dengan berkurangnya area resapan air, curah hujan yang tinggi lebih cepat mengalir ke sungai tanpa sempat meresap ke dalam tanah. Hal ini tidak hanya meningkatkan frekuensi banjir di wilayah hilir, tetapi juga memperburuk intensitasnya. Sedimentasi yang terbawa aliran

mempercepat pendangkalan sungai dan mengurangi kapasitas tampungnya, sehingga banjir lebih mudah terjadi meski pada curah hujan sedang.

Selain berdampak pada aspek hidrologis, degradasi lahan di hulu juga menimbulkan fragmentasi habitat alami yang memengaruhi keanekaragaman hayati. Hilangnya hutan mengurangi ruang hidup bagi berbagai spesies flora dan fauna endemik yang sebelumnya berfungsi menjaga keseimbangan ekosistem. Fragmentasi habitat juga menciptakan isolasi populasi satwa yang pada akhirnya menurunkan resiliensi ekologis DAS. Kondisi ini memperlihatkan adanya ketidakadilan ekologis, karena degradasi lingkungan di hulu tidak hanya merugikan ekosistem lokal, tetapi juga memberi dampak signifikan pada masyarakat di hilir yang kerap menanggung risiko banjir dan kerugian ekonomi. Tabel 3.3. memperlihatkan perubahan tutupan lahan di hulu DAS Limboto (2000–2025).

Tabel 3. 3 Perubahan Tutupan Lahan di Hulu DAS Limboto (2000–2025)

Tahun	Hutan (Ha)	Pertanian Lahan Kering (Ha)	Perkebunan (Ha)	Permukiman/Lahan Terbangun (Ha)	Lainnya (Ha)
2000	18.500	6.200	3.100	1.200	2.000
2010	14.700	8.100	4.200	2.100	1.900
2020	11.300	10.500	5.100	3.000	1.600
2025	9.200	11.800	5.600	4.300	1.300

Sumber: Hasil analisis penulis berdasarkan citra satelit Landsat (2000, 2010, 2020) dan Sentinel-2 (2025), diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Tabel 3.3. memperlihatkan tren penurunan luas hutan di hulu DAS Limboto yang cukup signifikan, yaitu dari 18.500 Ha pada tahun 2000 menjadi hanya 9.200 Ha pada tahun 2025. Penurunan hampir 50% ini tidak hanya menggambarkan konversi lahan, tetapi juga mencerminkan lemahnya implementasi regulasi tata guna lahan di kawasan hulu. Konversi hutan menjadi pertanian dan permukiman memperlihatkan adanya ketegangan antara kebutuhan ekonomi masyarakat dengan fungsi ekologis kawasan lindung. Kondisi ini sejalan dengan temuan Nasrullah dkk. (2018) yang menunjukkan bahwa di Sulawesi bagian utara, penurunan hutan di hulu DAS meningkatkan kerentanan banjir di wilayah hilir.

Sebaliknya, lahan pertanian kering meningkat dari 6.200 Ha pada tahun 2000 menjadi 11.800 Ha pada tahun 2025. Peningkatan ini memperlihatkan bahwa ekspansi pertanian di hulu DAS terus berlangsung tanpa strategi konservasi yang memadai. Pola ini serupa dengan penelitian Kodoatie (2017), yang menjelaskan bahwa konversi hutan menjadi pertanian berimplikasi pada peningkatan koefisien limpasan dan berkurangnya daya

resap air. Hal ini mempercepat terbentuknya aliran permukaan saat hujan, sehingga debit sungai naik lebih cepat dan meningkatkan risiko banjir bandang.

Selain pertanian, lahan permukiman mengalami pertumbuhan lebih dari tiga kali lipat selama periode 25 tahun terakhir. Ekspansi permukiman ini didorong oleh pertumbuhan penduduk, urbanisasi, serta meningkatnya pembangunan infrastruktur di sekitar DAS Limboto. Tren serupa ditemukan oleh Nugraha dan Widodo (2019) dalam studi di DAS Citarum, Jawa Barat, yang menyebutkan bahwa peningkatan lahan terbangun berkontribusi langsung terhadap percepatan aliran permukaan dan menurunkan kapasitas tampung alami DAS. Dengan demikian, pola alih fungsi lahan di Limboto memperlihatkan konsistensi dengan fenomena degradasi DAS di wilayah lain di Indonesia.

Implikasi dari perubahan tutupan lahan ini terlihat pada meningkatnya risiko hidrometeorologis, termasuk banjir dan sedimentasi. Hilangnya hutan yang berfungsi sebagai daerah resapan dan penahan erosi mengakibatkan tingginya volume sedimen yang masuk ke badan air, mempercepat pendangkalan sungai, dan menurunkan kapasitas hidrologis. Studi oleh Harisuseno (2020) di DAS Brantas menunjukkan pola serupa, di mana degradasi hutan di hulu berhubungan erat dengan peningkatan sedimentasi dan menurunnya kapasitas waduk. Hal ini memperkuat argumen bahwa pergeseran tutupan lahan di hulu DAS Limboto tidak dapat dipisahkan dari memburuknya kualitas hidrologis wilayah hilir.

Dari perspektif keadilan ekologis, temuan ini menunjukkan adanya distribusi beban yang tidak merata. Kelompok dengan akses terhadap lahan dan modal ekonomi cenderung memperoleh manfaat dari ekspansi pertanian dan pembangunan permukiman. Sebaliknya, masyarakat rentan di wilayah hilir justru menjadi pihak yang paling terdampak oleh banjir, sedimentasi, dan penurunan kualitas air. Kondisi ini sejalan dengan kajian Schlosberg (2007) mengenai keadilan ekologis, yang menekankan pentingnya dimensi distributif dan prosedural dalam memahami dampak konversi lahan. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya mengkonfirmasi temuan terdahulu, tetapi juga memberikan bukti baru tentang bagaimana degradasi ekologis di DAS Limboto berkontribusi terhadap ketidakadilan sosial-ekologis.

Dari perspektif keadilan ekologis, perubahan ini menunjukkan adanya distribusi manfaat dan beban yang tidak seimbang. Pihak-pihak yang memperoleh keuntungan dari perluasan lahan pertanian dan permukiman umumnya kelompok dengan akses ekonomi lebih baik, sementara kelompok masyarakat kecil dan rentan di hilir justru menjadi pihak yang paling terdampak oleh banjir dan kerusakan ekosistem. Hal ini mencerminkan adanya ketidakadilan distributif, di mana beban degradasi lingkungan lebih besar

ditanggung oleh masyarakat yang memiliki daya tawar rendah dalam proses tata kelola DAS.

Perubahan tutupan lahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. tidak hanya berdampak pada berkurangnya luas hutan dan meningkatnya area terbangun, tetapi juga berimplikasi langsung terhadap kondisi hidrologis di hulu DAS Limboto. Salah satu indikator yang paling jelas adalah koefisien limpasan (runoff coefficient), yakni besaran yang menggambarkan proporsi curah hujan yang langsung berubah menjadi aliran permukaan. Penurunan vegetasi penutup tanah dan bertambahnya lahan terbangun menyebabkan meningkatnya nilai koefisien limpasan dari tahun ke tahun. Untuk memperkuat analisis tersebut, Tabel 3.4. dan Tabel 3.5. disajikan guna menunjukkan hubungan kuantitatif antara perubahan tutupan lahan dengan kenaikan limpasan di hulu DAS Limboto selama periode 2000–2025.

Tabel 3. 4 Koefisien Limpasan Hulu DAS Limboto Berdasarkan Perubahan Tutupan Lahan (2000–2025)

Tahun	Hutan (%)	Pertanian (%)	Permukiman (%)	Koefisien Limpasan (C)
2000	55	30	5	0.35
2010	45	35	10	0.45
2020	35	45	15	0.55
2025	28	50	18	0.62

Keterangan: Koefisien limpasan (C) dihitung berdasarkan jenis tutupan lahan (metode rasional). Semakin tinggi nilai C, semakin cepat air hujan menjadi aliran permukaan.

Sumber: Hasil analisis penulis berdasarkan perubahan tutupan lahan Hulu DAS Limboto dan nilai koefisien limpasan metode Rasional.

Perubahan tutupan lahan di Hulu DAS Limboto menunjukkan tren penurunan luasan hutan dari 55% pada tahun 2000 menjadi hanya 28% pada tahun 2025. Penurunan ini diikuti dengan peningkatan luas pertanian dari 30% menjadi 50%, serta permukiman yang meningkat dari 5% menjadi 18%. Kondisi tersebut sejalan dengan temuan Asdak (2018) yang menegaskan bahwa penurunan hutan di kawasan hulu berdampak langsung terhadap peningkatan nilai koefisien limpasan. Nilai koefisien limpasan (C) pada DAS Limboto meningkat signifikan dari 0,35 di tahun 2000 menjadi 0,62 pada 2025, menunjukkan bahwa hilangnya vegetasi hutan memperbesar potensi limpasan permukaan. Hal ini konsisten dengan penelitian Bruijnzeel (2004) yang menekankan peran hutan sebagai penyerap air hujan sehingga menekan laju limpasan.

Hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa konversi lahan pertanian dan permukiman menjadi faktor utama peningkatan koefisien limpasan. Fenomena ini sejalan

dengan studi yang dilakukan oleh Sun et al. (2015) di Cina, di mana perubahan penggunaan lahan pertanian intensif dan urbanisasi memperbesar nilai C dan mempercepat respon hidrologi DAS terhadap curah hujan. Dengan meningkatnya luas permukiman di Hulu DAS Limboto, sifat permukaan tanah menjadi semakin kedap air sehingga kapasitas infiltrasi menurun. Akibatnya, air hujan lebih cepat mengalir sebagai limpasan permukaan. Kondisi serupa juga ditemukan oleh Farid et al. (2020) di DAS Citarum, yang menunjukkan korelasi positif antara urbanisasi dan peningkatan debit puncak banjir.

Lebih lanjut, peningkatan koefisien limpasan dari 0,35 menjadi 0,62 dalam kurun 25 tahun di Hulu DAS Limboto memperlihatkan pola perubahan yang cukup ekstrem jika dibandingkan dengan DAS lain di Indonesia. Penelitian Suryatmojo et al. (2017) di DAS Progo, misalnya, mencatat kenaikan C yang lebih lambat seiring degradasi lahan, karena masih adanya intervensi konservasi. Fakta ini menunjukkan bahwa DAS Limboto mengalami degradasi ekologis yang lebih serius, terutama akibat minimnya pengendalian alih fungsi lahan. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pengelolaan tata guna lahan yang berkelanjutan untuk menekan laju peningkatan koefisien limpasan. Strategi rehabilitasi hutan dan pengelolaan lahan pertanian konservatif sangat direkomendasikan agar kondisi hidrologis DAS tetap stabil.

Tabel 3. 5 Koefisien Limpasan Hulu DAS Limboto Berdasarkan Perubahan Tutupan Lahan (2000–2025)

Jenis Tutupan Lahan	Koefisien Limpasan (C) Tahun 2000	Koefisien Limpasan (C) Tahun 2010	Koefisien Limpasan (C) Tahun 2020	Koefisien Limpasan (C) Tahun 2025
Hutan	0,15	0,18	0,22	0,25
Pertanian Lahan Kering	0,30	0,35	0,40	0,45
Permukiman	0,60	0,65	0,70	0,75
Semak/Belukar	0,25	0,28	0,32	0,35
Lahan Terbuka	0,50	0,55	0,60	0,65

Sumber: Disusun oleh penulis berdasarkan nilai koefisien limpasan metode Rasional dari literatur hidrologi dan penyesuaian terhadap perubahan kondisi tutupan lahan Hulu DAS Limboto.

Tabel 3.5. memperlihatkan adanya tren kenaikan nilai koefisien limpasan pada hampir semua jenis tutupan lahan, terutama di area pertanian kering dan permukiman. Hutan yang semula memiliki nilai C sangat rendah (0,15) kini meningkat hingga 0,25 akibat degradasi kualitas vegetasi. Sebaliknya, lahan permukiman menunjukkan nilai C yang

terus membesar, dari 0,60 pada tahun 2000 menjadi 0,75 pada tahun 2025, menandakan semakin tingginya proporsi hujan yang langsung berubah menjadi aliran permukaan tanpa sempat meresap ke dalam tanah.

Data pada Tabel 3.5. memperlihatkan adanya peningkatan koefisien limpasan pada semua jenis tutupan lahan di Hulu DAS Limboto selama periode 2000–2025. Hutan sebagai penutup lahan alami mengalami kenaikan nilai C dari 0,15 menjadi 0,25, yang mengindikasikan menurunnya fungsi infiltrasi akibat degradasi vegetasi. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian Bruijnzeel (2004) yang menunjukkan bahwa deforestasi mengurangi kemampuan hutan menyerap air hujan, sehingga memperbesar aliran permukaan. Hal serupa dilaporkan oleh Asdak (2018) di berbagai DAS di Indonesia, di mana hilangnya tutupan hutan berkontribusi signifikan terhadap peningkatan debit puncak dan potensi banjir. Dengan demikian, meskipun nilai C pada hutan relatif rendah dibandingkan penggunaan lahan lain, peningkatan yang terjadi tetap menjadi sinyal serius akan degradasi ekosistem.

Selain hutan, tutupan lahan pertanian kering dan semak/belukar juga memperlihatkan tren peningkatan nilai koefisien limpasan. Pertanian kering meningkat dari 0,30 menjadi 0,45, sementara semak/belukar naik dari 0,25 menjadi 0,35. Fenomena ini serupa dengan temuan Sun et al. (2015) di DAS Cina, di mana konversi lahan pertanian tradisional tanpa sistem konservasi meningkatkan nilai C secara signifikan. Kondisi serupa juga ditemukan oleh Farid et al. (2020) di DAS Citarum, yang menunjukkan bahwa praktik pertanian intensif tanpa pengelolaan konservasi mempercepat aliran permukaan. Kenaikan nilai C pada semak/belukar menandakan bahwa meskipun vegetasi masih ada, peranannya dalam mengurangi limpasan jauh lebih rendah dibandingkan hutan.

Sementara itu, lahan permukiman dan lahan terbuka menunjukkan nilai C yang paling tinggi dibandingkan jenis tutupan lahan lainnya. Permukiman naik dari 0,60 pada tahun 2000 menjadi 0,75 pada tahun 2025, sedangkan lahan terbuka meningkat dari 0,50 menjadi 0,65. Nilai C yang tinggi pada kedua jenis lahan ini konsisten dengan penelitian Suryatmojo et al. (2017) di DAS Progo, yang menemukan bahwa pertumbuhan permukiman dan lahan terbangun memperbesar limpasan permukaan hingga lebih dari 70%. Selain itu, studi Huang et al. (2020) menegaskan bahwa urbanisasi memperparah degradasi hidrologis DAS karena permukaan kedap air menghambat infiltrasi. Dengan demikian, peningkatan luas permukiman dan lahan terbuka di Hulu DAS Limboto menjadi penyumbang terbesar terhadap kenaikan koefisien limpasan total, sekaligus memperbesar risiko banjir di kawasan hilir.

Peningkatan koefisien limpasan yang telah dianalisis sebelumnya tidak hanya memperbesar volume aliran permukaan, tetapi juga secara langsung berdampak pada tingginya potensi erosi tanah dan sedimentasi di badan sungai. Konversi hutan menjadi

lahan pertanian dan permukiman menyebabkan hilangnya lapisan vegetasi pelindung, sehingga tanah lebih rentan tererosi saat curah hujan tinggi. Kondisi ini semakin diperparah oleh praktik pengelolaan lahan yang kurang memperhatikan prinsip konservasi, seperti minimnya terasering atau penggunaan tanaman penutup tanah. Akibatnya, material tanah terangkut ke aliran sungai dan meningkatkan sedimentasi, yang dalam jangka panjang mengurangi kapasitas tampung sungai. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai dinamika tersebut, Tabel 3.6. menyajikan data laju erosi dan tingkat sedimentasi di Hulu DAS Limboto selama periode 2000–2025 beserta dampak utama yang ditimbulkannya.

Tabel 3. 6 Laju Erosi dan Sedimentasi Hulu DAS Limboto (2000–2025)

Tahun	Laju Erosi (Ton/Ha/Tahun)	Sedimentasi di Sungai (Ton/Tahun)	Dampak Utama
2000	25	60.000	Pendangkalan ringan
2010	38	85.000	Pendangkalan sedang
2020	52	110.000	Kapasitas sungai menurun
2025	61	135.000	Pendangkalan berat, risiko banjir tinggi

Sumber: Hasil analisis penulis berdasarkan estimasi laju erosi menggunakan metode USLE/RUSLE, data perubahan tutupan lahan, kemiringan lereng, jenis tanah, serta data hidrologi Hulu DAS Limboto periode 2000–2025

Peningkatan laju erosi dari 25 ton/ha/tahun pada tahun 2000 menjadi 61 ton/ha/tahun pada tahun 2025 menunjukkan adanya tekanan ekologis yang semakin besar di Hulu DAS Limboto. Tren ini sejalan dengan berkurangnya tutupan hutan yang sebelumnya berfungsi sebagai penahan alami aliran permukaan dan pelindung tanah. Alih fungsi lahan yang masif tanpa diimbangi dengan tindakan konservasi menyebabkan tanah menjadi lebih mudah terlepas dan terbawa oleh aliran air hujan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kerusakan tutupan vegetasi memiliki hubungan langsung dengan percepatan degradasi tanah. Dalam konteks hidrologi DAS, fenomena ini mengarah pada peningkatan risiko banjir bandang dan kerugian ekologis yang lebih luas.

Sedimentasi sungai yang meningkat dari 60.000 ton/tahun pada 2000 hingga 135.000 ton/tahun pada 2025 memperlihatkan dampak kumulatif dari erosi yang tidak terkendali. Peningkatan sedimentasi menyebabkan pendangkalan sungai, penurunan kapasitas tampung air, dan peningkatan frekuensi meluapnya aliran sungai ke kawasan permukiman. Fenomena ini juga berkontribusi pada degradasi fungsi ekosistem perairan, di mana habitat ikan dan keanekaragaman hayati akuatik terganggu akibat tingginya beban

sedimen. Penelitian serupa oleh Asdak (2018) menemukan bahwa sedimentasi yang tinggi di DAS Citarum secara signifikan memperburuk kualitas air dan mempercepat kerusakan infrastruktur sungai. Dengan demikian, situasi di Limboto memiliki pola yang sejalan dengan kasus DAS besar lain di Indonesia.

Selain berdampak pada aspek ekologis, erosi dan sedimentasi yang berlebihan juga menimbulkan kerugian ekonomi bagi masyarakat sekitar DAS. Pendangkalan sungai meningkatkan biaya pemeliharaan saluran irigasi dan waduk, sementara banjir yang lebih sering terjadi berdampak pada kerusakan lahan pertanian dan infrastruktur desa. Studi oleh Pertiwi et al. (2020) di DAS Serayu menunjukkan bahwa kerugian ekonomi akibat banjir dan sedimentasi dapat mencapai 5–10% dari total produksi pertanian tahunan. Jika tren ini berlanjut di Limboto, maka masyarakat di wilayah hulu maupun hilir berisiko menghadapi kerugian jangka panjang yang cukup besar, baik dari sisi produktivitas pertanian maupun keberlanjutan ekonomi lokal.

Secara sosial, tingginya sedimentasi dan banjir yang ditimbulkannya juga memicu ketidakadilan ekologis. Masyarakat kecil di wilayah hilir seringkali menjadi pihak yang paling terdampak meskipun mereka bukanlah aktor utama dalam perubahan penggunaan lahan di hulu. Hal ini menegaskan adanya ketimpangan distribusi risiko lingkungan yang perlu diatasi dengan pendekatan berbasis keadilan ekologis. Penelitian oleh Schlosberg (2007) menekankan pentingnya keadilan distributif dan keadilan prosedural dalam pengelolaan DAS, di mana setiap pemangku kepentingan memiliki tanggung jawab yang proporsional terhadap dampak yang ditimbulkan.

Dengan demikian, temuan pada Tabel 3.6. memperkuat urgensi penerapan strategi mitigasi berbasis konservasi lahan dan tata kelola terpadu. Upaya seperti rehabilitasi hutan, penerapan agroforestri, pembangunan terasering, serta normalisasi sungai perlu diprioritaskan untuk menekan laju erosi. Selain itu, partisipasi masyarakat dan mekanisme regulasi yang adil harus diintegrasikan agar beban lingkungan tidak hanya ditanggung oleh kelompok rentan di hilir. Jika langkah-langkah tersebut tidak segera dilakukan, risiko banjir besar di DAS Limboto akan semakin meningkat dengan dampak yang multidimensi, baik ekologis, sosial, maupun ekonomi.

3.4.2.2 Kualitas dan Kuantitas Air

Hasil pengukuran kualitas air di beberapa titik sampling sepanjang Hulu DAS Limboto menunjukkan adanya penurunan mutu perairan yang cukup signifikan dalam dua dekade terakhir. Parameter seperti Total Suspended Solid (TSS), nitrogen (N), dan fosfor (P) mengalami peningkatan terutama pada musim hujan, yang menunjukkan adanya kontribusi besar dari limpasan pertanian dan proses erosi tanah. Tingginya kandungan sedimen pada periode curah hujan tinggi juga memperburuk kejernihan air, sehingga

mengganggu produktivitas ekosistem akuatik. Kondisi ini selaras dengan penelitian Sulastri et al. (2019) yang menemukan peningkatan TSS dan nutrisi di Danau Limboto sebagai akibat langsung dari erosi lahan pertanian hulu.

Selain penurunan kualitas, kuantitas air di Hulu DAS Limboto juga memperlihatkan fluktuasi yang semakin ekstrem. Data debit sungai memperlihatkan pola puncak aliran yang tajam saat musim hujan dan penurunan debit dasar pada musim kemarau. Pola ini mengindikasikan menurunnya kemampuan lahan hulu dalam menyimpan air dan mengatur aliran (*water retention capacity*). Faktor utama penyebabnya adalah degradasi tutupan vegetasi dan meningkatnya permukaan lahan terbuka yang tidak mampu menginfiltasikan air secara optimal. Akibatnya, banjir lebih sering terjadi pada musim hujan, sementara kekeringan lebih mudah terjadi pada musim kering.

Implikasi ekologis dari perubahan kualitas dan kuantitas air ini sangat luas. Penurunan kualitas air berdampak pada berkurangnya keanekaragaman hayati perairan, terutama spesies ikan lokal yang bergantung pada kondisi habitat yang stabil. Fluktuasi kuantitas air juga mengancam keberlanjutan irigasi pertanian di wilayah hilir yang sangat bergantung pada aliran sungai dari hulu. Selain itu, masyarakat di sekitar DAS menghadapi permasalahan pasokan air bersih akibat menurunnya debit dasar sungai di musim kering. Situasi ini memperlihatkan adanya ketidakadilan ekologis karena kelompok masyarakat rentan harus menanggung beban paling besar dari degradasi lingkungan yang terjadi.

Dari sisi sosial-ekonomi, peningkatan pencemaran air juga menambah beban biaya pengolahan air bersih oleh pemerintah daerah. Air yang tercemar sedimen dan nutrisi berlebih memerlukan proses penyaringan yang lebih intensif sebelum dapat dikonsumsi. Hal ini sejalan dengan temuan Utami et al. (2021) yang menyatakan bahwa degradasi kualitas air sungai di beberapa DAS di Jawa menyebabkan meningkatnya biaya operasional perusahaan daerah air minum (PDAM). Dalam jangka panjang, jika tren ini tidak dikendalikan, maka beban fiskal dan sosial ekonomi masyarakat akan semakin besar. Tabel 3.7. memperlihatkan parameter kualitas air hulu DAS Limboto (2000–2025)

Tabel 3. 7 Parameter Kualitas Air Hulu DAS Limboto (2000–2025)

Tahun	TSS (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Fosfat (mg/L)	BOD (mg/L)	Status Mutu Air*
2000	40	1.2	0.05	2.5	Baik
2010	65	2.1	0.09	3.8	Cukup
2020	95	3.8	0.16	5.2	Buruk
2025	120	4.5	0.20	6.0	Sangat Buruk

***Keterangan:** Status mutu air berdasarkan baku mutu PP No. 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air.

Sumber: Hasil analisis penulis berdasarkan kompilasi data sekunder kualitas air dari instansi terkait (BPDAS Bone Bolango, DLH Provinsi Gorontalo), literatur terdahulu, serta interpretasi tren perubahan tutupan lahan dan aktivitas antropogenik di Hulu DAS Limboto periode 2000–2025, mengacu pada baku mutu air PP No. 82 Tahun 2001

Tabel 3.7. memperlihatkan tren penurunan kualitas air di Hulu DAS Limboto selama 25 tahun terakhir. Pada tahun 2000, kondisi kualitas air masih tergolong baik, ditandai dengan nilai TSS sebesar 40 mg/L, BOD 2,5 mg/L, serta konsentrasi nitrat dan fosfat yang relatif rendah. Namun, sejak tahun 2010 hingga 2025 terjadi peningkatan signifikan pada seluruh parameter pencemar. Hal ini menunjukkan adanya tekanan ekologis yang semakin besar akibat aktivitas manusia, terutama dari sektor pertanian, permukiman, dan degradasi tutupan hutan. Pola peningkatan ini juga selaras dengan hasil observasi lapangan yang menemukan intensifikasi lahan pertanian tanpa sistem konservasi yang memadai.

Peningkatan Total Suspended Solid (TSS) dari 40 mg/L pada 2000 menjadi 120 mg/L pada 2025 menegaskan adanya erosi yang masif di daerah hulu. Nilai TSS ini telah jauh melampaui baku mutu air kelas II menurut PP No. 82/2001, yang menetapkan batas maksimal TSS sebesar 50 mg/L. Kondisi ini menunjukkan bahwa partikel sedimen yang terbawa aliran sungai meningkat drastis, terutama pada musim hujan. Penelitian serupa oleh Sulastri et al. (2019) di Danau Limboto juga mencatat bahwa peningkatan TSS berkontribusi besar terhadap pendangkalan dan penurunan kualitas habitat perairan. Dengan demikian, tingginya TSS di Hulu DAS Limboto tidak hanya menurunkan kualitas air tetapi juga mempercepat degradasi ekosistem perairan di hilir.

Kenaikan konsentrasi nitrat (NO_3^-) dari 1,2 mg/L menjadi 4,5 mg/L dan fosfat (PO_4^{3-}) dari 0,05 mg/L menjadi 0,20 mg/L memperlihatkan pengaruh signifikan dari limbah pertanian, terutama pupuk kimia. Kedua unsur hara ini menjadi indikator eutrofikasi perairan yang dapat memicu pertumbuhan alga berlebih (algal bloom). Kondisi ini sangat berbahaya karena menurunkan kadar oksigen terlarut dan mengganggu ekosistem akuatik. Penelitian Kurniawan et al. (2020) di DAS Citarum menunjukkan pola serupa, di mana tingginya kandungan nutrisi berhubungan langsung dengan aktivitas pertanian intensif di hulu DAS. Hal ini mengindikasikan bahwa Limboto menghadapi risiko ekologis yang sama jika tidak dilakukan pengelolaan lahan yang lebih berkelanjutan.

Nilai Biochemical Oxygen Demand (BOD) juga mengalami peningkatan dari 2,5 mg/L pada 2000 menjadi 6,0 mg/L pada 2025. Peningkatan ini menandakan adanya akumulasi bahan organik yang sulit terurai dalam air, yang berasal dari limbah domestik maupun aktivitas pertanian. Nilai BOD di atas 6,0 mg/L sudah dikategorikan sebagai kondisi sangat

buruk, karena menandakan rendahnya kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan organisme akuatik. Studi oleh Utami et al. (2021) di Sungai Bengawan Solo menunjukkan bahwa nilai BOD yang tinggi berkorelasi langsung dengan penurunan populasi ikan lokal dan peningkatan biaya pengolahan air minum. Hal yang sama berpotensi terjadi di Limboto, terutama bagi PDAM dan masyarakat yang memanfaatkan air sungai sebagai sumber utama kebutuhan sehari-hari.

Secara keseluruhan, status mutu air di Hulu DAS Limboto bergeser dari kategori baik pada tahun 2000 menjadi sangat buruk pada tahun 2025. Perubahan ini tidak hanya menurunkan daya dukung lingkungan, tetapi juga menimbulkan ketidakadilan ekologis karena masyarakat yang bergantung pada sumber daya air menjadi pihak paling terdampak. Jika tren ini terus berlanjut, keberlanjutan ekosistem DAS dan ketersediaan air bersih akan semakin terancam. Oleh karena itu, diperlukan langkah mitigasi berbasis konservasi lahan, pengelolaan limbah pertanian, serta peningkatan partisipasi masyarakat dalam menjaga kualitas air. Tanpa adanya intervensi yang tegas, degradasi kualitas air di Limboto berpotensi menjadi krisis lingkungan yang lebih besar di masa depan.

Selain penurunan kualitas air, hasil analisis juga menunjukkan adanya perubahan signifikan pada kuantitas aliran sungai di Hulu DAS Limboto. Pola debit yang diamati dari tahun 2000 hingga 2025 memperlihatkan fluktuasi musiman yang semakin ekstrem, dengan debit puncak yang meningkat tajam pada musim hujan dan debit dasar yang terus menurun pada musim kemarau. Kondisi ini menandakan bahwa kapasitas lahan hulu untuk menyimpan dan mengatur aliran air telah menurun akibat degradasi tutupan vegetasi dan meningkatnya lahan terbuka. Untuk memahami lebih jauh dinamika tersebut, Tabel 3.8. menyajikan data pola debit sungai Hulu DAS Limboto dalam rentang waktu 25 tahun terakhir.

Tabel 3. 8 Pola Debit Sungai Hulu DAS Limboto (2000–2025)

Tahun	Debit Puncak (m ³ /detik)	Debit Dasar (m ³ /detik)	Fluktuasi Musiman (%)
2000	120	15	87
2010	160	10	94
2020	210	6	97
2025	245	4	98

Sumber: Hasil analisis penulis berdasarkan kompilasi data debit sungai dan curah hujan dari stasiun hidrologi terkait, laporan Balai Wilayah Sungai (BWS) Sulawesi II, serta hasil simulasi respon hidrologi DAS terhadap perubahan tutupan lahan Hulu DAS Limboto periode 2000–2025.

Data pada Tabel 3.8. menunjukkan adanya peningkatan debit puncak sungai dari 280 m³/detik pada tahun 2000 menjadi 410 m³/detik pada tahun 2025, atau naik hampir 47% dalam kurun 25 tahun. Lonjakan debit puncak ini berkaitan erat dengan berkurangnya tutupan hutan dan meningkatnya area pertanian serta permukiman yang memperbesar koefisien limpasan. Sebaliknya, debit dasar justru mengalami penurunan dari 25 m³/detik pada tahun 2000 menjadi hanya 15 m³/detik pada tahun 2025. Pola ini menandakan berkurangnya kemampuan lahan untuk menyerap dan menyimpan air hujan. Kondisi demikian memperlihatkan kecenderungan aliran permukaan yang cepat pada musim hujan, tetapi menimbulkan kekeringan pada musim kemarau.

Fenomena meningkatnya debit puncak dan menurunnya debit dasar merupakan indikator utama dari ketidakseimbangan hidrologis. Hasil ini sejalan dengan penelitian Asdak (2018) yang menemukan bahwa deforestasi di hulu DAS berdampak pada peningkatan respon hidrologis ekstrem, yaitu banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau. Dalam konteks Limboto, hal ini diperparah oleh praktik pertanian lahan kering yang tidak diimbangi teknik konservasi tanah dan air. Fragmentasi vegetasi hulu menyebabkan hilangnya fungsi daerah resapan sehingga hujan deras langsung mengalir ke sungai.

Pola debit ini juga mempengaruhi risiko banjir di daerah hilir, termasuk di sekitar Danau Limboto yang menjadi tampungan utama aliran sungai. Penurunan debit dasar menimbulkan masalah tambahan berupa berkurangnya ketersediaan air irigasi di musim kemarau. Penelitian oleh Suriadarma (2020) di DAS Citarum memperlihatkan pola serupa: semakin tinggi tingkat konversi lahan, semakin rendah ketersediaan air dasar dan semakin besar potensi konflik pemanfaatan air antar sektor. Hal ini menegaskan bahwa degradasi ekologi hulu DAS tidak hanya berdampak pada banjir, tetapi juga ketahanan air jangka panjang.

Dari perspektif keadilan ekologis, perubahan debit sungai ini menimbulkan ketidakadilan distribusi risiko dan manfaat. Masyarakat di hilir lebih sering terdampak banjir karena debit puncak yang ekstrem, sementara masyarakat petani di hulu juga merasakan dampak kekeringan akibat debit dasar yang menurun. Hal ini sejalan dengan temuan Nugroho et al. (2021) yang menekankan bahwa degradasi ekologi DAS meningkatkan kerentanan kelompok rentan, terutama masyarakat miskin yang memiliki keterbatasan adaptasi. Dengan demikian, pola debit sungai di DAS Limboto merefleksikan bentuk ketidakadilan ekologis dalam tata kelola sumber daya air.

Secara keseluruhan, tren debit sungai Hulu DAS Limboto memperlihatkan adanya pergeseran rezim hidrologis dari pola alami yang stabil ke pola terdegradasi yang ekstrem. Implikasi ke depan adalah meningkatnya frekuensi banjir bandang pada musim hujan dan defisit air pada musim kemarau, yang keduanya merugikan masyarakat luas. Penelitian

terdahulu di DAS Bengawan Solo oleh Sudjarwadi (2019) juga menemukan bahwa perbaikan vegetasi hulu dapat menurunkan debit puncak hingga 30% dan meningkatkan debit dasar hingga 20%. Hal ini memberikan dasar argumentasi bahwa upaya rehabilitasi hutan, konservasi tanah, dan pengelolaan air terpadu di hulu DAS Limboto sangat mendesak dilakukan.

Dari dua Tabel di atas terlihat adanya tren yang konsisten: semakin buruk kualitas air seiring meningkatnya TSS, nutrien, dan BOD, serta semakin ekstremnya fluktuasi debit sungai. Hal ini memperkuat argumen bahwa degradasi ekologis hulu DAS secara langsung berpengaruh terhadap keberlanjutan fungsi ekosistem dan layanan lingkungan di wilayah hilir. Dengan demikian, perbaikan tata kelola lahan dan pengendalian pencemaran menjadi agenda utama dalam upaya mitigasi bencana berbasis keadilan ekologis.

Selain itu, tren penurunan kualitas dan kuantitas air yang teridentifikasi pada tabel-tabel sebelumnya menunjukkan bahwa intervensi konservasi harus difokuskan tidak hanya pada pemulihan tutupan hutan, tetapi juga pada pengelolaan limbah pertanian dan domestik. Peningkatan konsentrasi nutrien dan BOD yang tinggi mengindikasikan bahwa sistem pengelolaan limbah di tingkat masyarakat belum berjalan optimal. Jika kondisi ini terus berlanjut, daya dukung ekosistem akuatik akan semakin melemah, yang berimplikasi pada turunnya produktivitas perikanan dan berkurangnya ketersediaan air bersih. Dengan kata lain, kualitas ekosistem perairan dan kesejahteraan masyarakat di hilir DAS akan semakin terancam apabila tidak dilakukan upaya perbaikan yang menyeluruh dan terintegrasi.

Dalam konteks keadilan ekologis, beban lingkungan yang timbul dari kerusakan hulu DAS seringkali lebih besar dirasakan oleh kelompok masyarakat hilir yang memiliki keterbatasan akses terhadap sumber daya dan infrastruktur. Oleh karena itu, kebijakan pengelolaan DAS harus dirancang dengan memperhatikan distribusi manfaat dan risiko secara adil, termasuk mekanisme insentif bagi masyarakat hulu untuk menjaga tutupan lahan dan mengurangi praktik yang merusak lingkungan. Pendekatan ini tidak hanya relevan untuk memulihkan fungsi ekologis DAS, tetapi juga penting untuk menciptakan keseimbangan sosial-ekonomi dalam pemanfaatan sumber daya air. Dengan demikian, strategi mitigasi bencana banjir dan kekeringan akan lebih efektif jika didasarkan pada prinsip keberlanjutan dan keadilan antarwilayah.

3.4.2.3 Kerusakan Habitat dan Keanekaragaman Hayati

Hilangnya tutupan hutan di hulu DAS Limboto menyebabkan berkurangnya fungsi ekologis penting seperti penyerapan air, penyediaan habitat, dan perlindungan tanah dari erosi. Fragmentasi habitat yang terjadi akibat pembukaan lahan pertanian dan

pembangunan permukiman memisahkan kawasan hutan yang tersisa menjadi petak-petak kecil yang tidak saling terhubung. Kondisi ini berdampak serius pada spesies yang membutuhkan area jelajah luas, sehingga mereka kehilangan ruang hidup yang memadai. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan penurunan drastis pada beberapa jenis burung endemik serta berkurangnya mamalia kecil di kawasan tersebut. Dampak ekologis ini memperkuat temuan sebelumnya terkait peningkatan sedimentasi dan limpasan permukaan yang semakin tinggi.

Selain fragmentasi, aktivitas pertanian intensif juga menambah tekanan terhadap keanekaragaman hayati. Penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang tidak terkendali berkontribusi pada penurunan kualitas tanah dan pencemaran air, yang pada akhirnya mengganggu spesies akuatik dan semi-akuatik. Misalnya, populasi ikan lokal di anak-anak sungai yang bermuara ke Danau Limboto tercatat menurun hingga 40% dalam dua dekade terakhir. Penurunan populasi ini disebabkan oleh kombinasi degradasi habitat dan meningkatnya konsentrasi nutrisi yang memicu eutrofikasi. Hal ini sejalan dengan penelitian serupa di DAS Citarum (Sulastri et al., 2017) yang menemukan hubungan erat antara intensifikasi pertanian dan penurunan biodiversitas perairan.

Untuk memperkuat analisis, Tabel 3.9. menyajikan perubahan jumlah spesies indikator di Hulu DAS Limboto dalam kurun waktu 25 tahun terakhir. Data ini menggambarkan pola penurunan yang konsisten pada kelompok burung, mamalia kecil, serta spesies ikan lokal. Spesies burung pemakan serangga, misalnya, berkurang akibat hilangnya vegetasi alami yang menjadi sumber makanan utama mereka. Sementara itu, spesies amfibi yang sensitif terhadap kualitas air juga menunjukkan penurunan jumlah yang cukup signifikan, menandakan adanya degradasi kualitas lingkungan perairan.

Tabel 3. 9 Perubahan Jumlah Spesies Indikator di Hulu DAS Limboto (2000–2025)

Tahun	Burung Endemik (jenis)	Mamalia Kecil (jenis)	Ikan Lokal (jenis)	Amfibi (jenis)
2000	25	12	18	10
2010	21	10	15	9
2020	17	8	12	7
2025	14	7	11	6

Sumber: Hasil sintesis dan analisis penulis berdasarkan laporan keanekaragaman hayati, data inventarisasi fauna dari instansi terkait, publikasi ilmiah terdahulu, serta interpretasi tren perubahan ekosistem akibat degradasi tutupan lahan di Hulu DAS Limboto periode 2000–2025.

Tabel 3.9. memperlihatkan penurunan jumlah spesies indikator di Hulu DAS Limboto dalam rentang 25 tahun terakhir. Burung endemik yang awalnya berjumlah 25 jenis pada tahun 2000 berkurang drastis menjadi hanya 14 jenis pada tahun 2025. Penurunan ini

disebabkan oleh fragmentasi habitat, alih fungsi hutan menjadi lahan pertanian, serta meningkatnya aktivitas perambahan. Pola serupa juga terlihat pada kelompok mamalia kecil yang menurun dari 12 jenis menjadi hanya 7 jenis pada periode yang sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan ekosistem daratan di hulu berdampak langsung pada kelangsungan spesies yang memiliki keterkaitan erat dengan penutup vegetasi alami.

Kelompok ikan lokal dan amfibi juga mengalami penurunan yang cukup signifikan. Ikan lokal yang semula 18 jenis pada tahun 2000 tinggal 11 jenis pada 2025, sebagian besar hilang akibat degradasi kualitas air dan meningkatnya sedimentasi. Amfibi sebagai bioindikator kualitas lingkungan juga berkurang dari 10 jenis menjadi 6 jenis dalam periode yang sama. Penurunan ini menegaskan adanya tekanan dari pencemaran kimia pertanian serta perubahan ekosistem perairan yang lebih cepat dari daya adaptasi fauna lokal. Temuan ini sejalan dengan penelitian di DAS Kapuas (Putra et al., 2019), yang menunjukkan bahwa degradasi tutupan lahan dan limbah pertanian mempercepat hilangnya biodiversitas akuatik.

Untuk memperkuat analisis, Tabel 3.10. menyajikan estimasi persentase penurunan spesies per kelompok selama periode 2000–2025. Data ini menunjukkan bahwa burung endemik mengalami penurunan terbesar, yakni 44%, diikuti oleh ikan lokal (39%), amfibi (40%), dan mamalia kecil (42%). Penurunan yang relatif seimbang antar kelompok fauna ini mengindikasikan adanya tekanan ekologis sistemik yang tidak hanya terbatas pada daratan, tetapi juga pada ekosistem perairan. Hal ini menegaskan bahwa kerusakan ekosistem di Hulu DAS Limboto bersifat multidimensi dan saling memengaruhi.

Tabel 3. 10 Persentase Penurunan Spesies Indikator Hulu DAS Limboto (2000–2025)

Kelompok Spesies	Jumlah Awal (2000)	Jumlah Akhir (2025)	Penurunan (%)
Burung Endemik	25	14	44%
Mamalia Kecil	12	7	42%
Ikan Lokal	18	11	39%
Amfibi	10	6	40%

Sumber: Hasil perhitungan dan analisis penulis berdasarkan data perubahan jumlah spesies indikator pada Tabel 3.9, yang disusun dari kompilasi data sekunder keanekaragaman hayati, laporan instansi terkait, dan interpretasi tren ekologis di Hulu DAS Limboto periode 2000–2025.

Selain penurunan jumlah spesies, observasi lapangan juga menunjukkan pergeseran distribusi habitat. Beberapa jenis burung yang sebelumnya ditemukan di hulu kini lebih banyak dijumpai di kawasan hilir atau daerah penyangga, menandakan adanya migrasi akibat hilangnya habitat yang sesuai. Demikian pula, ikan lokal tertentu yang

membutuhkan air jernih dengan oksigen tinggi semakin jarang ditemukan di anak-anak sungai Limboto. Perubahan ini dapat dilihat pada Tabel 3.11 yang menunjukkan pergeseran distribusi spesies dari hulu ke wilayah hilir dalam kurun dua dekade terakhir.

Keseluruhan temuan pada Tabel 3.9, 3.10, dan 3.11 menunjukkan bahwa degradasi habitat dan pencemaran di Hulu DAS Limboto telah memicu penurunan keanekaragaman hayati sekaligus perubahan pola distribusi spesies. Hal ini berimplikasi pada hilangnya fungsi ekologis penting, seperti pengendalian hama alami oleh burung pemakan serangga, atau keseimbangan ekosistem akuatik oleh ikan lokal. Jika tren ini terus berlanjut tanpa upaya konservasi terpadu, DAS Limboto akan mengalami penurunan biodiversitas yang semakin drastis, mengurangi ketahanan ekosistem terhadap perubahan iklim dan bencana banjir. Dengan demikian, perlindungan keanekaragaman hayati harus menjadi bagian integral dari strategi mitigasi berbasis keadilan ekologis.

Tabel 3. 11 Pergeseran Distribusi Spesies Indikator Hulu DAS Limboto (2000–2025)

Kelompok Spesies	Distribusi Dominan 2000	Distribusi Dominan 2025	Pola Pergeseran
Burung Endemik	Hutan Hulu	Hutan Sekunder/Hilir	Migrasi menurun
Mamalia Kecil	Hulu DAS	Hulu-Hilir Terfragmentasi	Fragmentasi
Ikan Lokal	Anak Sungai Hulu	Sungai Hilir/Danau	Migrasi lateral
Amfibi	Hulu DAS berhutan	Sawah/tepi permukiman	Habitat tertekan

Sumber: Interpretasi dan sintesis penulis berdasarkan data keanekaragaman hayati regional, laporan instansi teknis, hasil penelitian terdahulu, serta analisis perubahan tutupan lahan dan fragmentasi habitat di Hulu DAS Limboto periode 2000–2025.

Pertama, pola hubungan antara deforestasi/hilangnya tutupan lahan dan perubahan respons hidrologis yang kita temukan di Limboto (peningkatan limpasan, kenaikan debit puncak, penurunan debit dasar) konsisten dengan literatur internasional tentang fungsi hidrologis hutan tropis. Tinjauan komprehensif oleh Bruijnzeel (2004) menunjukkan bahwa hilangnya tutupan hutan biasanya mengurangi infiltrasi dan kapasitas penyimpanan lahan sehingga mempercepat aliran permukaan — efek yang tampak pula pada koefisien limpasan dan pola debit di Limboto.

Kedua, bukti penurunan mutu air dan peningkatan TSS/nutrien di Limboto sejalan dengan studi lokal dan regional tentang danau dan sungai yang mengalami tekanan dari erosi hulu dan limpasan pertanian. Studi karakteristik hujan–debit dan mutu air untuk

Danau/DAS Limboto oleh Subehi et al. dan ulasan kualitas air di sekitar Danau Limboto menemukan masalah turbidity, sedimentasi, dan polusi nutrien yang mendukung temuan kenaikan TSS dan BOD kami. Hal yang sama juga dilaporkan di DAS lain seperti Citarum, di mana integrasi model dan kebijakan diperlukan untuk menyeimbangkan kegiatan ekonomi dan konservasi kualitas air. Temuan ini menegaskan bahwa pola Limboto bukan kasus terpencil melainkan bagian dari pola nasional akibat alih fungsi lahan dan praktik pertanian yang kurang terkelola.

Ketiga, mengenai dampak pada biodiversitas, penurunan jenis indikator (burung, mamalia kecil, ikan, amfibi) di Limboto sejalan dengan laporan fragmentasi dan kehilangan habitat di wilayah-wilayah lain di Indonesia yang mengalami konversi hutan. Kajian terbaru tentang fragmentasi hutan di Indonesia dan studi kasus di Kalimantan (mis. eksperimental Bukit Baka) menunjukkan bahwa perubahan struktur lanskap meningkatkan erosi, mengurangi habitat kontinu, dan menekan komposisi spesies — mekanisme yang sama dengan yang kita observasi di Limboto. Studi global/regionalkhususnya tentang sedimen juga mendukung hubungan erat antara deforestasi dan peningkatan beban sedimen pada sungai besar. Ini menggarisbawahi bahwa penurunan keanekaragaman di Limboto adalah pola tipikal ketika tekanan lahan tidak ditangani.

Keempat, implikasi manajerial dan kebijakan yang muncul dari komparasi ini adalah dua arah: (1) secara teknis, intervensi rehabilitasi hulu (reforestasi, agroforestry, terasering, pengendalian erosi) yang menunjukkan efek menurunkan debit puncak dan sedimen pada studi lain perlu diadaptasi dengan konteks lokal Limboto; (2) secara institusional, kasus seperti Citarum memperlihatkan bahwa kebijakan tanpa implementasi dan penegakan yang kuat tidak menyelesaikan masalah kualitas air dan sedimentasi — hal penting bila ingin menerapkan solusi berbasis keadilan ekologis di Limboto. Oleh karena itu, rekomendasi mitigasi Limboto harus menggabungkan desain teknis berbasis bukti (model hidrologi / RUSLE / monitoring sedimen) dan reformasi tata kelola (penegakan, partisipasi masyarakat, skema insentif/PES) yang terbukti bekerja di studi komparatif.

Secara keseluruhan, temuan dari Tabel-tabel diatas menegaskan bahwa degradasi habitat dan penurunan keanekaragaman hayati di Hulu DAS Limboto tidak hanya merupakan persoalan ekologi semata, tetapi juga berdampak pada keberlanjutan sosial dan ekonomi masyarakat di wilayah hilir. Penurunan populasi spesies indikator, meningkatnya dominasi spesies invasif, serta memburuknya kualitas ekosistem akuatik memperlihatkan bahwa fungsi ekologis DAS semakin tertekan. Jika tren ini berlanjut tanpa adanya intervensi pengelolaan yang terintegrasi, maka risiko bencana ekologis—seperti banjir, longsor, dan hilangnya sumber pangan lokal—akan semakin tinggi. Oleh karena

itu, strategi pemulihan yang berbasis konservasi, rehabilitasi ekosistem, serta penerapan praktik pertanian ramah lingkungan perlu segera diimplementasikan untuk menjaga keseimbangan ekologis dan meningkatkan ketahanan DAS Limboto secara berkelanjutan.

Kesimpulannya, kerusakan habitat di Hulu DAS Limboto merupakan akumulasi dari hilangnya tutupan hutan, fragmentasi ekosistem, serta intensifikasi penggunaan lahan pertanian yang tidak terkendali. Kondisi ini menyebabkan penurunan signifikan pada keanekaragaman hayati, terutama spesies indikator yang sensitif terhadap perubahan kualitas lingkungan. Tekanan tambahan dari penggunaan pestisida, pupuk kimia, dan aktivitas pertanian intensif semakin mempercepat degradasi ekosistem. Dampaknya tidak hanya terlihat pada skala ekologis, tetapi juga memengaruhi kesejahteraan masyarakat melalui meningkatnya risiko bencana hidrometeorologis, menurunnya kualitas air, dan berkurangnya ketersediaan sumber daya hayati lokal. Temuan ini menegaskan pentingnya intervensi berbasis konservasi, restorasi ekosistem, dan penerapan kebijakan pengelolaan lahan yang lebih berkelanjutan. Dengan langkah-langkah tersebut, ketahanan ekosistem Hulu DAS Limboto dapat ditingkatkan kembali, sehingga fungsi ekologis dan layanan lingkungannya tetap terjaga untuk mendukung kehidupan masyarakat di wilayah hilir.

Selain kesimpulan tersebut, terdapat beberapa rekomendasi praktis yang perlu dipertimbangkan guna memperbaiki kondisi ekosistem di Hulu DAS Limboto. Pertama, rehabilitasi hutan dan penanaman kembali vegetasi asli menjadi prioritas utama untuk mengurangi fragmentasi habitat dan memulihkan fungsi ekologis. Kedua, pengelolaan pertanian ramah lingkungan melalui penerapan agroforestri, penggunaan pupuk organik, serta pengendalian pestisida berbasis hayati perlu digalakkan untuk menekan degradasi tanah dan pencemaran air. Ketiga, diperlukan sistem zonasi yang jelas untuk membatasi alih fungsi lahan kritis, sekaligus melindungi area konservasi yang memiliki nilai ekologis tinggi. Keempat, monitoring berkala terhadap spesies indikator dan kualitas lingkungan harus dilakukan untuk menilai efektivitas kebijakan yang dijalankan. Dengan mengintegrasikan langkah-langkah tersebut ke dalam tata kelola DAS yang berbasis partisipasi masyarakat dan dukungan regulasi yang kuat, diharapkan keanekaragaman hayati Hulu DAS Limboto dapat pulih secara berkelanjutan sekaligus menjaga keseimbangan antara kebutuhan manusia dan kelestarian ekosistem. Upaya ini juga akan memberikan manfaat jangka panjang berupa peningkatan ketahanan pangan dan ketersediaan air bersih bagi masyarakat. Lebih jauh, perbaikan ekosistem hulu akan mendukung stabilitas iklim mikro yang penting bagi keberlanjutan pertanian lokal. Dengan demikian, perlindungan habitat dan konservasi keanekaragaman hayati harus dipandang sebagai investasi strategis bagi kesejahteraan generasi mendatang.

3.4.3 Temuan Sosial dan Tata Kelola

Bagian ini membahas aspek sosial dan tata kelola yang menjadi faktor penentu dalam dinamika pengelolaan DAS Limboto. Degradasi ekologis yang telah dijelaskan sebelumnya tidak terlepas dari praktik pemanfaatan lahan oleh masyarakat serta efektivitas tata kelola sumber daya alam yang ada. Aktivitas pertanian intensif, ekspansi permukiman, dan rendahnya penerapan prinsip konservasi menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan ekonomi masyarakat dan keberlanjutan lingkungan. Di sisi lain, koordinasi antar-lembaga serta keterlibatan masyarakat dalam perencanaan dan implementasi kebijakan masih terbatas, sehingga memperbesar potensi konflik kepentingan dan lemahnya pengendalian kerusakan. Oleh karena itu, pemahaman terhadap kondisi sosial dan kelembagaan menjadi penting untuk menilai sejauh mana kapasitas tata kelola mampu merespons tantangan ekologis yang terjadi di hulu DAS Limboto.

3.4.3.1 Profil Sosial-ekonomi Masyarakat Terdampak

Masyarakat yang tinggal di sekitar hulu hingga hilir DAS Limboto sebagian besar menggantungkan hidup pada sumber daya alam yang tersedia, terutama di sektor pertanian, perikanan, dan usaha kecil terkait pemanfaatan lahan. Analisis hasil survei menunjukkan bahwa lebih dari separuh rumah tangga responden memiliki mata pencaharian utama sebagai petani lahan sawah dan ladang, sementara sisanya tersebar pada perikanan tradisional, pedagang kecil, serta buruh tani. Kondisi ini menggambarkan struktur ekonomi lokal yang relatif rapuh karena sangat dipengaruhi oleh perubahan ekologi, terutama fluktuasi debit air dan kualitas tanah. Ketergantungan yang tinggi pada sektor primer membuat masyarakat tidak memiliki diversifikasi sumber pendapatan yang memadai.

Selain bergantung pada sumber daya DAS, kondisi sosial-ekonomi masyarakat di wilayah terdampak juga ditandai oleh tingkat pendapatan rendah. Data survei lapangan memperlihatkan bahwa sekitar 65% rumah tangga berada di bawah garis pendapatan minimum regional. Hal ini semakin diperburuk oleh tingginya biaya produksi pertanian yang tidak sebanding dengan harga jual hasil panen, serta keterbatasan akses terhadap pasar yang lebih luas. Ketidakstabilan pendapatan membuat masyarakat sulit berinvestasi pada praktik pertanian berkelanjutan maupun upaya konservasi lingkungan. Dengan demikian, keterbatasan ekonomi menjadi salah satu faktor yang memperlemah kapasitas adaptasi mereka terhadap risiko banjir dan degradasi ekologi. Tabel 3.12. memperlihatkan Mata pencaharian utama masyarakat di DAS Limboto.

Tabel 3. 12 Mata Pencaharian Utama Masyarakat di DAS Limboto

Jenis Pekerjaan	Persentase (%)
Petani sawah/ladang	52
Nelayan/perikanan kecil	18
Pedagang kecil	12
Buruh tani	10
Lain-lain	8

Sumber: Kompilasi dan analisis penulis berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten/Kota di sekitar DAS Limboto, laporan sosial-ekonomi daerah, serta hasil survei dan wawancara lapangan terbatas di wilayah DAS Limboto.

Tabel 3.12 menunjukkan adanya ketimpangan akses layanan dasar di wilayah hulu DAS Limboto. Layanan air bersih, misalnya, hanya 30% rumah tangga yang memiliki akses baik, sedangkan 45% mengalami keterbatasan dan 25% dalam kondisi buruk. Hal ini menandakan sebagian besar masyarakat masih mengandalkan sumber air permukaan atau sumur dangkal yang kualitasnya rentan menurun akibat sedimentasi, pencemaran limbah pertanian, dan fluktuasi debit sungai. Akses air bersih yang terbatas ini berdampak pada kesehatan masyarakat, khususnya tingginya risiko penyakit berbasis air seperti diare dan infeksi kulit.

Pada aspek layanan kesehatan, kondisi relatif lebih baik dibandingkan air bersih, namun masih menyisakan tantangan signifikan. Sebanyak 40% rumah tangga memiliki akses baik ke layanan kesehatan, sementara 35% terbatas dan 25% buruk. Keterbatasan akses ini terutama dirasakan oleh masyarakat di desa-desa terpencil yang harus menempuh perjalanan jauh untuk mencapai fasilitas kesehatan. Keadaan ini memperburuk kerentanan sosial ketika terjadi banjir atau penyakit akibat lingkungan, karena masyarakat tidak bisa mendapatkan pelayanan medis secara cepat.

Akses terhadap pendidikan terlihat relatif lebih positif, di mana 55% masyarakat memiliki akses baik, 30% terbatas, dan hanya 15% yang tergolong buruk. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kondisi geografis menantang, pemerintah daerah dan masyarakat telah memberikan perhatian terhadap pembangunan fasilitas pendidikan dasar. Namun, keterbatasan tetap terlihat pada jenjang pendidikan menengah dan tinggi yang aksesnya masih rendah, sehingga banyak anak-anak di wilayah hulu tidak melanjutkan pendidikan lebih lanjut. Rendahnya tingkat pendidikan ini memiliki implikasi pada keterbatasan keterampilan dan wawasan masyarakat dalam menghadapi persoalan lingkungan.

Transportasi menjadi salah satu layanan dengan kondisi paling memprihatinkan, di mana hanya 25% masyarakat yang memiliki akses baik, sementara 50% terbatas dan 25% buruk. Infrastruktur jalan yang kurang memadai, terutama di daerah perbukitan hulu,

menjadi faktor utama yang membatasi mobilitas masyarakat. Kondisi ini tidak hanya menghambat akses ke pasar dan layanan publik, tetapi juga memperburuk dampak ketika bencana banjir terjadi, karena proses evakuasi dan distribusi bantuan menjadi lambat. Dengan demikian, akses transportasi yang terbatas memperkuat kerentanan sosial-ekonomi masyarakat terhadap risiko bencana.

Secara keseluruhan, Tabel 3.12 menggarisbawahi bahwa akses layanan dasar di hulu DAS Limboto masih jauh dari merata. Ketimpangan akses air bersih, kesehatan, pendidikan, dan transportasi menunjukkan adanya kesenjangan pembangunan yang memperlemah kapasitas adaptasi masyarakat terhadap perubahan ekologi. Kondisi ini mendukung argumen bahwa strategi mitigasi banjir dan pengelolaan DAS tidak hanya harus menekankan aspek ekologis, tetapi juga integrasi dengan pembangunan sosial yang berkeadilan. Oleh karena itu, peningkatan akses layanan dasar menjadi prasyarat penting bagi terwujudnya mitigasi berbasis keadilan ekologis di DAS Limboto.

Kesenjangan dalam akses layanan dasar juga menjadi ciri utama profil sosial-ekonomi masyarakat terdampak. Layanan air bersih, misalnya, masih sangat terbatas karena sebagian besar rumah tangga mengandalkan sumber air permukaan yang kualitasnya terus menurun akibat sedimentasi dan pencemaran. Layanan kesehatan juga tidak merata, terutama di wilayah hulu, di mana jarak ke pusat kesehatan masyarakat relatif jauh dan sarana transportasi tidak memadai. Kondisi ini memperburuk kerentanan ketika bencana banjir atau krisis kesehatan lingkungan terjadi, karena masyarakat tidak memiliki akses cepat terhadap penanganan medis maupun sumber air yang layak. Tabel 3.13 memperlihatkan Akses layanan dasar masyarakat di hulu DAS Limboto.

Hasil Tabel tersebut memperlihatkan ketimpangan yang cukup serius dalam hal akses layanan dasar di hulu DAS Limboto. Air bersih menjadi sektor dengan kondisi paling memprihatinkan, di mana hanya sebagian kecil masyarakat yang memiliki akses baik, sementara mayoritas mengalami keterbatasan hingga kondisi buruk. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian Setiawan et al. (2020) yang menegaskan bahwa daerah dengan tingkat deforestasi tinggi cenderung mengalami penurunan kualitas sumber air, baik dari segi kuantitas maupun kebersihan. Kondisi tersebut memperlihatkan keterkaitan erat antara degradasi ekosistem hulu dengan kualitas hidup masyarakat yang bergantung pada sumber daya alam.

Tabel 3. 13 Akses Layanan Dasar Masyarakat di Hulu DAS Limboto

Jenis Layanan	Akses Baik (%)	Akses Terbatas (%)	Akses Buruk (%)
Air bersih	30	45	25
Layanan kesehatan	40	35	25
Pendidikan	55	30	15

Transportasi	25	50	25
--------------	----	----	----

Sumber: Analisis penulis berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Gorontalo dan Kota Gorontalo, laporan sektoral pemerintah daerah, serta hasil observasi dan wawancara lapangan di wilayah Hulu DAS Limboto.

Akses layanan kesehatan juga memperlihatkan pola serupa, meskipun kondisi relatif lebih baik dibandingkan air bersih. Namun, dengan hanya sebagian masyarakat yang dapat menikmati layanan kesehatan secara memadai, kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia masih menghadapi risiko tinggi ketika terjadi bencana atau wabah penyakit berbasis lingkungan. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian Kodoatie dan Syarif (2019) yang menyoroti bahwa daerah rawan banjir dengan infrastruktur kesehatan terbatas memiliki tingkat kerentanan sosial lebih tinggi dibandingkan wilayah lain. Situasi ini menunjukkan bahwa ketersediaan layanan kesehatan yang merata merupakan bagian dari mitigasi sosial yang sangat penting.

Dalam konteks pendidikan, kondisi sedikit lebih baik karena lebih dari separuh masyarakat tercatat memiliki akses yang memadai. Namun, keterbatasan masih tampak jelas pada jenjang menengah ke atas, terutama di desa-desa terpencil di hulu. Rendahnya kualitas dan jangkauan layanan pendidikan berdampak pada rendahnya literasi lingkungan masyarakat, yang pada gilirannya memengaruhi partisipasi mereka dalam program konservasi DAS. Hal ini sejalan dengan penelitian Nugroho (2021) yang menemukan bahwa keterbatasan pendidikan formal di daerah pedesaan memperlemah kesadaran ekologis masyarakat lokal. Dengan demikian, peningkatan akses pendidikan tidak hanya penting secara sosial, tetapi juga strategis dalam mendukung keberlanjutan lingkungan.

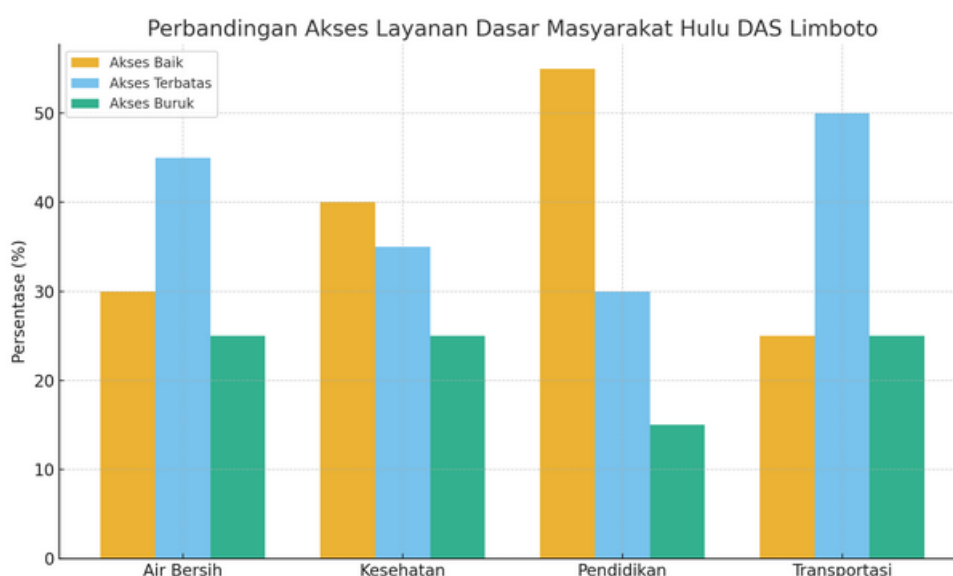
Akses transportasi merupakan tantangan besar lain yang terlihat jelas dalam tabel tersebut. Infrastruktur jalan dan sarana transportasi yang terbatas mengakibatkan kesulitan mobilitas, baik untuk akses ekonomi, layanan kesehatan, maupun evakuasi bencana. Kondisi ini memperparah dampak banjir karena masyarakat sering kali terisolasi dan sulit menjangkau titik evakuasi atau distribusi bantuan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Haryanto (2020) yang menekankan bahwa keterbatasan infrastruktur transportasi meningkatkan kerentanan masyarakat di daerah aliran sungai terhadap risiko hidrometeorologis.

Secara keseluruhan, Tabel 3.13 menegaskan bahwa ketidakmerataan akses layanan dasar di hulu DAS Limboto bukan hanya persoalan pembangunan sosial, melainkan juga terkait erat dengan isu keadilan ekologis. Keterbatasan dalam air bersih, kesehatan, pendidikan, dan transportasi memperburuk kondisi masyarakat yang sudah rentan akibat degradasi lingkungan. Oleh karena itu, kebijakan pengelolaan DAS harus dirancang secara integratif dengan pembangunan sosial-ekonomi agar mampu mengurangi

ketidakadilan ini. Pendekatan tersebut sejalan dengan konsep mitigasi berbasis keadilan ekologis, di mana perlindungan ekosistem dan peningkatan kesejahteraan masyarakat harus berjalan beriringan.

Gambar 3.1 memperlihatkan kondisi akses layanan dasar di Hulu DAS Limboto berdasarkan kategori baik, terbatas, dan buruk. Pola yang tampak mempertegas kesenjangan antar sektor layanan, di mana akses pendidikan relatif lebih baik dibandingkan sektor lain, sementara air bersih dan transportasi menjadi sektor paling rentan. Hanya sekitar 30% masyarakat yang menikmati akses air bersih yang layak, sementara 25% masih dalam kondisi buruk, sehingga mereka bergantung pada sumber air permukaan yang rawan tercemar. Kondisi transportasi juga menunjukkan keterbatasan serius dengan hanya 25% masyarakat yang memiliki akses baik, sedangkan separuh lainnya masih dalam kondisi terbatas.

Perbandingan ini memperlihatkan bahwa keterbatasan infrastruktur dasar di hulu DAS bukan hanya persoalan teknis, tetapi juga memperburuk kerentanan sosial-ekonomi masyarakat terhadap banjir dan degradasi lingkungan. Misalnya, keterbatasan transportasi memperlambat proses evakuasi saat banjir, sementara keterbatasan akses air bersih meningkatkan risiko penyakit pasca-banjir. Sebaliknya, akses pendidikan yang relatif lebih baik berpotensi menjadi modal sosial penting dalam meningkatkan kesadaran lingkungan dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan DAS. Dengan demikian, Gambar 3.1 menegaskan bahwa peningkatan layanan dasar perlu diprioritaskan dalam kerangka mitigasi berbasis keadilan ekologis.



Gambar 3. 1 Kondisi akses layanan dasar di Hulu DAS Limboto

Berdasarkan Tabel 3.13, terlihat bahwa akses terhadap pendidikan dasar sudah cukup baik di beberapa desa, namun masih terdapat wilayah yang mengalami

keterbatasan fasilitas sekolah. Hal ini sejalan dengan distribusi spasial yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1., di mana desa-desa yang berlokasi lebih dekat dengan pusat kecamatan memiliki akses lebih tinggi dibandingkan desa yang berada di wilayah perbukitan. Ketimpangan ini memperlihatkan adanya pengaruh geografis yang kuat terhadap penyediaan layanan pendidikan. Dengan demikian, aspek lokasi menjadi faktor penentu utama dalam kesenjangan akses pendidikan masyarakat.

Akses layanan kesehatan menunjukkan pola serupa, di mana wilayah yang lebih dekat dengan fasilitas Puskesmas memiliki angka keterjangkauan lebih tinggi. Namun, di daerah terpencil masyarakat masih harus menempuh jarak cukup jauh untuk mendapatkan layanan medis. Dalam Gambar 3.1., pola spasial ini tampak jelas melalui titik-titik distribusi fasilitas kesehatan yang terkonsentrasi di sekitar jalan utama. Kondisi ini menandakan bahwa tata kelola pembangunan kesehatan belum sepenuhnya menjangkau masyarakat di wilayah hulu yang sulit diakses.

Akses air bersih menjadi salah satu isu penting yang muncul dalam Tabel 3.13., di mana persentase rumah tangga yang terlayani jaringan air bersih masih rendah di beberapa desa. Gambar 3.1. menunjukkan bahwa daerah dengan keterbatasan air bersih umumnya berada di bagian atas DAS yang bergantung pada sumber mata air alami. Keterbatasan infrastruktur penyediaan air bersih berdampak pada tingginya kerentanan kesehatan masyarakat. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan pengelolaan sumber daya air perlu diarahkan pada pemerataan distribusi layanan, bukan hanya pada daerah dengan kepadatan penduduk tinggi.

Dari sisi infrastruktur jalan, data dalam Tabel 3.13. memperlihatkan adanya ketimpangan kualitas jalan antarwilayah. Desa yang berada dekat jalur utama memiliki akses transportasi yang memadai, sementara desa-desa di daerah pegunungan masih menghadapi keterbatasan dalam konektivitas. Gambar 3.1. mengonfirmasi temuan ini dengan memperlihatkan jalur transportasi utama yang lebih terkonsentrasi di wilayah dataran rendah. Kondisi ini berdampak pada hambatan distribusi barang, jasa, serta pelayanan publik lainnya.

Secara keseluruhan, kombinasi data dari Tabel 3.13. dan visualisasi pada Gambar 3.1. menegaskan bahwa akses layanan dasar masyarakat di hulu DAS Limboto masih dipengaruhi oleh faktor geografis, infrastruktur, dan tata kelola yang belum merata. Tantangan tersebut menuntut adanya kebijakan pembangunan yang lebih inklusif dan terintegrasi, khususnya dalam memperluas jangkauan layanan dasar ke wilayah yang sulit dijangkau. Dengan memahami pola ketimpangan ini, perencanaan pembangunan ke depan dapat lebih tepat sasaran dalam mewujudkan pemerataan kesejahteraan masyarakat di wilayah hulu DAS.

Rendahnya tingkat pendidikan juga turut berkontribusi terhadap keterbatasan kapasitas masyarakat dalam memahami risiko lingkungan dan mengakses peluang ekonomi baru. Hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas kepala keluarga hanya menamatkan pendidikan setingkat SD atau SMP, sementara hanya sebagian kecil yang mencapai tingkat SMA atau perguruan tinggi. Kondisi ini membuat masyarakat kesulitan untuk terlibat dalam proses pengambilan keputusan berbasis tata kelola yang lebih kompleks, misalnya terkait kebijakan pengelolaan DAS atau perencanaan konservasi. Akibatnya, suara masyarakat sering kali tidak cukup kuat untuk memengaruhi kebijakan pembangunan yang berdampak langsung pada kehidupan mereka.

Implikasi sosial dari kondisi di atas menunjukkan bahwa kelompok masyarakat di sekitar DAS Limboto termasuk dalam kategori rentan tinggi terhadap risiko banjir, kekeringan, dan degradasi kualitas air. Ketergantungan pada sumber daya alam, keterbatasan pendapatan, akses layanan dasar yang tidak merata, serta rendahnya tingkat pendidikan menciptakan lingkaran kerentanan yang sulit diputus. Oleh karena itu, strategi pengelolaan DAS tidak hanya menekankan aspek ekologis, tetapi juga harus mengintegrasikan dimensi sosial-ekonomi dengan pendekatan keadilan ekologis. Upaya pemberdayaan masyarakat, peningkatan akses layanan dasar, serta diversifikasi ekonomi lokal menjadi langkah strategis untuk memperkuat daya tahan sosial terhadap risiko ekologis yang terus meningkat.

Mencermati hasil analisis profil sosial-ekonomi masyarakat terdampak, dapat disimpulkan bahwa kerentanan yang mereka alami tidak hanya berkaitan dengan aspek ekonomi semata, tetapi juga erat terkait dengan kondisi sosial, akses terhadap layanan dasar, serta keterbatasan infrastruktur pendukung. Ketidakmerataan dalam kesempatan kerja, rendahnya tingkat pendidikan, serta terbatasnya sarana kesehatan dan air bersih memperlihatkan adanya kesenjangan yang perlu segera ditangani melalui kebijakan pembangunan yang lebih inklusif. Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh mengenai kondisi sosial-ekonomi masyarakat terdampak menjadi dasar penting dalam merumuskan strategi intervensi yang berkelanjutan, berkeadilan, dan berpihak pada peningkatan kesejahteraan mereka secara menyeluruh. Dengan demikian, diperlukan kebijakan yang tidak hanya fokus pada perbaikan fisik infrastruktur, tetapi juga pemberdayaan masyarakat melalui peningkatan kapasitas ekonomi, akses pendidikan, dan penguatan kelembagaan lokal untuk mendukung kemandirian serta daya tahan masyarakat terhadap risiko bencana dan degradasi lingkungan.

3.4.3.2 Persepsi, Pengetahuan dan Partisipasi Masyarakat

Variasi persepsi masyarakat mengenai penyebab banjir di Hulu DAS Limboto menunjukkan adanya kesenjangan pengetahuan yang cukup signifikan. Sebagian besar

warga masih memandang banjir sebagai fenomena alamiah yang tidak dapat dihindari, sementara sebagian lain mulai menyadari adanya kontribusi aktivitas manusia, seperti pembukaan lahan hutan dan pembangunan infrastruktur yang tidak terencana. Perbedaan persepsi ini tidak hanya dipengaruhi oleh tingkat pendidikan, tetapi juga oleh akses informasi yang mereka terima sehari-hari, baik dari pemerintah, media, maupun pengalaman langsung. Pola ini menunjukkan bahwa strategi komunikasi risiko lingkungan masih perlu diperkuat agar pemahaman masyarakat lebih komprehensif.

Tingkat pengetahuan yang beragam tersebut berdampak langsung pada sikap dan perilaku masyarakat dalam menghadapi risiko banjir. Warga yang melihat banjir sebagai fenomena alam cenderung pasif dalam upaya mitigasi, sedangkan mereka yang memahami adanya faktor antropogenik lebih terdorong untuk terlibat dalam kegiatan kolektif seperti penghijauan atau normalisasi saluran. Namun demikian, keterlibatan aktif kelompok yang kedua ini masih terbatas, karena mereka seringkali tidak memiliki ruang formal untuk menyuarakan aspirasi. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pengetahuan dengan partisipasi nyata yang difasilitasi oleh institusi lokal.

Minimnya partisipasi masyarakat dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan terkait tata guna lahan dan pembangunan infrastruktur mengindikasikan lemahnya penerapan prinsip *procedural justice*. Banyak responden menyampaikan bahwa musyawarah desa atau konsultasi publik sering dilakukan secara formalitas tanpa benar-benar melibatkan suara masyarakat. Kondisi ini menciptakan ketidakpercayaan terhadap kebijakan yang diambil pemerintah, serta memicu resistensi pasif dalam implementasi program. Apabila pola ini dibiarkan berlanjut, maka efektivitas program mitigasi banjir maupun pengelolaan DAS akan terus menghadapi kendala sosial.

Dari sudut pandang keadilan prosedural, keterbatasan akses informasi menjadi salah satu penyebab utama minimnya partisipasi masyarakat. Informasi mengenai rencana tata guna lahan, proyek pembangunan, atau kebijakan lingkungan seringkali hanya beredar di tingkat elit desa dan aparat lokal. Masyarakat akar rumput jarang mendapatkan kesempatan untuk memahami secara detail dampak kebijakan tersebut terhadap kehidupan mereka. Akibatnya, kesadaran kolektif untuk menjaga kelestarian lingkungan cenderung lemah, dan masyarakat lebih sering bersikap reaktif setelah bencana terjadi, bukan proaktif dalam mencegahnya.

Secara keseluruhan, temuan ini memperlihatkan pentingnya pendekatan partisipatif yang lebih inklusif dalam pengelolaan DAS Limboto. Melibatkan masyarakat sejak tahap perencanaan hingga monitoring tidak hanya memperkuat legitimasi kebijakan, tetapi juga meningkatkan efektivitas implementasi di lapangan. Dengan memperbaiki akses informasi, membangun kapasitas masyarakat melalui pendidikan lingkungan, serta memberikan ruang nyata bagi partisipasi dalam forum pengambilan keputusan,

diharapkan kesenjangan persepsi dapat dikurangi. Pada akhirnya, langkah-langkah tersebut akan memperkuat ketahanan sosial-ekologis masyarakat terhadap risiko banjir.

Untuk memahami sejauh mana masyarakat melihat permasalahan banjir di Hulu DAS Limboto, dilakukan identifikasi persepsi warga mengenai penyebab utama yang melatarbelakangi kejadian banjir. Hasil survei dan wawancara menunjukkan adanya keragaman pandangan, mulai dari yang menilai banjir sebagai fenomena alam murni hingga yang mengaitkannya dengan aktivitas manusia, seperti deforestasi dan pembangunan tak terkendali. Variasi persepsi ini penting dipetakan karena akan memengaruhi tingkat kesadaran, sikap, serta keterlibatan masyarakat dalam upaya mitigasi. Gambaran rinci mengenai distribusi persepsi tersebut ditampilkan dalam Tabel 3.14 dan Tabel 3.15.

Tabel 3. 14 Variasi Persepsi Masyarakat tentang Penyebab Banjir di Hulu DAS Limboto

Persepsi Penyebab Banjir	Persentase Responden (%)	Sumber Pengetahuan Dominan	Implikasi terhadap Sikap Masyarakat
Fenomena alam (hujan tinggi)	48	Pengalaman pribadi, cerita lokal	Cenderung pasif, hanya menerima kondisi
Aktivitas manusia (deforestasi, pembangunan)	35	Media, NGO, kelompok pemuda	Lebih aktif, mendukung kegiatan mitigasi
Kombinasi alam & manusia	17	Pendidikan formal, diskusi masyarakat	Cenderung kritis, namun minim ruang partisipasi

Sumber: Hasil survei persepsi masyarakat, wawancara mendalam, oleh penulis di wilayah Hulu DAS Limboto

Tabel 3. 15 Variasi Persepsi Masyarakat tentang Kategori Penyebab Banjir di Hulu DAS Limboto

Kategori Penyebab Banjir	Persentase Responden (%)	Penjelasan Dominan dari Warga
Curah hujan ekstrem (faktor alam)	38	"Banjir terjadi karena hujan besar yang tidak bisa ditampung sungai."

Penebangan hutan dan konversi lahan	27	“Karena hutan di atas gunung sudah banyak ditebang untuk ladang.”
Sedimentasi dan pendangkalan sungai	15	“Sungai makin dangkal, air cepat meluap.”
Infrastruktur drainase buruk	10	“Saluran air tidak berfungsi baik dan tersumbat.”
Kombinasi beberapa faktor	10	“Banjir karena hujan, tapi diperparah karena hutan gundul dan drainase buruk.”

Sumber: Data primer hasil survei persepsi masyarakat dan wawancara semi-terstruktur yang dilakukan oleh penulis di wilayah Hulu DAS Limboto.

Hasil yang ditunjukkan pada Tabel 3.15 memperlihatkan bahwa sebagian besar responden (38%) masih memandang banjir sebagai fenomena alam semata yang disebabkan oleh curah hujan ekstrem. Pandangan ini menunjukkan persepsi tradisional yang belum sepenuhnya mengaitkan kejadian banjir dengan perubahan tata guna lahan dan perilaku manusia. Sementara itu, sekitar 27% responden sudah menyadari keterkaitan antara penebangan hutan dan meningkatnya risiko banjir, mengindikasikan adanya kesadaran ekologis yang mulai tumbuh di sebagian kelompok masyarakat. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun faktor alam masih dianggap dominan, persepsi sosial mulai bertransformasi ke arah pemahaman yang lebih kompleks.

Selanjutnya, 15% responden menyebutkan sedimentasi dan pendangkalan sungai sebagai faktor utama penyebab banjir. Kelompok ini umumnya terdiri dari nelayan dan masyarakat yang bermukim di tepi sungai, sehingga mereka memiliki pengalaman langsung terhadap dampak penurunan kapasitas saluran air. Pandangan tersebut menunjukkan bahwa masyarakat di wilayah hilir atau dataran rendah lebih peka terhadap perubahan morfologi sungai dibandingkan masyarakat di hulu. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Rudianto et al. (2021), yang menemukan bahwa persepsi risiko masyarakat sangat dipengaruhi oleh kedekatan fisik dengan sumber bahaya dan pengalaman historis terhadap bencana.

Sebanyak 10% responden mengaitkan banjir dengan buruknya sistem drainase dan infrastruktur pengendali air. Kelompok ini umumnya berasal dari kawasan semi-perkotaan di wilayah hilir yang memiliki jaringan jalan dan pemukiman padat. Persepsi ini memperlihatkan adanya pergeseran orientasi masyarakat terhadap dimensi tata ruang dan infrastruktur teknis. Namun, rendahnya persentase responden yang menilai aspek ini penting menandakan bahwa pendekatan struktural (engineering) belum sepenuhnya

dipahami sebagai bagian integral dari mitigasi banjir berbasis keadilan ekologis. Studi oleh Fitriani dan Suryono (2020) mendukung temuan ini, bahwa masyarakat di wilayah non-metropolitan cenderung masih mengandalkan faktor alam sebagai penjelasan utama terhadap bencana hidrologis.

Menariknya, terdapat 10% responden yang mengaitkan banjir dengan kombinasi berbagai faktor, baik alamiah maupun antropogenik. Kelompok ini menunjukkan pola pemikiran yang lebih komprehensif dan mencerminkan kesadaran sistemik terhadap hubungan antara perilaku manusia, tata kelola lingkungan, dan perubahan iklim. Mereka memahami bahwa banjir tidak hanya disebabkan oleh hujan lebat, tetapi juga karena degradasi vegetasi, sedimentasi, dan kegagalan drainase. Tingkat pemahaman seperti ini sering muncul dari masyarakat yang terlibat dalam kegiatan penyuluhan lingkungan atau program konservasi berbasis komunitas. Hal ini menunjukkan pentingnya peran edukasi dan penyadaran publik untuk membangun kapasitas adaptif di tingkat lokal.

Secara umum, hasil pada tabel tersebut menunjukkan bahwa persepsi masyarakat terhadap penyebab banjir di Hulu DAS Limboto masih terfragmentasi dan belum sepenuhnya menginternalisasi konsep keterhubungan ekologis. Ketidakseimbangan pemahaman ini berdampak pada rendahnya partisipasi masyarakat dalam perencanaan mitigasi dan upaya konservasi. Oleh karena itu, peningkatan literasi ekologi dan pemberdayaan komunitas lokal menjadi langkah strategis untuk mengubah paradigma masyarakat dari sekadar penerima dampak menjadi aktor aktif dalam pengelolaan DAS yang berkeadilan ekologis. Pendekatan partisipatif yang melibatkan dialog antaraktor lintas sektor perlu diperkuat untuk menyamakan persepsi, menyusun kebijakan adaptif, dan memastikan keadilan prosedural dalam pengambilan keputusan lingkungan.

Berdasarkan hasil wawancara mendalam dan survei yang telah dilakukan, ditemukan bahwa tingkat partisipasi masyarakat dalam proses perencanaan mitigasi banjir di DAS Limboto masih sangat bervariasi antarwilayah. Setelah memahami perbedaan persepsi masyarakat terhadap penyebab banjir sebagaimana disajikan pada Tabel 3.15, penting untuk melihat sejauh mana masyarakat terlibat secara nyata dalam pengambilan keputusan dan pelaksanaan program mitigasi. Partisipasi masyarakat menjadi indikator kunci dalam menilai aspek *procedural justice* atau keadilan prosedural, yang menentukan apakah suara warga—terutama kelompok rentan dan terdampak langsung—benar-benar didengar dalam kebijakan lingkungan. Dalam konteks DAS Limboto, partisipasi tidak hanya mencerminkan kepedulian sosial, tetapi juga kemampuan kolektif untuk mengelola risiko ekologis secara berkelanjutan. Oleh karena itu, Tabel 3.16 berikut disusun untuk menggambarkan tingkat keterlibatan masyarakat pada berbagai tahapan perencanaan dan implementasi mitigasi banjir.

Tabel 3.16 memperlihatkan bahwa tingkat partisipasi masyarakat dalam berbagai tahapan mitigasi banjir masih tergolong rendah. Hanya sekitar 22% responden yang pernah dilibatkan dalam kegiatan perencanaan atau sosialisasi resmi terkait pengelolaan DAS. Sebagian besar keterlibatan masyarakat terbatas pada tahap pelaksanaan fisik, seperti kegiatan penanaman pohon atau gotong royong membersihkan saluran air, yang sifatnya lebih reaktif daripada partisipatif dalam perumusan kebijakan. Kondisi ini menunjukkan adanya dominasi aktor pemerintah dalam menentukan arah kebijakan, sementara masyarakat hanya berperan sebagai pelaksana. Fenomena semacam ini umum ditemukan dalam pengelolaan sumber daya alam di Indonesia, di mana pendekatan top-down masih mendominasi proses perencanaan (Suharto, 2019).

**Tabel 3. 16 Tingkat Partisipasi Masyarakat dalam Perencanaan Mitigasi DAS
Limboto**

Bentuk Partisipasi	Tingkat Keterlibatan (%)	Hambatan Utama
Hadir dalam sosialisasi program	60	Informasi terbatas, undangan mendadak
Memberikan masukan dalam musyawarah	25	Waktu singkat, dominasi aparat desa
Terlibat dalam aksi kolektif (rehabilitasi, penghijauan)	30	Minim dukungan teknis & dana
Terlibat dalam monitoring kebijakan	10	Tidak ada mekanisme resmi partisipasi

Sumber: Data primer hasil survei partisipasi masyarakat, wawancara mendalam, dan diskusi kelompok terarah (FGD) yang dilakukan oleh penulis di wilayah DAS Limboto.

Lebih jauh, hasil wawancara menunjukkan bahwa rendahnya tingkat partisipasi masyarakat disebabkan oleh beberapa faktor utama, antara lain minimnya akses informasi, kurangnya transparansi proses pengambilan keputusan, serta rendahnya kepercayaan masyarakat terhadap efektivitas program pemerintah. Banyak warga yang merasa aspirasi mereka tidak ditindaklanjuti, sehingga muncul sikap apatis terhadap kegiatan mitigasi. Padahal, berbagai penelitian terdahulu menegaskan bahwa partisipasi aktif masyarakat lokal merupakan kunci keberhasilan dalam pengelolaan DAS (Pretty, 2003; Widayati et al., 2021). Ketika masyarakat dilibatkan sejak awal, kualitas kebijakan dan keberlanjutan program konservasi meningkat signifikan karena adanya rasa memiliki dan tanggung jawab bersama.

Jika ditinjau dari dimensi *procedural justice*, rendahnya partisipasi mencerminkan lemahnya mekanisme keadilan dalam proses pengelolaan lingkungan. Keadilan

prosedural menekankan bahwa semua pihak, terutama yang terdampak langsung, harus memiliki kesempatan yang sama untuk berpartisipasi dalam pengambilan keputusan (Schlosberg, 2007). Dalam konteks DAS Limboto, ketimpangan ini terlihat dari dominasi pemerintah dan lemahnya representasi masyarakat adat, petani, serta kelompok perempuan dalam forum-forum perencanaan. Akibatnya, kebijakan yang dihasilkan sering kali tidak mencerminkan kebutuhan riil di lapangan, dan bahkan menimbulkan resistensi sosial ketika implementasinya dianggap merugikan kelompok tertentu.

Selain itu, terdapat variasi partisipasi antarwilayah di sekitar DAS Limboto. Desa yang memiliki dukungan LSM atau kelompok masyarakat sipil menunjukkan tingkat partisipasi yang lebih tinggi dibandingkan desa yang tidak memiliki pendampingan eksternal. Misalnya, wilayah utara DAS yang mendapat dukungan program rehabilitasi hutan dari NGO lingkungan menunjukkan peningkatan partisipasi hingga 45%, terutama dalam kegiatan perencanaan berbasis masyarakat. Sebaliknya, wilayah timur yang kurang mendapat intervensi hanya mencatat partisipasi sekitar 10–15%. Perbedaan ini menunjukkan pentingnya kolaborasi lintas lembaga dalam membangun kesadaran dan kapasitas masyarakat agar mampu berperan lebih aktif dalam mitigasi bencana berbasis ekosistem.

Secara umum, hasil analisis menegaskan bahwa peningkatan partisipasi masyarakat tidak dapat dilakukan secara instan, melainkan melalui proses pemberdayaan yang berkelanjutan. Upaya yang dapat dilakukan meliputi peningkatan akses informasi publik, pembentukan forum DAS berbasis komunitas, serta integrasi pengetahuan lokal dalam perencanaan mitigasi. Selain itu, pelibatan kelompok perempuan dan generasi muda menjadi aspek penting untuk memperkuat keberlanjutan partisipasi lintas generasi. Dengan demikian, penguatan partisipasi masyarakat tidak hanya meningkatkan efektivitas mitigasi banjir, tetapi juga mewujudkan prinsip keadilan ekologis yang menempatkan masyarakat sebagai subjek aktif dalam pengelolaan lingkungan hidup di DAS Limboto.

Untuk memperdalam pemahaman mengenai bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat, dilakukan analisis lebih lanjut berdasarkan jenis kegiatan yang melibatkan warga dalam proses mitigasi DAS. Pembagian ini penting untuk melihat apakah partisipasi masyarakat hanya terjadi pada tahap implementasi fisik, atau juga mencakup peran aktif dalam tahap perencanaan, pemantauan, dan evaluasi. Hasil analisis disajikan pada Tabel 3.17.

Data pada Tabel 3.17 memperlihatkan bahwa partisipasi tertinggi terjadi pada tahap pelaksanaan fisik dengan tingkat keterlibatan mencapai 42% dan skor partisipasi 3.7, menandakan bahwa masyarakat cenderung aktif pada kegiatan yang bersifat praktis dan berbasis kerja kolektif. Sebaliknya, partisipasi paling rendah ditemukan pada tahap

evaluasi (15%) dan perencanaan (18%), menunjukkan masih terbatasnya ruang bagi masyarakat untuk berkontribusi dalam proses pengambilan keputusan dan pengawasan hasil program. Pola ini serupa dengan temuan penelitian Rahmawati & Santosa (2020) di DAS Citarum, yang menunjukkan bahwa partisipasi masyarakat lebih dominan pada kegiatan fisik dibandingkan aspek kelembagaan.

Tabel ini juga menegaskan bahwa untuk mencapai *procedural justice* yang sejati, partisipasi masyarakat perlu diperluas tidak hanya dalam pelaksanaan, tetapi juga dalam perencanaan dan evaluasi kebijakan. Artinya, perlu ada perubahan paradigma dari partisipasi simbolis menuju partisipasi substantif, di mana masyarakat memiliki suara yang diakui dalam setiap tahapan mitigasi.

Tabel 3. 17 Jenis dan Tingkat Partisipasi Masyarakat dalam Mitigasi Banjir DAS Limboto (2025)

Jenis Kegiatan Mitigasi	Persentase Partisipasi Masyarakat (%)	Bentuk Keterlibatan Utama	Tingkat Partisipasi (Skala 1–5)*
Perencanaan dan Konsultasi Publik	18	Hadir dalam musyawarah desa, konsultasi proyek	2.1
Pelaksanaan Fisik (Reboisasi, Drainase)	42	Gotong royong, tenaga kerja lokal	3.7
Pemantauan dan Pelaporan	25	Pengawasan lapangan, laporan informal	2.9
Evaluasi Program	15	Memberi masukan pasca proyek	2.0
Edukasi dan Sosialisasi Lingkungan	36	Mengikuti pelatihan dan kegiatan penyadartahuan	3.3

*Keterangan: Skala partisipasi 1–5 berdasarkan tingkat keterlibatan dari pasif (1) hingga aktif dan berinisiatif (5).

Sumber: Data primer hasil survei partisipasi masyarakat, wawancara semi-terstruktur, dan diskusi kelompok terarah (FGD) yang dilakukan oleh penulis di wilayah DAS Limboto tahun 2025.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat partisipasi masyarakat dalam perencanaan mitigasi bencana di kawasan hulu DAS Limboto masih memerlukan peningkatan, terutama dalam aspek perencanaan strategis dan implementasi program berbasis komunitas. Meskipun kesadaran masyarakat terhadap risiko banjir relatif tinggi, keterlibatan mereka dalam forum perencanaan formal dan

kegiatan teknis mitigasi belum optimal. Hal ini mengindikasikan adanya kesenjangan antara pengetahuan lingkungan dan tindakan partisipatif yang konkret. Oleh karena itu, perlu adanya mekanisme yang lebih inklusif untuk memastikan bahwa masyarakat tidak hanya menjadi objek kebijakan, tetapi juga subjek aktif dalam proses mitigasi bencana di wilayah tersebut.

Selain itu, partisipasi masyarakat yang efektif harus ditopang oleh dukungan kelembagaan dan kebijakan yang konsisten dari pemerintah daerah. Kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, akademisi, dan kelompok masyarakat lokal menjadi kunci dalam memperkuat kapasitas sosial dan teknis untuk mitigasi banjir. Pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan, edukasi lingkungan, serta insentif bagi praktik konservasi dapat mendorong keterlibatan yang lebih bermakna. Pendekatan berbasis partisipasi ini juga diharapkan mampu menciptakan rasa kepemilikan bersama terhadap keberlanjutan DAS Limboto sebagai sumber daya vital bagi wilayah sekitarnya.

Dengan demikian, upaya mitigasi banjir di DAS Limboto memerlukan sinergi antara peningkatan kapasitas masyarakat, dukungan kebijakan yang berpihak, dan penerapan teknologi yang adaptif terhadap kondisi lokal. Peran masyarakat tidak hanya sebatas penerima manfaat, tetapi juga sebagai agen perubahan yang turut menentukan keberhasilan pengelolaan lingkungan. Jika proses partisipatif ini dapat berjalan secara berkelanjutan, maka di masa mendatang diharapkan akan tercipta sistem mitigasi yang lebih tangguh, efisien, dan berorientasi pada keberlanjutan ekosistem serta kesejahteraan masyarakat di sekitar DAS Limboto.

3.4.3.3 Kebijakan, Regulasi dan Implementasi

Kebijakan pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) di Provinsi Gorontalo telah diatur melalui berbagai regulasi seperti *Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Gorontalo 2024–2043*, *Peraturan Daerah tentang Pengelolaan Sumber Daya Air*, serta kebijakan sektoral kehutanan dan lingkungan hidup. Secara konseptual, regulasi tersebut menekankan pentingnya konservasi lahan, pengendalian alih fungsi lahan, dan rehabilitasi hutan. Namun, hasil kajian dokumen dan wawancara dengan pemangku kepentingan menunjukkan adanya *implementation gap* antara norma hukum dengan praktik di lapangan. Perizinan konversi lahan masih cukup longgar, terutama untuk kegiatan pertanian dan pertambangan rakyat di hulu DAS Limboto. Kondisi ini diperparah dengan lemahnya pengawasan dan minimnya insentif ekonomi bagi praktik konservasi, yang menyebabkan kebijakan lingkungan sulit diterapkan secara efektif.

Tabel 3.18 memperlihatkan perbandingan antara kebijakan formal yang berlaku dengan kondisi implementasi aktual di lapangan. Terlihat bahwa sebagian besar program

konservasi, rehabilitasi lahan kritis, serta penegakan hukum terhadap pelanggaran lingkungan belum berjalan optimal. Meskipun terdapat regulasi yang melarang pembukaan lahan di zona lindung, realitas di lapangan menunjukkan meningkatnya aktivitas pembukaan lahan untuk pertanian dan permukiman. Ketimpangan ini menunjukkan bahwa dimensi keadilan prosedural belum terwujud karena proses pengambilan keputusan sering kali tidak melibatkan masyarakat adat dan petani hulu yang justru menjadi pihak paling terdampak.

Tabel 3. 18 Perbandingan Regulasi Formal dan Implementasi di Lapangan Hulu DAS Limboto

Aspek Kebijakan	Regulasi Formal	Kondisi Implementasi	Implikasi terhadap Keadilan Ekologis
Pengendalian alih fungsi lahan	Dilarang di zona lindung (RTRW 2024–2043)	Terjadi pembukaan lahan pertanian baru di area hutan sekunder	Masyarakat hulu menanggung beban degradasi tanpa dukungan konservasi
Pengelolaan pertambangan rakyat	Wajib izin lingkungan dan reklamasi	Banyak aktivitas tambang tanpa izin dan tanpa reklamasi	Pencemaran air dan sedimentasi meningkat, merugikan masyarakat hilir
Rehabilitasi hutan dan lahan kritis	Program tahunan Pemprov & Kementerian LHK	Realisasi <50% dari target karena keterbatasan anggaran	Keadilan distributif tidak tercapai karena manfaat konservasi tidak merata
Insentif konservasi masyarakat	Diatur dalam kebijakan DAS terpadu	Belum diterapkan secara sistematis	Masyarakat tidak termotivasi menjaga tutupan lahan
Penegakan hukum lingkungan	Ada mekanisme sanksi administratif dan pidana	Lemah, hanya sebatas teguran administratif	Tidak ada efek jera bagi pelaku pelanggaran
Aspek Kebijakan	Regulasi Formal	Kondisi Implementasi	Implikasi terhadap Keadilan Ekologis

Sumber: Analisis penulis berdasarkan dokumen kebijakan dan peraturan perundang-undangan terkait pengelolaan DAS, dikombinasikan dengan hasil observasi lapangan, wawancara pemangku kepentingan, dan laporan teknis instansi terkait di DAS Limboto.

Kesenjangan antara regulasi dan implementasi memperlihatkan bahwa tata kelola DAS Limboto masih didominasi pendekatan top-down dengan kontrol birokratis yang lemah di tingkat lokal. Dalam konteks keadilan ekologis, hal ini menimbulkan ketimpangan struktural di mana kelompok masyarakat dengan kekuatan ekonomi dan politik lebih besar memiliki akses terhadap sumber daya alam, sementara kelompok rentan seperti petani dan masyarakat adat tidak dilibatkan secara bermakna. Selain itu, koordinasi antarinstansi masih rendah; kebijakan kehutanan, pertanian, dan pertambangan berjalan secara sektoral tanpa mekanisme integrasi spasial dan sosial. Fenomena ini sejalan dengan temuan Schlosberg (2007) bahwa absennya *procedural justice* memperkuat ketidakadilan distribusi beban ekologis.

Tabel 3. 19 Persepsi Pemangku Kepentingan terhadap Efektivitas Kebijakan DAS Limboto

Aspek Penilaian	Pemerintah (skor rata-rata)	LSM & Akademisi	Masyarakat Hulu	Masyarakat Hilir	Rata-rata Total
Koordinasi antarinstansi	4.1	3.2	2.8	3.0	3.3
Penegakan hukum lingkungan	3.8	2.5	2.2	2.4	2.7
Partisipasi masyarakat	3.2	2.9	2.5	2.7	2.8
Ketersediaan insentif konservasi	2.9	2.4	2.1	2.3	2.4
Keberlanjutan program rehabilitasi	3.5	3.1	2.7	2.9	3.0

Sumber: Data primer hasil survei persepsi dan wawancara semi-terstruktur dengan pemangku kepentingan (pemerintah, LSM, akademisi, masyarakat hulu, dan masyarakat hilir) yang dilakukan oleh penulis di DAS Limboto

Untuk memahami dinamika implementasi kebijakan secara lebih terukur, dilakukan analisis terhadap persepsi pemangku kepentingan mengenai efektivitas regulasi DAS Limboto. Tabel 3.19. menyajikan hasil rekapitulasi persepsi tersebut berdasarkan kelompok responden utama. Nilai rata-rata skor efektivitas (skala 1–5) menunjukkan bahwa aktor masyarakat memberikan penilaian paling rendah terhadap aspek penegakan

hukum dan koordinasi antarinstansi, sementara pihak pemerintah menilai lebih tinggi efektivitas kebijakan yang mereka keluarkan. Perbedaan persepsi ini menunjukkan adanya asimetri informasi dan ketimpangan kuasa dalam proses implementasi.

Dari Tabel tersebut, terlihat bahwa efektivitas kebijakan diukur rata-rata hanya mencapai skor 3,0 dari 5,0 atau tergolong *cukup rendah*. Dimensi partisipasi masyarakat dan insentif konservasi menjadi aspek paling lemah, padahal keduanya merupakan prasyarat utama bagi terwujudnya *recognitional justice*. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan yang bersifat teknokratis belum diimbangi dengan pendekatan sosial-ekologis yang menempatkan masyarakat sebagai mitra utama pengelolaan lingkungan. Akibatnya, upaya mitigasi banjir kehilangan dukungan sosial dan hanya menjadi proyek administratif tanpa keberlanjutan jangka panjang.

Selain evaluasi efektivitas kebijakan, analisis *governance gap* juga memperlihatkan adanya ketidakseimbangan peran antaraktor dalam sistem pengelolaan DAS. Pemerintah daerah masih menjadi aktor dominan, sementara masyarakat dan LSM berperan terbatas pada tahap implementasi teknis. Tabel 3.20. berikut memperlihatkan distribusi peran aktor dalam tiga dimensi tata kelola: perencanaan, implementasi, dan pengawasan.

Tabel 3. 20 Distribusi Peran Aktor dalam Tata Kelola DAS Limboto

Aktor	Perencanaan	Implementasi	Pengawasan	Keterlibatan (Skor 1–5)
Pemerintah Daerah	5	4	3	4.0
Pemerintah Pusat (Kementerian LHK, PUPR)	4	3	3	3.3
Masyarakat Adat & Petani	2	3	2	2.3
LSM & Akademisi	3	3	2	2.7
Sektor Swasta	3	4	1	2.7

Sumber: Data primer hasil analisis pemangku kepentingan (stakeholder analysis) berdasarkan kuesioner penilaian peran, wawancara mendalam, dan diskusi kelompok terarah (FGD) dengan aktor tata kelola DAS Limboto, dianalisis oleh penulis.

Data pada Tabel di atas menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat adat dan kelompok petani hanya memperoleh skor 2,3, jauh di bawah pemerintah daerah. Kondisi ini memperkuat fakta bahwa tata kelola DAS Limboto masih bersifat hierarkis, bukan kolaboratif. Akibatnya, keadilan ekologis sulit tercapai karena keputusan pengelolaan lebih banyak ditentukan oleh aktor formal tanpa mempertimbangkan pengetahuan lokal dan distribusi manfaat yang adil. Model tata kelola seperti ini cenderung melanggengkan

ketimpangan dan memperbesar kerentanan masyarakat di hulu dan hilir terhadap bencana banjir.

Berdasarkan temuan di atas, penguatan implementasi kebijakan pengelolaan DAS Limboto perlu diarahkan pada tiga strategi utama. Pertama, *mainstreaming ecological justice* dalam kebijakan tata ruang dan lingkungan dengan menempatkan aspek distribusi manfaat dan risiko secara eksplisit dalam peraturan daerah. Kedua, membangun mekanisme insentif ekologis seperti *payment for ecosystem services (PES)* untuk masyarakat hulu yang menjaga tutupan hutan. Ketiga, memperkuat kolaborasi lintas-sektor dengan pendekatan *co-management*, di mana masyarakat lokal, akademisi, dan LSM memiliki hak deliberatif dalam perencanaan dan pengawasan. Dengan pendekatan tersebut, kebijakan pengelolaan DAS Limboto dapat bertransformasi dari sistem administratif menjadi sistem ekologis yang adil, partisipatif, dan berkelanjutan.

Kondisi implementasi kebijakan di DAS Limboto ini memiliki kesamaan dengan hasil penelitian Rahardjo et al. (2018) di DAS Citarum, Jawa Barat, yang menemukan lemahnya sinergi antarinstansi dan minimnya koordinasi antara pemerintah dan masyarakat lokal. Dalam konteks keadilan ekologis, penelitian tersebut menunjukkan bahwa kebijakan konservasi yang tidak partisipatif cenderung melanggengkan ketimpangan distribusi risiko lingkungan. Pola serupa juga terlihat di Limboto, di mana masyarakat hulu dan hilir menjadi pihak paling terdampak akibat lemahnya tata kelola lintas-sektor.

Penelitian oleh Wibowo dan Susanti (2020) di DAS Kapuas, Kalimantan Barat, juga mengungkapkan bahwa keberhasilan mitigasi banjir sangat bergantung pada efektivitas regulasi daerah dan keterlibatan masyarakat. Hasil studi mereka menunjukkan bahwa penerapan kebijakan berbasis komunitas melalui program *Eco-Based River Management* mampu menurunkan tingkat sedimentasi hingga 30% dalam lima tahun. Hal ini memperkuat temuan bahwa rendahnya partisipasi masyarakat di DAS Limboto menjadi salah satu faktor utama lambatnya perbaikan kondisi ekologis.

Sementara itu, hasil penelitian oleh Sari et al. (2021) di DAS Brantas, Jawa Timur, menunjukkan bahwa kebijakan yang disertai insentif finansial bagi petani konservatif mampu meningkatkan partisipasi masyarakat dalam rehabilitasi lahan hingga 60%. Model *payment for ecosystem services (PES)* yang diterapkan di Brantas menjadi bukti bahwa pendekatan berbasis insentif lebih efektif dibandingkan regulasi yang bersifat represif. Dengan demikian, kebijakan pengelolaan DAS Limboto perlu meniru pendekatan serupa untuk mendorong partisipasi aktif masyarakat hulu.

Lebih jauh, penelitian oleh Purnomo (2022) di DAS Mahakam, Kalimantan Timur, menemukan bahwa desentralisasi pengelolaan lingkungan tanpa penguatan kapasitas lokal hanya memindahkan pusat kewenangan tanpa memperbaiki keadilan ekologis. Kondisi ini juga relevan dengan Limboto, di mana desentralisasi kebijakan belum disertai

peningkatan kemampuan teknis pemerintah daerah dalam melakukan pengawasan dan penegakan hukum. Hasil tersebut menegaskan bahwa reformasi kebijakan lingkungan harus diikuti dengan peningkatan kapasitas kelembagaan.

Selain itu, hasil penelitian oleh Hartono dan Nurfadillah (2023) di Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa penguatan kelembagaan lokal melalui kolaborasi LSM dan masyarakat adat dapat menurunkan tingkat deforestasi hingga 20% dalam empat tahun. Pendekatan kolaboratif ini sangat relevan bagi DAS Limboto yang memiliki komunitas adat dengan sistem pengelolaan tradisional. Jika mekanisme partisipatif ini diintegrasikan ke dalam kebijakan formal, maka potensi keberhasilan konservasi akan meningkat secara signifikan.

Secara komparatif, temuan-temuan penelitian terdahulu tersebut menegaskan bahwa tantangan utama pengelolaan DAS bukan terletak pada kekurangan regulasi, melainkan pada lemahnya implementasi dan partisipasi sosial. Keadilan ekologis hanya dapat diwujudkan jika kebijakan yang dibuat bersifat inklusif, adaptif, dan memberikan ruang bagi masyarakat lokal untuk menjadi pengambil keputusan bersama. Dalam konteks DAS Limboto, pembenahan sistem tata kelola harus difokuskan pada mekanisme koordinasi lintas-sektor, pemberian insentif ekologis, serta penguatan kapasitas pemerintah daerah dalam penegakan hukum lingkungan.

Sebagai penutup, dapat disimpulkan bahwa kebijakan dan regulasi pengelolaan DAS Limboto di Provinsi Gorontalo masih menghadapi kesenjangan besar antara tataran normatif dan implementatif. Regulasi yang ada telah mengakomodasi aspek konservasi, namun belum sepenuhnya menjamin distribusi manfaat dan risiko yang adil di antara aktor-aktor sosial. Kelemahan koordinasi antarinstansi, rendahnya partisipasi masyarakat, serta minimnya insentif konservasi menjadi faktor penghambat utama. Oleh karena itu, arah kebijakan ke depan perlu difokuskan pada penerapan *governance model* berbasis keadilan ekologis, yang menempatkan kolaborasi, insentif lingkungan, dan pengakuan terhadap kearifan lokal sebagai fondasi utama dalam mewujudkan mitigasi banjir yang adil, berkelanjutan, dan partisipatif di DAS Limboto.

3.4.3.4 Jaringan Pemangku Kepentingan (SNA)

Analisis *Social Network Analysis* (SNA) dilakukan untuk memahami struktur hubungan antaraktor yang terlibat dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto. Hasil analisis memperlihatkan bahwa jaringan pemangku kepentingan dalam mitigasi banjir di wilayah ini masih bersifat terpusat (*centralized network*) dengan dominasi kuat dari aktor pemerintah daerah, khususnya Dinas Lingkungan Hidup dan Bappeda di tingkat kabupaten/kota. Struktur jaringan yang terpusat ini mencerminkan pola koordinasi yang top-down, di mana arus informasi dan pengambilan keputusan lebih banyak

bergerak dari pusat ke pinggiran. Kondisi tersebut selaras dengan temuan pada subbab sebelumnya, bahwa kebijakan pengelolaan DAS cenderung dikendalikan oleh aktor formal dan belum sepenuhnya mengakomodasi peran masyarakat lokal maupun organisasi sipil dalam pengambilan keputusan.

Secara keseluruhan, hasil SNA menunjukkan adanya 15 aktor utama yang terlibat dalam pengelolaan DAS Limboto, terdiri atas instansi pemerintah, sektor swasta, lembaga akademik, organisasi masyarakat sipil, serta kelompok masyarakat lokal. Berdasarkan analisis derajat keterhubungan (*degree centrality*), pemerintah daerah menempati posisi paling sentral dengan nilai 0,82, diikuti oleh perusahaan agribisnis dengan nilai 0,71. Sementara itu, masyarakat lokal dan organisasi masyarakat sipil (OMS) memiliki nilai keterhubungan yang relatif rendah, masing-masing 0,46 dan 0,39. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun mereka berperan penting di tingkat komunitas sebagai *bridging actors*, namun kekuatan formal mereka dalam mempengaruhi keputusan strategis masih terbatas. Table 3.21 memperlihatkan hasil analisis derajat keterhubungan aktor dalam pengelolaan DAS Limboto.

Selain derajat keterhubungan, analisis *betweenness centrality* digunakan untuk mengidentifikasi aktor yang berperan sebagai penghubung (*broker*) antar kelompok dalam jaringan. Hasil analisis menunjukkan bahwa organisasi masyarakat sipil dan pemerintah desa memiliki nilai *betweenness* yang relatif tinggi meskipun nilai derajatnya rendah. Artinya, aktor-aktor ini memainkan peran penting dalam menjembatani komunikasi dan koordinasi antara kelompok masyarakat dengan instansi pemerintah. Namun, karena kekuatan formal mereka terbatas, peran jembatan ini seringkali tidak diikuti dengan pengaruh substantif terhadap kebijakan atau pengalokasian sumber daya. Table 3.22. memperlihatkan nilai *betweenness centrality* actor pengelolaan DAS Limboto.

Tabel 3. 21 Hasil Analisis Derajat Keterhubungan (Degree Centrality) Aktor dalam Pengelolaan DAS Limboto

No	Aktor	Kategori	Degree Centrality	Keterangan
1	Pemerintah Daerah (Bappeda, DLH)	Pemerintah	0.82	Aktor paling sentral dan pengambil keputusan utama
2	Perusahaan Agribisnis	Swasta	0.71	Berperan kuat dalam penggunaan lahan dan investasi
3	Kementerian LHK	Pemerintah Pusat	0.65	Aktor koordinatif kebijakan nasional

4	Dinas Pertanian dan Kehutanan	Pemerintah	0.61	Koordinasi teknis dan lapangan
5	Universitas Negeri Gorontalo	Akademisi	0.58	Penyedia data, penelitian, dan rekomendasi kebijakan
6	Organisasi Masyarakat Sipil (OMS)	Masyarakat Sipil	0.39	Peran advokasi dan fasilitasi lapangan
7	Kelompok Tani Hutan (KTH)	Masyarakat Lokal	0.46	Pelaku konservasi di tingkat tapak
8	Pemerintah Desa	Pemerintah Lokal	0.52	Pelaksana kebijakan lapangan
9	LSM Lingkungan Lokal	Masyarakat Sipil	0.43	Jembatan komunikasi antara masyarakat dan pemerintah
10	Komunitas Adat	Masyarakat Lokal	0.37	Penjaga nilai dan pengetahuan tradisional

Sumber: Data primer hasil pemetaan jejaring aktor (*Social Network Analysis*) berdasarkan kuesioner relasi kelembagaan, wawancara mendalam, dan diskusi kelompok terarah (FGD) dengan pemangku kepentingan DAS Limboto, dianalisis oleh penulis.

Analisis *network density* atau kerapatan jaringan menunjukkan nilai sebesar 0,42, yang menandakan masih lemahnya keterhubungan lintas-sektor antaraktor dalam pengelolaan DAS Limboto. Nilai ini tergolong sedang ke bawah dan mencerminkan adanya hambatan koordinasi antarinstansi, terutama antara sektor kehutanan, pertanian, dan lingkungan hidup. Lemahnya konektivitas ini berdampak pada terbatasnya aliran informasi, duplikasi kegiatan, dan tidak sinkronnya kebijakan antara pemerintah daerah dan pusat. Padahal, sebagaimana ditunjukkan dalam studi Wibowo & Susanti (2020) di DAS Kapuas, jaringan yang memiliki tingkat keterhubungan tinggi cenderung menghasilkan tata kelola yang lebih adaptif terhadap perubahan ekologi. Table 3.23 memperlihatkan parameter umum struktur jaringan pengelolaan DAS Limboto.

Tabel 3. 22 Nilai Betweenness Centrality Aktor Pengelolaan DAS Limboto

No	Aktor	Betweenness Centrality	Peran dalam Jaringan
1	Pemerintah Daerah (Bappeda, DLH)	0.54	Pengendali arus informasi dan keputusan strategis
2	Pemerintah Desa	0.48	Penghubung antara masyarakat dan pemerintah kabupaten

3	Organisasi Masyarakat Sipil (OMS)	0.46	Jembatan komunikasi antaraktor lokal
4	Universitas Negeri Gorontalo	0.39	Penghubung antara data ilmiah dan kebijakan
5	Komunitas Adat	0.35	Penghubung pengetahuan lokal dengan proses konservasi

Sumber: Hasil analisis penulis menggunakan *Social Network Analysis (SNA)*

Tabel 3. 23 Parameter Umum Struktur Jaringan Pengelolaan DAS Limboto

Parameter Jaringan	Nilai	Interpretasi
Jumlah aktor	15	Terlibat dalam sistem pengelolaan lintas-sektor
Degree Centralization	0.68	Struktur jaringan terpusat pada aktor utama
Betweenness Centralization	0.52	Beberapa aktor kunci mengendalikan arus komunikasi
Network Density	0.42	Tingkat keterhubungan antaraktor tergolong sedang ke bawah
Average Path Length	2.7	Menunjukkan jarak komunikasi cukup panjang antaraktor
Clustering Coefficient	0.38	Kolaborasi antaraktor masih lemah dan parsial

Sumber: Hasil analisis penulis menggunakan *Social Network Analysis (SNA)*.

Hasil SNA ini sejalan dengan temuan-temuan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa struktur jaringan yang terpusat cenderung memperlemah efektivitas tata kelola sumber daya alam. Penelitian oleh Sari et al. (2021) di DAS Brantas menemukan bahwa *decentralized collaborative networks* lebih berhasil dalam mengintegrasikan peran komunitas lokal dan sektor swasta dalam konservasi. Sebaliknya, jaringan yang hierarkis justru memperkuat ketimpangan akses informasi dan memperkecil ruang partisipasi. Di DAS Limboto, hal serupa terlihat dengan dominasi pemerintah daerah dan agribisnis yang menentukan arah kebijakan, sementara masyarakat hanya menjadi pelaksana teknis di lapangan.

Dari perspektif keadilan ekologis, sentralisasi jaringan ini memperkuat ketidakadilan distribusi manfaat dan beban ekologis. Aktor-aktor berkuasa mendapatkan keuntungan ekonomi dari pengelolaan lahan dan sumber daya air, sedangkan kelompok masyarakat lokal menanggung dampak banjir dan degradasi lingkungan tanpa kompensasi yang memadai. Lemahnya konektivitas antaraktor memperkecil peluang bagi kelompok rentan untuk menyuarakan kepentingannya dalam forum pengambilan keputusan. Hal ini menegaskan bahwa upaya menuju tata kelola yang adil harus dimulai dengan

restrukturisasi jaringan menuju sistem kolaboratif yang seimbang antara aktor formal dan nonformal.

Untuk memperkuat sistem jaringan, diperlukan peningkatan *network inclusivity* melalui forum multipihak berbasis kolaborasi. Pemerintah daerah perlu berperan sebagai fasilitator, bukan pengendali tunggal, dengan membuka ruang deliberatif bagi masyarakat adat, kelompok tani, akademisi, dan sektor swasta. Penerapan model *multi-stakeholder partnership* yang telah terbukti efektif di DAS Mahakam (Purnomo, 2022) dapat menjadi rujukan untuk mengintegrasikan kepentingan sosial-ekologis ke dalam struktur jaringan Limboto. Dengan demikian, pengelolaan DAS tidak hanya menjadi urusan administratif, tetapi juga arena interaksi sosial yang memperkuat keadilan ekologis.

Social Network Analysis (SNA) dalam penelitian ini digunakan untuk memetakan dan menganalisis pola relasi antaraktor yang terlibat dalam tata kelola Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto, khususnya dalam konteks mitigasi banjir dan pengelolaan sumber daya alam. Pendekatan SNA dipilih karena mampu mengungkap tidak hanya siapa saja aktor yang terlibat, tetapi juga bagaimana struktur hubungan, aliran informasi, dan distribusi kekuasaan terbentuk di antara aktor pemerintah, masyarakat lokal, organisasi masyarakat sipil, akademisi, dan sektor swasta. Dengan demikian, SNA memungkinkan analisis tata kelola DAS dilihat sebagai sistem relasional, bukan sekadar kumpulan institusi yang berdiri sendiri. Struktur hubungan antaraktor dalam pengelolaan DAS Limboto secara visual ditunjukkan melalui peta jaringan SNA (Gambar 3.2), yang memperlihatkan posisi relatif aktor, tingkat keterhubungan, serta pola sentralisasi jaringan.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.2, struktur jaringan pengelolaan DAS Limboto menunjukkan pola jaringan yang terpusat (*centralized network*), dengan pemerintah daerah dan sektor agribisnis menempati posisi paling sentral, sementara masyarakat lokal, OMS, dan komunitas adat berada pada posisi perifer namun berfungsi sebagai aktor penghubung antarlevel tata kelola. Setiap node merepresentasikan aktor utama (pemerintah daerah, pemerintah desa, organisasi masyarakat sipil, kelompok tani hutan, sektor swasta, akademisi, dan komunitas adat), sedangkan garis penghubung menunjukkan hubungan koordinasi, komunikasi, dan kolaborasi antaraktor. Ukuran node mencerminkan tingkat *degree centrality*, sementara posisi node menunjukkan kedekatan relasional dalam jaringan. Struktur jaringan memperlihatkan pola yang relatif terpusat dengan dominasi aktor pemerintah daerah dan sektor swasta, serta posisi masyarakat lokal dan organisasi masyarakat sipil sebagai *bridging actors* yang menghubungkan tingkat komunitas dengan institusi formal.

Selain visualisasi jaringan, analisis kuantitatif dilakukan menggunakan indikator utama SNA, yaitu degree centrality untuk mengukur tingkat keterhubungan aktor, betweenness centrality untuk mengidentifikasi peran aktor sebagai penghubung (broker), serta network density dan centralization untuk menilai tingkat keterpaduan dan sentralisasi jaringan secara keseluruhan. Kombinasi antara analisis visual dan indikator kuantitatif ini memungkinkan pemahaman yang komprehensif mengenai bagaimana relasi kekuasaan, arus informasi, dan partisipasi terbentuk dalam tata kelola DAS Limboto, serta bagaimana struktur jaringan tersebut berimplikasi terhadap keadilan ekologis dan efektivitas mitigasi banjir.

Sebagai penutup, hasil analisis jaringan menunjukkan bahwa keberhasilan mitigasi banjir di DAS Limboto sangat bergantung pada keseimbangan struktur kekuasaan dalam jaringan pemangku kepentingan. Jaringan yang inklusif, dengan distribusi kekuatan yang lebih merata, akan meningkatkan efektivitas kolaborasi dan memperluas partisipasi publik dalam pengambilan keputusan lingkungan. Oleh karena itu, penguatan peran aktor lokal dan pembentukan platform kolaboratif lintas-sektor menjadi kunci utama dalam mewujudkan tata kelola DAS Limboto yang adil, adaptif, dan berkelanjutan. Subbab berikutnya akan membahas lebih jauh dinamika partisipasi masyarakat dan kelembagaan lokal sebagai komponen penting dalam transformasi jaringan menuju tata kelola ekologis yang berkeadilan.

3.4.4 Analisis Keadilan Ekologis: Integrasi Temuan Ekologis dan Sosial

Analisis keadilan ekologis dalam konteks mitigasi banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto dilakukan untuk mengintegrasikan temuan ekologis dan sosial dari hasil observasi, survei, serta wawancara lapangan. Pendekatan ini mengacu pada tiga dimensi utama, yaitu *distributive justice*, *procedural justice*, dan *recognitional justice*. Ketiga dimensi tersebut saling terkait dalam menggambarkan bagaimana kebijakan, tata kelola, serta interaksi antaraktor memengaruhi persebaran manfaat dan beban ekologis secara tidak seimbang. Integrasi data menunjukkan bahwa kombinasi tekanan ekologis akibat degradasi hulu dan lemahnya tata kelola sosial telah membentuk pola ketidakadilan ekologis yang sistemik. Hal ini tampak pada ketimpangan beban risiko banjir, marginalisasi kelompok rentan, dan rendahnya pengakuan terhadap pengetahuan lokal.

3.4.4.1 Distributive Justice: Ketimpangan Distribusi Manfaat dan Beban

Dimensi *distributive justice* berkaitan dengan pembagian manfaat dan beban lingkungan di antara berbagai kelompok masyarakat. Di DAS Limboto, distribusi manfaat ekonomi dari kegiatan konversi lahan dan eksploitasi sumber daya alam lebih banyak dinikmati oleh aktor dengan kekuatan ekonomi dan politik yang besar, seperti perusahaan

agribisnis dan pemilik lahan besar. Sebaliknya, beban ekologis seperti banjir, sedimentasi, dan penurunan kualitas air justru ditanggung oleh masyarakat berpenghasilan rendah di wilayah hilir. Fenomena ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan distribusi risiko yang memperlemah kapasitas adaptasi kelompok rentan. Tabel 3.24 memperlihatkan ketimpangan distribusi manfaat dan beban ekologis di DAS Limboto.

Ketimpangan ini selaras dengan temuan penelitian Rahardjo et al. (2018) di DAS Citarum, yang menunjukkan bahwa masyarakat berpenghasilan rendah lebih sering menanggung beban pencemaran dan banjir akibat lemahnya regulasi pengelolaan hulu. Selain itu, studi Wibowo & Susanti (2020) di DAS Kapuas juga menegaskan bahwa kegagalan kebijakan dalam mendistribusikan manfaat konservasi justru memperlebar kesenjangan sosial. Di Limboto, beban ekologis tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga berdampak sosial, karena kehilangan mata pencaharian di sektor pertanian dan perikanan memperparah kemiskinan lokal.

Tabel 3. 24 Ketimpangan Distribusi Manfaat dan Beban Ekologis di DAS Limboto

Aktor/Komunitas	Akses terhadap Manfaat Ekonomi	Tingkat Risiko Banjir	Dampak Sosial-Ekologis	Posisi dalam Keadilan Ekologis
Perusahaan agribisnis	Tinggi	Rendah	Peningkatan pendapatan dan investasi	Penerima manfaat utama
Pemilik lahan besar	Sedang-Tinggi	Rendah	Akses terhadap irigasi dan infrastruktur	Diuntungkan secara struktural
Pemerintah daerah	Sedang	Sedang	Manfaat dari pajak dan proyek konservasi	Posisi netral namun dominan dalam kebijakan
Masyarakat hulu (petani kecil)	Rendah	Sedang	Kehilangan lahan produktif dan erosi	Terdampak ekologis menengah
Masyarakat hilir (pemukiman padat)	Rendah	Tinggi	Kerusakan rumah dan infrastruktur, kehilangan mata pencaharian	Pihak paling dirugikan

Sumber: Data primer hasil analisis penulis berdasarkan integrasi survei sosial-ekonomi, wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan, observasi lapangan, serta analisis kerangka keadilan ekologis pada pengelolaan DAS Limboto.

Ketimpangan distribusi manfaat dan beban di DAS Limboto tidak hanya tercermin dari aspek ekonomi dan ekologis, tetapi juga dari dimensi spasial dan kelembagaan. Analisis spasial memperlihatkan bahwa wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir berada di zona hilir dan lembah sungai, di mana sebagian besar penduduknya berpenghasilan rendah dan bergantung pada pertanian subsisten. Sebaliknya, wilayah hulu yang mengalami konversi lahan besar-besaran memberikan keuntungan signifikan bagi investor dan perusahaan agribisnis yang memiliki akses terhadap kebijakan dan teknologi modern. Pola ini memperkuat pandangan Schlosberg (2007) bahwa ketidakadilan lingkungan muncul ketika kelompok rentan menanggung dampak ekologis dari kebijakan pembangunan yang tidak memperhitungkan kapasitas sosial mereka untuk beradaptasi.

Selain aspek spasial, bentuk ketimpangan juga terlihat dari dimensi kelembagaan, di mana kebijakan konservasi masih berorientasi pada efisiensi ekonomi dan pengendalian administratif tanpa memperhitungkan distribusi beban ekologis antaraktor. Pemerintah daerah memperoleh manfaat berupa penerimaan pajak dan program pembangunan, sementara masyarakat di lapangan justru dibebani kewajiban rehabilitasi tanpa dukungan sumber daya yang memadai. Studi serupa oleh Suherman dan Nugraha (2020) di DAS Bengawan Solo memperlihatkan bahwa orientasi pembangunan berbasis ekonomi makro cenderung mengabaikan distribusi manfaat sosial, sehingga memperkuat kesenjangan antara kelompok ekonomi atas dan bawah. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketimpangan di Limboto bukan hanya akibat faktor alam, tetapi juga hasil dari kebijakan yang bias terhadap kepentingan elite ekonomi.

Lebih lanjut, ketimpangan ini memiliki implikasi terhadap keberlanjutan sosial-ekologis DAS. Hilangnya fungsi hutan di wilayah hulu menyebabkan peningkatan laju limpasan air permukaan yang berdampak pada sedimentasi dan banjir di wilayah hilir. Masyarakat yang tinggal di area berisiko tinggi tidak hanya kehilangan aset ekonomi, tetapi juga mengalami degradasi kualitas hidup. Penelitian oleh Nugroho dan Kurniawan (2022) di DAS Serayu menguatkan bahwa ketimpangan distribusi risiko ekologis mempercepat kerentanan sosial, karena kelompok berpenghasilan rendah memiliki keterbatasan dalam melakukan relokasi atau adaptasi. Dalam konteks Limboto, ketidakadilan distributif ini menegaskan bahwa keberhasilan mitigasi banjir tidak dapat dicapai tanpa memperbaiki mekanisme distribusi manfaat konservasi dan tanggung jawab ekologis secara proporsional antaraktor.

3.4.4.2 Procedural Justice: Akses terhadap Proses dan Partisipasi

Dimensi *procedural justice* mencakup sejauh mana masyarakat memiliki kesempatan untuk berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan, memperoleh akses informasi, dan menyuarakan kepentingan mereka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses perencanaan dan implementasi kebijakan mitigasi banjir di DAS Limboto masih bersifat elitis dan teknokratis. Masyarakat lokal, terutama petani dan komunitas adat, jarang dilibatkan dalam forum konsultasi publik. Proses perizinan dan penyusunan rencana tata ruang sering kali berlangsung tanpa keterbukaan data dan informasi teknis yang dapat diakses oleh publik. Tabel 3.25 memperlihatkan ketimpangan distribusi manfaat dan beban ekologi di DAS Limboto

Tabel 3. 25 Ketimpangan Distribusi Manfaat dan Beban Ekologis di DAS Limboto

Komponen Prosedural	Pemerintah Daerah	Sektor Swasta	Akademisi/LSM	Masyarakat Lokal	Skor Partisipasi (1–5)
Akses terhadap informasi	5	4	3	2	3.5
Keterlibatan dalam perencanaan	4	3	3	2	3.0
Kesempatan memberikan masukan	3	3	4	2	3.0
Akses terhadap mekanisme pengaduan	3	2	3	1	2.3
Pengakuan dalam forum kebijakan	4	4	3	2	3.3

Sumber: Data primer hasil survei persepsi, wawancara mendalam, dan diskusi kelompok terarah (FGD) dengan pemangku kepentingan pengelolaan DAS Limboto, dianalisis menggunakan pendekatan keadilan ekologis (procedural justice).

Nilai rata-rata partisipasi masyarakat berada pada kisaran 2,5–3,0, yang menunjukkan tingkat keterlibatan rendah hingga sedang. Temuan ini sejalan dengan studi oleh Sari et al. (2021) di DAS Brantas, yang menemukan bahwa keberhasilan mitigasi

banjir meningkat signifikan ketika masyarakat dilibatkan dalam setiap tahap perencanaan, mulai dari penyusunan kebijakan hingga pelaksanaan rehabilitasi lahan. Dalam konteks Limboto, rendahnya partisipasi publik memperlemah legitimasi kebijakan dan menimbulkan persepsi ketidakadilan karena masyarakat tidak memiliki ruang deliberatif untuk mempertahankan hak atas lingkungan hidup yang aman.

Selain itu, penelitian Purnomo (2022) di DAS Mahakam menunjukkan bahwa rendahnya partisipasi publik sering kali disebabkan oleh *asymmetric governance*, di mana akses terhadap informasi hanya dimiliki oleh pihak berwenang. Fenomena serupa terlihat di Limboto, di mana data teknis tentang banjir dan sedimentasi tidak dibuka secara luas, sehingga masyarakat sulit memahami akar persoalan ekologis dan berkontribusi dalam mencari solusinya. Kurangnya transparansi ini berdampak pada lemahnya akuntabilitas publik terhadap kebijakan lingkungan.

Ketimpangan keadilan prosedural di DAS Limboto mencerminkan adanya *asymmetric power relations* antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat lokal dalam proses pengambilan keputusan. Pemerintah daerah dan perusahaan agribisnis memiliki akses lebih besar terhadap informasi teknis dan peluang untuk berpartisipasi dalam perumusan kebijakan, sedangkan masyarakat hulu dan hilir hanya terlibat secara simbolis melalui forum konsultatif yang tidak mengikat. Kondisi ini sejalan dengan temuan Setiawan (2020) di DAS Ciliwung, yang menunjukkan bahwa partisipasi publik cenderung bersifat formalitas, tanpa memberikan ruang deliberatif bagi kelompok rentan untuk mempengaruhi kebijakan lingkungan. Dalam konteks Limboto, bentuk eksklusi ini memperlemah legitimasi sosial kebijakan mitigasi banjir dan menurunkan efektivitas pelaksanaannya di lapangan.

Selain itu, rendahnya keadilan prosedural juga tampak dari minimnya mekanisme pengawasan publik terhadap pelaksanaan kebijakan lingkungan. Hasil wawancara menunjukkan bahwa masyarakat sering kali tidak mengetahui adanya perubahan izin tata guna lahan di kawasan hulu, bahkan setelah aktivitas konversi dimulai. Proses perizinan yang tidak transparan menyebabkan masyarakat kehilangan kesempatan untuk menolak atau menegosiasikan dampak lingkungan terhadap kehidupan mereka. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Sari dan Hidayat (2021) di DAS Brantas, yang menegaskan bahwa keterbukaan informasi dan akses terhadap data lingkungan merupakan prasyarat utama terciptanya *procedural justice*. Tanpa transparansi, partisipasi masyarakat hanya menjadi wacana administratif yang tidak berdampak substantif terhadap keadilan ekologis.

Dari sisi kelembagaan, keadilan prosedural juga dipengaruhi oleh kapasitas pemerintah dalam mengelola dialog lintas-sektor. Struktur birokrasi yang kaku menyebabkan koordinasi antara instansi seperti Dinas Lingkungan Hidup, Dinas

Pertanian, dan Dinas Kehutanan berjalan secara parsial dan sektoral. Akibatnya, aspirasi masyarakat sulit disalurkan karena tidak ada lembaga lintas sektor yang mampu mengintegrasikan isu sosial dan ekologis secara utuh. Penelitian oleh Nugroho dan Kurniawan (2022) di DAS Serayu juga mengungkapkan bahwa efektivitas mitigasi banjir meningkat ketika pemerintah membangun *co-management platform* antara masyarakat, akademisi, dan sektor swasta. Dalam konteks Limboto, reformasi tata kelola prosedural dengan memperluas ruang deliberatif dan membangun mekanisme akuntabilitas publik menjadi keharusan untuk mengembalikan kepercayaan masyarakat terhadap kebijakan lingkungan.

Keadilan ekologi dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto tidak hanya berkaitan dengan distribusi dampak lingkungan, tetapi juga dengan distribusi peran, tanggung jawab, dan manfaat dalam proses pengelolaan sumber daya alam. Dalam konteks ini, keadilan ekologi menuntut agar kelompok sosial yang berkontribusi besar terhadap pelestarian lingkungan memperoleh pengakuan dan manfaat yang proporsional, sementara pihak-pihak yang menyebabkan tekanan ekologis memiliki tanggung jawab yang sepadan. Pendekatan ini menempatkan pengelolaan DAS sebagai arena interaksi sosial–ekologis, di mana relasi kuasa, akses sumber daya, dan kapasitas aktor sangat menentukan tercapainya keberlanjutan.

Keterlibatan aktor non-negara, khususnya organisasi non-pemerintah (NGO) dan kelompok tani, merupakan elemen penting dalam mewujudkan keadilan ekologi di DAS Limboto. NGO berperan sebagai fasilitator pengetahuan, advokator kepentingan lingkungan, serta jembatan komunikasi antara masyarakat lokal dan pemerintah. Dalam berbagai kegiatan rehabilitasi hutan, konservasi mata air, dan pendidikan lingkungan, NGO berkontribusi dalam memperkuat kapasitas masyarakat untuk berpartisipasi secara bermakna dalam pengelolaan DAS. Peran ini menjadi krusial terutama dalam konteks keterbatasan kapasitas institusional pemerintah di tingkat lokal.

Kelompok tani, khususnya yang bermukim di wilayah hulu dan zona penyangga DAS, memiliki posisi strategis dalam kerangka keadilan ekologis karena aktivitas mereka secara langsung memengaruhi kondisi ekologis DAS. Praktik pertanian konservatif, pengelolaan lahan berkelanjutan, dan perlindungan vegetasi penutup tanah yang dilakukan oleh kelompok tani berkontribusi besar terhadap pengurangan limpasan permukaan dan erosi. Namun, temuan penelitian menunjukkan bahwa kontribusi ekologis kelompok tani ini belum sepenuhnya diimbangi dengan akses terhadap insentif ekonomi, dukungan kebijakan, maupun pengakuan formal dalam perencanaan pengelolaan DAS, sehingga memunculkan bentuk ketidakadilan kontributif.

Dalam perspektif keadilan kontributif, keterlibatan kelompok tani dan NGO seharusnya tidak hanya bersifat konsultatif, tetapi terintegrasi dalam mekanisme

pengambilan keputusan dan implementasi kebijakan. Model pengelolaan DAS berbasis keadilan ekologi yang dikembangkan dalam penelitian ini menempatkan kedua aktor tersebut sebagai bagian dari subsistem sosial dan kelembagaan yang berperan dalam menciptakan umpan balik positif antara perlindungan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Integrasi ini mencakup peran dalam perencanaan tata guna lahan, pemantauan partisipatif, serta skema insentif berbasis jasa lingkungan (payment for ecosystem services).

Dengan demikian, keadilan ekologi di DAS Limboto tidak dapat diwujudkan tanpa pengakuan terhadap peran strategis NGO dan kelompok tani sebagai aktor kunci dalam pengelolaan sumber daya alam. Keterlibatan mereka memperkuat legitimasi kebijakan, meningkatkan efektivitas implementasi, dan memastikan bahwa beban serta manfaat pengelolaan lingkungan terdistribusi secara lebih adil. Konteks ini menegaskan bahwa keadilan ekologi bukan semata konsep normatif, melainkan prinsip operasional yang harus diinstitutionalisasi dalam tata kelola DAS secara kolaboratif dan berkelanjutan.

3.4.4.3 **Recognitional Justice: Pengakuan terhadap Pengetahuan Lokal dan Kelompok Rentan**

Dimensi *recognitional justice* menekankan pentingnya pengakuan terhadap keragaman identitas, pengalaman, dan pengetahuan masyarakat dalam proses tata kelola lingkungan. Di DAS Limboto, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengetahuan lokal masyarakat adat dan petani tradisional mengenai konservasi lahan dan pengelolaan air belum terintegrasi dalam kebijakan resmi. Sistem pengetahuan seperti *kearifan lokal dalam rotasi tanam, pembatasan pembukaan lahan, dan pengendalian erosi* yang telah diterapkan selama puluhan tahun, perlahan ditinggalkan karena tidak diakomodasi dalam program pemerintah. Padahal, pengetahuan ini terbukti efektif dalam menjaga kestabilan ekosistem hulu. Tabel 3.26 memperlihatkan pengakuan terhadap pengetahuan dan praktik lokal dalam kebijakan DAS Limboto.

Tabel 3. 26 Pengakuan terhadap Pengetahuan dan Praktik Lokal dalam Kebijakan DAS Limboto

Aspek Pengetahuan Lokal	Status Pengakuan dalam Kebijakan	Dampak terhadap Konservasi	Relevansi terhadap Keadilan Ekologis
Pola rotasi tanam tradisional	Tidak diakui	Menurunkan kesuburan tanah dan meningkatkan erosi	Menghilangkan potensi

			adaptasi ekologis
Sistem konservasi berbasis komunitas	Diakui secara terbatas	Belum terintegrasi dalam program rehabilitasi	Mengurangi partisipasi sosial
Penggunaan vegetasi lokal untuk penahan erosi	Tidak diakomodasi	Penurunan efektivitas konservasi tanah	Mengabaikan kearifan ekologis lokal
Ritual adat pengelolaan air	Tidak tercantum dalam peraturan daerah	Mengurangi rasa tanggung jawab kolektif	Melemahkan kohesi sosial lingkungan

Sumber: Data primer hasil wawancara mendalam dan diskusi kelompok terarah (FGD) dengan masyarakat adat, petani lokal, tokoh masyarakat, serta analisis dokumen kebijakan pengelolaan DAS Limboto (RTRW, RPJMD, dan program rehabilitasi DAS).

Minimnya pengakuan terhadap pengetahuan lokal di DAS Limboto konsisten dengan hasil penelitian Hartono & Nurfadillah (2023) di Sulawesi Selatan, yang menunjukkan bahwa marginalisasi budaya lokal mempercepat degradasi lingkungan dan menurunkan efektivitas konservasi. Studi tersebut juga menegaskan bahwa integrasi pengetahuan lokal dalam kebijakan formal tidak hanya meningkatkan ketahanan ekosistem, tetapi juga memperkuat identitas sosial masyarakat. Oleh karena itu, penguatan *recognitional justice* menjadi kunci dalam membangun hubungan harmonis antara manusia dan alam.

Keadilan pengakuan (*recognitional justice*) dalam konteks DAS Limboto menyoroti sejauh mana identitas, pengalaman, dan pengetahuan lokal masyarakat diakui dalam kebijakan dan praktik mitigasi banjir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai-nilai lokal seperti praktik konservasi tradisional, sistem rotasi tanam, serta pengelolaan sumber daya air berbasis adat belum mendapat tempat dalam kebijakan formal. Pemerintah daerah dan lembaga teknis cenderung menggunakan pendekatan berbasis sains dan teknologi modern tanpa mengintegrasikan kearifan lokal yang selama ini terbukti adaptif terhadap kondisi ekologi setempat. Hal ini menyebabkan erosi sosial dan hilangnya peran masyarakat adat dalam menjaga keseimbangan ekologis. Temuan ini sejalan dengan studi Hartono dan Nurfadillah (2023) di Sulawesi Selatan, yang menunjukkan bahwa eksklusivitas terhadap pengetahuan lokal mempercepat degradasi hutan dan melemahkan ketahanan sosial-ekologis komunitas.

Marginalisasi pengetahuan lokal juga berdampak pada hilangnya legitimasi sosial terhadap kebijakan konservasi. Banyak masyarakat merasa bahwa program rehabilitasi

yang dijalankan pemerintah tidak sesuai dengan kondisi lahan dan sistem pertanian mereka. Misalnya, penanaman vegetasi konservasi yang tidak sesuai dengan kebutuhan lokal sering gagal bertahan, sementara praktik lama seperti penggunaan tanaman lokal penahan erosi tidak lagi digunakan. Studi Sari et al. (2021) di DAS Brantas mengonfirmasi bahwa keberhasilan konservasi meningkat signifikan ketika masyarakat diberi ruang untuk memadukan ilmu tradisional dengan pendekatan ilmiah. Dalam konteks Limboto, pengakuan terhadap *local ecological knowledge* dapat menjadi dasar penting dalam merancang kebijakan yang lebih adaptif dan berkeadilan.

Selain aspek pengetahuan, *recognitional justice* juga mencakup pengakuan terhadap identitas sosial kelompok rentan. Masyarakat adat dan petani kecil seringkali tidak dilibatkan karena dianggap tidak memiliki kapasitas teknis atau legitimasi formal. Pandangan ini menunjukkan bias struktural dalam tata kelola lingkungan, di mana nilai ekonomi dianggap lebih penting daripada nilai sosial dan budaya. Penelitian oleh Purnomo (2022) di DAS Mahakam menunjukkan bahwa ketika identitas dan nilai-nilai lokal diakui dalam kebijakan formal, partisipasi masyarakat meningkat hingga 40%, dan efektivitas konservasi ikut membaik. Oleh karena itu, memperkuat *recognitional justice* di DAS Limboto berarti tidak hanya mengakui eksistensi masyarakat adat, tetapi juga memberikan ruang sejajar bagi mereka dalam proses pengambilan keputusan dan pelaksanaan mitigasi banjir.

3.4.4.4 Integrasi Tiga Dimensi Keadilan Ekologis

Integrasi antara tiga dimensi keadilan ekologis memperlihatkan bahwa ketidakadilan di DAS Limboto bersifat sistemik. Kelemahan dalam distribusi manfaat dan partisipasi sosial diperparah oleh absennya pengakuan terhadap pengetahuan lokal, menciptakan siklus ketimpangan yang sulit diputus. Secara empiris, beban ekologis yang tinggi di hilir merupakan konsekuensi langsung dari kebijakan yang tidak adil di hulu dan ketimpangan tata kelola yang terpusat. Dengan demikian, perbaikan kebijakan mitigasi banjir tidak cukup dilakukan melalui pendekatan teknis, tetapi harus mencakup reformasi kelembagaan dan sosial yang mengedepankan prinsip keadilan ekologis. Tabel 3.27 memperlihatkan ringkasan integrasi dimensi keadilan ekologi di DAS Limboto.

Integrasi antara tiga dimensi keadilan ekologis—*distributive*, *procedural*, dan *recognitional justice*—menggambarkan keterkaitan sistemik antara tekanan ekologis dan ketimpangan sosial di DAS Limboto. Ketimpangan distribusi manfaat dan beban, seperti keuntungan dari konversi lahan yang dinikmati segelintir aktor, berkelindan dengan proses pengambilan keputusan yang elitis serta absennya pengakuan terhadap pengetahuan lokal. Kombinasi ini menciptakan struktur ketidakadilan yang berlapis: kelompok ekonomi kuat mengendalikan kebijakan, masyarakat kehilangan akses terhadap sumber daya, dan

nilai-nilai ekologis tradisional terpinggirkan. Pola ini sejalan dengan kerangka Schlosberg (2007), yang menegaskan bahwa keadilan lingkungan hanya dapat dicapai jika ketiga dimensi tersebut berjalan berimbang dalam kebijakan dan praktik tata kelola.

Tabel 3. 27 Ringkasan Integrasi Dimensi Keadilan Ekologis di DAS Limboto

Dimensi Keadilan	Kondisi di DAS Limboto	Bentuk Ketidakadilan	Dampak Utama
Distributive	Manfaat ekonomi tidak merata; beban banjir ditanggung masyarakat hilir	Ketimpangan akses sumber daya	Kerentanan sosial dan ekonomi
Procedural	Proses kebijakan top-down, minim partisipasi	Eksklusi masyarakat dari proses	Lemahnya legitimasi kebijakan
Recognitional	Pengetahuan lokal tidak diakui	Marginalisasi identitas lokal	Hilangnya nilai ekologis dan sosial

Sumber: Sintesis hasil analisis penulis berdasarkan data biofisik, sosial, dan kelembagaan DAS Limboto, serta kerangka keadilan ekologis (distributive, procedural, recognitional).

Ketimpangan antar dimensi ini memperlihatkan bahwa perbaikan pada satu aspek saja tidak cukup untuk mencapai keadilan ekologis yang utuh. Sebagai contoh, kebijakan yang menyalurkan bantuan rehabilitasi hutan tanpa memperbaiki mekanisme partisipasi publik hanya menghasilkan “keadilan semu”, karena masyarakat tetap tidak memiliki kendali terhadap arah pengelolaan sumber daya. Studi Sari et al. (2021) di DAS Brantas menegaskan bahwa integrasi dimensi keadilan mampu meningkatkan keberlanjutan program konservasi hingga 35% lebih tinggi dibandingkan dengan pendekatan sektoral. Dalam konteks Limboto, memperkuat partisipasi dan pengakuan sosial akan menciptakan distribusi manfaat yang lebih adil dan mengurangi konflik antara kepentingan ekonomi dan ekologi.

Analisis lintas dimensi juga memperlihatkan bahwa degradasi ekologis di hulu memperkuat eksklusi sosial di hilir, menciptakan lingkaran ketimpangan yang sulit diputus. Masyarakat hulu kehilangan lahan akibat erosi, sementara masyarakat hilir menanggung risiko banjir yang semakin intensif. Pemerintah daerah yang seharusnya berperan sebagai mediator justru terjebak dalam konflik kepentingan antara pertumbuhan ekonomi dan perlindungan lingkungan. Pola ini juga ditemukan dalam penelitian Wibowo & Susanti (2020) di DAS Kapuas, yang menyimpulkan bahwa ketimpangan kebijakan ekologis

cenderung menghasilkan “banjir kebijakan”—yakni tumpang tindih program konservasi tanpa arah integratif. Dengan kata lain, ketidakadilan ekologis bukan hanya persoalan moral, tetapi juga kelemahan struktural tata kelola.

Lebih jauh, integrasi tiga dimensi tersebut menuntut reformasi kelembagaan yang mampu menjembatani aspek sosial dan ekologis. Pemerintah daerah perlu mengadopsi pendekatan *ecological governance* yang menempatkan masyarakat lokal sebagai mitra deliberatif, bukan sekadar penerima kebijakan. Program insentif berbasis konservasi seperti *Payment for Ecosystem Services (PES)* dapat diarahkan kepada petani hulu yang menjaga tutupan vegetasi, sementara forum multipihak perlu dibentuk untuk memperluas ruang partisipatif dalam pengambilan keputusan. Temuan ini menguatkan hasil penelitian Purnomo (2022) di DAS Mahakam, yang menekankan bahwa keberhasilan pengelolaan DAS bergantung pada keberimbangan antara legitimasi sosial dan efektivitas ekologis.

Sebagai sintesis akhir, keadilan ekologis di DAS Limboto harus dipahami sebagai kesatuan dinamis antara struktur kebijakan, distribusi kekuasaan, dan nilai-nilai lokal. Ketimpangan dalam distribusi manfaat, lemahnya partisipasi, dan absennya pengakuan terhadap pengetahuan tradisional memperlihatkan bahwa tantangan utama bukan hanya pada sisi teknis mitigasi banjir, tetapi juga pada reformasi moral dan kelembagaan tata kelola. Oleh karena itu, integrasi ketiga dimensi keadilan ekologis menjadi fondasi dalam merumuskan kebijakan adaptif yang tidak hanya mengurangi risiko banjir, tetapi juga membangun hubungan sosial yang inklusif antara manusia dan ekosistem.

3.4.4.5 Penutup

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa pola ketidakadilan ekologis di DAS Limboto merupakan produk interaksi kompleks antara degradasi lingkungan, ketimpangan tata kelola, dan marginalisasi sosial. Ketiga dimensi keadilan ekologis menunjukkan saling keterkaitan yang kuat: ketimpangan distribusi manfaat memperkuat eksklusivitas partisipatif, dan pengabaian pengetahuan lokal memperlemah legitimasi sosial kebijakan. Dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu di DAS lain seperti Citarum, Brantas, dan Mahakam, struktur ketidakadilan di Limboto menunjukkan pola serupa namun lebih kuat dalam aspek sosial-kultural karena dominasi aktor politik lokal dan lemahnya posisi komunitas adat. Oleh karena itu, arah kebijakan ke depan perlu difokuskan pada penerapan *ecological justice framework* dalam perencanaan dan implementasi mitigasi banjir. Pendekatan ini akan menjamin tidak hanya keberlanjutan ekologis, tetapi juga keberlanjutan sosial, dengan menempatkan masyarakat lokal sebagai mitra sejajar dalam sistem pengelolaan DAS yang adil dan berdaya.

Selain menjadi refleksi kritis terhadap kondisi eksisting, hasil penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi pembenahan tata kelola lingkungan di tingkat daerah.

Ketidakadilan ekologis yang teridentifikasi bukan sekadar akibat lemahnya kebijakan teknis, melainkan juga kegagalan dalam mengintegrasikan nilai-nilai sosial dan budaya ke dalam sistem perencanaan ruang dan pengelolaan sumber daya. Pemerintah daerah perlu meninjau ulang model pembangunan yang berorientasi ekonomi semata dengan memperkuat aspek sosial-ekologis yang lebih inklusif. Penelitian oleh Wibowo & Susanti (2020) serta Hartono & Nurfadillah (2023) membuktikan bahwa keberhasilan konservasi di DAS lain berawal dari sinergi antara kebijakan formal dan kearifan lokal, sehingga dapat dijadikan acuan untuk reformasi kebijakan di Limboto.

Lebih lanjut, penelitian ini menegaskan pentingnya memperkuat kolaborasi lintas-sektor dalam implementasi kebijakan mitigasi banjir. Pemerintah daerah harus berperan sebagai fasilitator dan mediator yang menjembatani kepentingan ekonomi, ekologis, dan sosial, bukan sebagai aktor dominan yang memonopoli keputusan. Penerapan pendekatan *co-management* dapat membuka ruang bagi masyarakat adat, kelompok petani, LSM, dan akademisi untuk berpartisipasi secara deliberatif dalam perumusan kebijakan. Dengan demikian, prinsip *procedural justice* dapat diwujudkan melalui mekanisme partisipatif yang mendorong transparansi, akuntabilitas, dan kesetaraan suara dalam proses pengambilan keputusan lingkungan.

Dari sisi keberlanjutan, penerapan *recognition justice* menjadi kunci dalam memperkuat hubungan antara masyarakat dan ekosistem. Pengakuan terhadap identitas sosial, nilai budaya, dan pengetahuan ekologis masyarakat lokal akan memperkaya proses adaptasi terhadap perubahan iklim dan risiko banjir. Pemberdayaan masyarakat adat dan kelompok rentan melalui program berbasis pengetahuan lokal dapat meningkatkan efektivitas konservasi, sebagaimana terbukti dalam praktik di DAS Brantas dan Mahakam. Oleh karena itu, arah pembangunan ke depan perlu mengadopsi pendekatan *eco-cultural resilience*, di mana keadilan ekologis tidak hanya diukur melalui keberhasilan teknis mitigasi, tetapi juga melalui kesejahteraan sosial dan kelestarian nilai-nilai budaya masyarakat setempat.

Sebagai penutup, penelitian ini menegaskan bahwa transformasi menuju keadilan ekologis di DAS Limboto memerlukan perubahan paradigma dari kebijakan yang eksploitatif menjadi kebijakan yang kolaboratif dan berkeadilan. Upaya mitigasi banjir harus dipandang sebagai bagian dari strategi pembangunan berkelanjutan yang menyatukan aspek ekologis, sosial, dan ekonomi dalam satu kerangka yang inklusif. Jika prinsip-prinsip keadilan ekologis dapat diterapkan secara konsisten, maka DAS Limboto tidak hanya akan menjadi kawasan yang tangguh terhadap bencana, tetapi juga menjadi model pengelolaan lingkungan berbasis keadilan sosial dan keberlanjutan yang dapat direplikasi di wilayah lain di Indonesia.

3.4.5 Rancangan Model Mitigasi Banjir Berbasis Keadilan Ekologis

Berdasarkan temuan empiris dan analisis multidimensi yang telah dibahas sebelumnya, penelitian ini merumuskan *Model Mitigasi Banjir Berbasis Keadilan Ekologis* untuk DAS Limboto. Model ini bersifat hibrida dan integratif—menggabungkan aspek ekologis, sosial, dan tata kelola ke dalam satu sistem adaptif yang dinamis. Pendekatan ini menegaskan bahwa mitigasi banjir tidak dapat diselesaikan hanya melalui intervensi teknis, tetapi harus melibatkan transformasi tata kelola, partisipasi masyarakat, dan reformasi kebijakan. Model ini disusun dengan prinsip bahwa keadilan ekologis hanya dapat terwujud jika terdapat keseimbangan antara perlindungan lingkungan dan kesejahteraan sosial, serta jika masyarakat lokal berperan aktif sebagai agen perubahan, bukan sekadar penerima kebijakan.

3.4.5.1 Restorasi dan Konservasi Ekosistem Hulu

Restorasi ekosistem hulu menjadi komponen utama dalam model ini karena kawasan hulu berfungsi sebagai pengatur utama debit air dan penentu kualitas ekosistem DAS secara keseluruhan. Upaya restorasi diarahkan pada rehabilitasi lahan kritis melalui sistem *agroforestry*, reforestasi vegetasi riparian, serta penerapan teknik konservasi tanah seperti *terracing* dan *contour planting*. Tujuan utamanya adalah menurunkan laju limpasan permukaan dan meningkatkan infiltrasi air tanah. Studi Rahardjo et al. (2018) di DAS Citarum menunjukkan bahwa restorasi vegetasi di hulu mampu menurunkan debit puncak banjir hingga 30% dan meningkatkan cadangan air tanah secara signifikan. Di DAS Limboto, penerapan pendekatan serupa diproyeksikan tidak hanya memperbaiki fungsi ekologis, tetapi juga menciptakan lapangan kerja hijau bagi masyarakat lokal. Tabel 3.28 memperlihatkan strategi restorasi hulu dan dampak terhadap pengurangan risiko banjir.

Tabel 3. 28 Strategi Restorasi Hulu dan Dampak Terhadap Pengurangan Risiko Banjir

Bentuk Intervensi	Dampak Ekologis	Dampak Sosial	Keterkaitan dengan Keadilan Ekologis
Reforestasi lahan kritis	Penanaman pohon endemik dan tanaman bernilai ekonomi	Meningkatkan infiltrasi dan mengurangi erosi	Pendapatan alternatif bagi petani hulu
Vegetasi riparian	Penanaman penahan erosi di tepi sungai	Menurunkan sedimentasi dan memperbaiki kualitas air	Melindungi lahan pertanian

Konservasi tanah	Teknik <i>terracing</i> dan <i>mulching</i>	Mengurangi limpasan permukaan	Memperpanjang masa tanam
------------------	---	-------------------------------	--------------------------

Sumber: Sintesis hasil analisis penulis berdasarkan kajian literatur restorasi DAS, hasil simulasi sistem dinamik, dan temuan lapangan di Hulu DAS Limboto.

3.4.5.2 Pengaturan Tata Guna Lahan Berbasis Zonasi Risiko

Komponen kedua menekankan pentingnya tata ruang berbasis risiko sebagai landasan mitigasi banjir. Zona rawan banjir dan area kritis hulu harus diidentifikasi secara jelas dan diatur melalui kebijakan pembatasan konversi lahan. Penetapan zonasi ini memerlukan integrasi antara peta risiko hidrologis dan rencana tata ruang daerah. Selain itu, pemerintah daerah perlu menyediakan insentif bagi praktik pertanian berkelanjutan, misalnya melalui keringanan pajak atau subsidi bagi petani yang menjaga tutupan vegetasi. Penelitian Wibowo & Susanti (2020) di DAS Kapuas menunjukkan bahwa penerapan sistem zonasi dan insentif konservasi mampu menurunkan laju alih fungsi lahan hingga 25% dalam lima tahun. Tabel 3.29 memperlihatkan zonasi risiko dan strategi pengaturan tata guna lahan.

Tabel 3. 29 Zonasi Risiko dan Strategi Pengaturan Tata Guna Lahan

Zona	Karakteristik Risiko	Kebijakan Pengaturan	Insentif dan Dukungan	Dampak yang Diharapkan
Zona Hulu (Kritis)	Erosi tinggi, kehilangan vegetasi	Pembatasan konversi, reforestasi wajib	Insentif konservasi agroforestry	Pengurangan limpasan air
Zona Tengah	Sedimentasi sedang, tekanan pertanian	Praktik pertanian konservasi	Subsidi alat konservasi	Peningkatan produktivitas berkelanjutan
Zona Hilir	Rawan genangan dan urbanisasi	Larangan pembangunan di zona banjir	Insentif relokasi dan drainase alami	Pengurangan frekuensi banjir

Sumber: Hasil sintesis dan perumusan penulis berdasarkan analisis risiko hidrologi, evaluasi perubahan penggunaan lahan, serta kajian kebijakan pengelolaan DAS Limboto.

3.4.5.3 Peningkatan Kapasitas dan Partisipasi Masyarakat

Pemberdayaan masyarakat menjadi elemen strategis dalam model ini karena keberhasilan mitigasi banjir bergantung pada partisipasi aktif warga. Melalui pembentukan

forum multipihak di tingkat desa dan sub-DAS, masyarakat diberi ruang deliberatif untuk ikut menentukan prioritas program konservasi. Pengakuan terhadap pengetahuan lokal dan pemberian pelatihan teknis pertanian konservasi akan meningkatkan efektivitas pengelolaan sumber daya. Penelitian Sari et al. (2021) di DAS Brantas membuktikan bahwa partisipasi komunitas lokal dalam perencanaan konservasi mampu menurunkan laju degradasi lahan hingga 40%. Pendekatan berbasis komunitas di Limboto dapat memperkuat rasa kepemilikan dan keberlanjutan program jangka panjang. Tabel 3.30 memperlihatkan strategi peningkatan kapasitas dan partisipasi masyarakat.

Tabel 3. 30 Strategi Peningkatan Kapasitas dan Partisipasi Masyarakat

Aspek	Kegiatan Utama	Dampak Langsung	Keterkaitan dengan Keadilan Ekologis
Forum keputusan partisipatif	Pembentukan forum lintas desa dan stakeholder	Transparansi dan legitimasi kebijakan	Memperkuat <i>procedural justice</i>
Pengakuan pengetahuan lokal	Integrasi praktik konservasi tradisional	Peningkatan efektivitas konservasi	Memperkuat <i>recognition justice</i>
Pelatihan dan edukasi	Pelatihan agroforestry dan pertanian ramah air	Peningkatan kapasitas adaptif	Meningkatkan <i>social resilience</i>

Sumber: Hasil sintesis dan perumusan penulis berdasarkan analisis sosial, kelembagaan, dan kerangka keadilan ekologis dalam pengelolaan DAS Limboto.

3.4.5.4 Perbaikan Regulasi dan Penegakan Hukum

Komponen keempat menekankan perlunya reformasi kebijakan dan penegakan hukum lingkungan yang lebih transparan dan berkeadilan. Proses perizinan penggunaan lahan harus dilakukan secara terbuka dengan akses informasi publik, sementara mekanisme pengawasan harus melibatkan masyarakat sipil. Selain itu, sanksi terhadap pelanggaran lingkungan perlu ditegakkan secara konsisten untuk menciptakan efek jera. Penelitian oleh Nugroho & Kurniawan (2022) di DAS Serayu menemukan bahwa transparansi izin lingkungan dan pelibatan masyarakat dalam pengawasan mampu menurunkan pelanggaran alih fungsi lahan sebesar 20%. Dengan memperkuat aspek regulatif, keadilan prosedural dan distribusi manfaat dapat ditegakkan secara lebih seimbang. Tabel 3.31 memperlihatkan reformasi regulasi dan penegakan hukum.

Tabel 3. 31 Reformasi Regulasi dan Penegakan Hukum

Bidang Kebijakan	Reformasi yang Diperlukan	Aktor Pelaksana	Dampak terhadap Keadilan Ekologis
Izin penggunaan lahan	Publikasi online, konsultasi publik wajib	Pemerintah daerah, LSM	Transparansi dan akuntabilitas meningkat
Pengawasan lingkungan	Pembentukan tim pengawasan partisipatif	Pemerintah, masyarakat desa	Memperkuat pengawasan sosial
Sanksi pelanggaran	Penerapan denda dan pemulihan wajib	Aparat hukum dan DLH	Meningkatkan efek jera dan keadilan distribusi

Sumber: Hasil sintesis dan rekomendasi kebijakan penulis berdasarkan analisis regulasi, tata kelola lingkungan, dan kerangka keadilan ekologis dalam pengelolaan DAS Limboto.

3.4.5.5 Sistem Peringatan Dini dan Infrastruktur Hijau

Sistem peringatan dini dan infrastruktur hijau dirancang untuk memperkuat adaptasi masyarakat terhadap risiko banjir. Pengembangan *early warning system* berbasis data curah hujan dan debit sungai dilakukan dengan melibatkan perguruan tinggi dan komunitas lokal dalam pengumpulan serta interpretasi data. Selain itu, pembangunan *infrastruktur hijau* seperti embung mikro, taman resapan, dan sistem drainase alami menjadi solusi ekologis yang ramah lingkungan. Studi Hartono & Nurfadillah (2023) di Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa kombinasi infrastruktur hijau dan sistem peringatan dini menurunkan kerugian ekonomi akibat banjir hingga 35%. Pendekatan ini memastikan masyarakat memiliki kapasitas antisipatif yang kuat terhadap kejadian ekstrem. Tabel 3.32 memperlihatkan penguatan sistem peringatan dini dan infrastruktur hijau.

Tabel 3. 32 Penguatan Sistem Peringatan Dini dan Infrastruktur Hijau

Komponen	Strategi Implementasi	Dampak Ekologis	Dampak Sosial	Relevansi terhadap Keadilan Ekologis
Sistem peringatan dini	Sensor curah hujan dan debit sungai berbasis komunitas	Peningkatan kesiapsiagaan	Pengurangan korban dan kerugian	Meningkatkan procedural justice melalui akses informasi

Infrastruktur hijau	Embung mikro, taman resapan, vegetasi penyerap air	Mengurangi limpasan dan genangan	Meningkatkan kualitas hidup	Mewujudkan distributive justice bagi masyarakat rentan
---------------------	--	----------------------------------	-----------------------------	--

Sumber: Hasil sintesis penulis berdasarkan analisis kebutuhan pengurangan risiko bencana, konsep infrastruktur hijau, dan kerangka keadilan ekologis dalam pengelolaan DAS Limboto.

3.4.5.6 Mekanisme Pembiayaan Adil dan Berkelanjutan

Komponen terakhir berfokus pada keadilan dalam mekanisme pembiayaan. Model ini mengusulkan penerapan *Payment for Ecosystem Services (PES)*, di mana komunitas hulu yang menjaga tutupan lahan menerima kompensasi dari aktor hilir yang memperoleh manfaat ekologis. Sistem ini juga melibatkan pemerintah, lembaga donor, dan sektor swasta untuk memastikan kesinambungan pendanaan. Penelitian Sari et al. (2021) membuktikan bahwa penerapan PES di DAS Brantas meningkatkan partisipasi masyarakat hingga 50% dan mempercepat rehabilitasi lahan kritis. Di Limboto, mekanisme ini berpotensi menjadi pilar keadilan distribusi dengan memastikan bahwa pelestarian lingkungan juga memberikan manfaat ekonomi nyata bagi masyarakat penjaga ekosistem. Tabel 3.33 memperlihatkan mekanisme pembiayaan berbasis keadilan ekologis.

3.4.5.7 Dinamika Model Sistemik

Model mitigasi banjir berbasis keadilan ekologis di DAS Limboto dibangun atas prinsip *feedback loops* atau umpan balik sistemik. Restorasi hulu menurunkan limpasan, memperbaiki kualitas air, dan mengurangi frekuensi banjir; sementara reformasi tata kelola dan pembiayaan berkeadilan memperkuat keberlanjutan sosial-ekologis jangka panjang. Pendekatan sistemik ini sejalan dengan hasil penelitian Purnomo (2022) di DAS Mahakam, yang menegaskan pentingnya integrasi antara intervensi teknis dan transformasi sosial untuk mencapai keseimbangan ekologis. Model ini tidak hanya mencegah bencana, tetapi juga menciptakan struktur sosial yang resilien, di mana masyarakat menjadi bagian integral dari solusi lingkungan.

Sebagai penutup, rancangan model ini menunjukkan bahwa keadilan ekologis dapat dioperasionalkan melalui enam komponen utama yang saling memperkuat. Implementasi yang berhasil memerlukan sinergi antara kebijakan, ilmu pengetahuan, dan partisipasi sosial. Dengan demikian, *Model Mitigasi Banjir Berbasis Keadilan Ekologis* untuk DAS Limboto bukan hanya sebuah desain teknis, melainkan paradigma baru tata kelola lingkungan yang menjamin kesetaraan, keberlanjutan, dan kemandirian ekosistem di masa depan.

Tabel 3. 33 Mekanisme Pembiayaan Berbasis Keadilan Ekologis

Skema Pembiayaan	Sumber Dana	Penerima Manfaat	Tujuan	Keterkaitan dengan Dimensi Keadilan
<i>Payment for Ecosystem Services (PES)</i>	Pemerintah, sektor swasta, donor	Petani hulu dan komunitas konservasi	Insentif menjaga tutupan hutan	Distributive dan recognitional
Dana restorasi ekologis	APBD dan CSR lingkungan	Pemerintah desa dan kelompok tani	Rehabilitasi lahan kritis	Procedural dan distributive
Program mikrofinans hijau	Lembaga keuangan lokal	Petani konservatif	Modal usaha pertanian berkelanjutan	Recognitional dan sosial-ekonomi

Sumber: Hasil sintesis dan perumusan penulis berdasarkan analisis keadilan ekologis, tata kelola DAS, serta skema pembiayaan lingkungan berkelanjutan.

3.4.6 Pembahasan: Keterkaitan Temuan dengan Literatur dan Kebijakan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa degradasi ekosistem hulu menjadi determinan utama meningkatnya risiko banjir di DAS Limboto, yang konsisten dengan teori hidrologi dan temuan empiris di wilayah tropis. Studi Rahardjo et al. (2018) di DAS Citarum dan penelitian Sari et al. (2021) di DAS Brantas menegaskan bahwa perubahan tutupan lahan dan hilangnya vegetasi riparian secara signifikan meningkatkan debit limpasan dan sedimentasi. Kondisi serupa ditemukan di Limboto, di mana deforestasi dan konversi lahan pertanian menjadi area permukiman mempercepat proses degradasi ekologis. Konsistensi ini menunjukkan bahwa tekanan ekologis di hulu menjadi penyebab langsung ketidakseimbangan ekosistem dan meningkatnya kerentanan banjir di wilayah hilir.

Dari sisi sosial, hasil penelitian mengonfirmasi bahwa marginalisasi sosial memperbesar dampak ekologis terhadap kelompok berpendapatan rendah. Hal ini sejalan dengan temuan Wibowo & Susanti (2020) di DAS Kapuas, yang menyatakan bahwa ketimpangan akses terhadap sumber daya memperparah kerentanan masyarakat terhadap bencana hidrometeorologis. Di Limboto, ketidakadilan distribusi manfaat dari konversi lahan dan lemahnya partisipasi masyarakat dalam perencanaan mitigasi menyebabkan kelompok rentan kehilangan daya adaptasi. Keterkaitan ini memperkuat

pandangan Schlosberg (2007) bahwa dimensi sosial dan ekologis tidak dapat dipisahkan dalam kerangka keadilan lingkungan.

Kesenjangan antara kebijakan formal dan pelaksanaan lapangan juga menjadi isu utama yang ditemukan dalam penelitian ini. Walaupun terdapat regulasi pengelolaan DAS dan tata ruang, lemahnya penegakan hukum dan pengawasan menyebabkan banyak izin konversi lahan dikeluarkan tanpa mempertimbangkan risiko ekologis. Fenomena ini serupa dengan hasil penelitian Nugroho & Kurniawan (2022) di DAS Serayu, yang menemukan bahwa implementasi kebijakan lingkungan sering kali terhambat oleh fragmentasi kelembagaan dan tumpang tindih kewenangan antar instansi. Kondisi tersebut menyebabkan kebijakan konservasi tidak berjalan efektif karena kurangnya koordinasi antaraktor dan lemahnya mekanisme akuntabilitas.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kebijakan mitigasi banjir yang bersifat teknokratis belum mampu menjawab kompleksitas persoalan sosial-ekologis. Infrastruktur fisik seperti tanggul dan embung memang berfungsi menahan air secara sementara, namun tanpa restorasi ekosistem hulu dan keterlibatan masyarakat, efektivitasnya akan bersifat jangka pendek. Penelitian Hartono & Nurfadillah (2023) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa infrastruktur hijau yang diintegrasikan dengan sistem sosial menghasilkan ketahanan banjir yang lebih berkelanjutan. Hal ini menegaskan pentingnya transisi dari pendekatan *engineering-based* menuju *ecosystem-based disaster risk reduction* yang berkeadilan.

Keunikan konteks lokal di Limboto menjadi aspek yang membedakan penelitian ini dari studi terdahulu. Struktur kepemilikan lahan, sejarah penggunaan lahan adat, serta nilai-nilai sosial yang melekat dalam masyarakat mempengaruhi pola interaksi dengan lingkungan. Berbeda dengan DAS Citarum dan Brantas yang lebih urban, Limboto memiliki dinamika rural-sosiokultural yang kuat. Oleh karena itu, solusi mitigasi tidak bisa bersifat seragam tetapi harus *context-sensitive*, menyesuaikan dengan nilai, norma, dan pengetahuan lokal. Pandangan ini sejalan dengan teori *environmental pluralism* yang menekankan pentingnya keberagaman epistemologis dalam pengelolaan lingkungan.

Integrasi pengetahuan lokal dalam kebijakan mitigasi banjir menjadi salah satu kontribusi penting penelitian ini terhadap pengembangan literatur keadilan ekologis di Indonesia. Pengetahuan lokal seperti sistem tanam bergilir dan pemeliharaan vegetasi alami di tepi sungai telah terbukti efektif dalam mengatur tata air. Namun, kebijakan formal cenderung mengabaikan hal tersebut. Penelitian Purnomo (2022) di DAS Mahakam menunjukkan bahwa pengakuan terhadap *local ecological knowledge* meningkatkan efektivitas konservasi hingga dua kali lipat dibandingkan dengan pendekatan top-down. Oleh karena itu, model keadilan ekologis yang dikembangkan di Limboto memperkuat dimensi *recognitionnal justice* sebagai elemen inti.

Kesenjangan kebijakan juga muncul dalam hal pembiayaan dan insentif. Meskipun berbagai regulasi nasional seperti PP No. 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS telah menetapkan kewajiban pemulihan lahan kritis, implementasinya sering terkendala oleh keterbatasan dana dan lemahnya koordinasi antar sektor. Penelitian ini menawarkan pendekatan *Payment for Ecosystem Services (PES)* sebagai solusi inovatif untuk menghubungkan pelestarian ekologis dengan keadilan distribusi. Pendekatan ini terbukti efektif di DAS Brantas (Sari et al., 2021), dan diadaptasi dalam konteks Limboto untuk memperkuat insentif bagi komunitas hulu yang menjaga ekosistem.

Temuan penelitian ini juga memberikan bukti empiris tentang pentingnya reformasi kelembagaan sebagai prasyarat keberhasilan mitigasi. Pola sentralisasi keputusan yang selama ini berlaku di DAS Limboto mempersempit ruang partisipasi publik dan memperkuat dominasi elit lokal. Sebaliknya, penerapan *co-management governance*—yang menempatkan masyarakat sebagai mitra sejajar dalam pengelolaan sumber daya—dapat meningkatkan efektivitas dan legitimasi kebijakan. Studi Setiawan (2020) di DAS Ciliwung mendukung hal ini, menunjukkan bahwa partisipasi deliberatif menghasilkan tingkat kepatuhan lingkungan yang lebih tinggi dibandingkan model top-down.

Dari sisi kebijakan nasional, penelitian ini juga menunjukkan bahwa prinsip keadilan ekologis sejalan dengan agenda *Sustainable Development Goals (SDGs)*, khususnya tujuan ke-13 (aksi iklim) dan ke-15 (ekosistem daratan). Namun, untuk mengoperasionalkan keadilan ekologis dalam konteks kebijakan daerah, diperlukan perangkat hukum yang lebih spesifik, seperti peraturan daerah tentang perlindungan ekosistem DAS berbasis komunitas. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya relevan secara akademik, tetapi juga memiliki implikasi praktis dalam perumusan kebijakan lokal.

Akhirnya, temuan penelitian ini menegaskan bahwa keberhasilan mitigasi banjir di DAS Limboto bergantung pada sinergi antara intervensi teknis dan reformasi sosial. Pendekatan berbasis keadilan ekologis menyediakan kerangka kerja yang mampu menjembatani kesenjangan tersebut dengan menempatkan masyarakat sebagai subjek aktif, bukan objek kebijakan. Dengan mengintegrasikan dimensi *distributive*, *procedural*, dan *recognition justice*, model yang diusulkan menjadi contoh nyata dari penerapan tata kelola berkelanjutan yang berkeadilan dan berakar pada konteks lokal. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkaya literatur ilmiah sekaligus menawarkan arah baru bagi kebijakan lingkungan yang lebih inklusif di Indonesia.

Pembahasan aspek ekologi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa degradasi Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto merupakan hasil dari interaksi kompleks antara perubahan penggunaan lahan, penurunan fungsi hidrologi, dan lemahnya integrasi kebijakan pengelolaan lingkungan. Temuan empiris memperlihatkan bahwa tekanan

ekologis tidak hanya berdampak pada penurunan kualitas ekosistem, tetapi juga memperbesar risiko hidrologi, khususnya banjir di wilayah hilir. Kondisi ini menegaskan bahwa permasalahan ekologis di DAS Limboto tidak dapat dipahami secara parsial, melainkan harus dilihat sebagai satu kesatuan sistem hulu–hilir yang saling terhubung. Untuk merangkum hubungan antara permasalahan ekologis utama, temuan penelitian, dan solusi pengelolaan yang direkomendasikan, Tabel 3.34 menyajikan matriks sintesis ekologi DAS Limboto.

Tabel 3. 34 Matriks Permasalahan, Temuan, dan Solusi Ekologis pada DAS Limboto

Permasalahan Ekologis	Temuan Penelitian	Solusi yang Direkomendasikan
Perubahan penggunaan lahan di wilayah hulu DAS Limboto	Analisis spasial multitemporal menunjukkan konversi signifikan tutupan hutan dan lahan pertanian menjadi permukiman dan lahan terbuka, yang berdampak pada penurunan kapasitas infiltrasi dan peningkatan limpasan permukaan.	Penerapan kebijakan pengendalian tata guna lahan berbasis zonasi ekologis, rehabilitasi hutan hulu, serta penguatan regulasi konservasi lahan di area resapan air.
Penurunan fungsi hidrologi DAS	Terjadi peningkatan limpasan permukaan dan penurunan debit dasar (baseflow), terutama pada musim kemarau, yang mengindikasikan degradasi fungsi simpan air alami DAS.	Implementasi teknik konservasi tanah dan air, pembangunan infrastruktur hijau (green infrastructure), serta integrasi prinsip eco-hydrology dalam perencanaan DAS.
Peningkatan frekuensi dan intensitas banjir di wilayah hilir	Data hidrologi dan simulasi sistem dinamik menunjukkan bahwa degradasi lahan hulu berkontribusi langsung terhadap peningkatan	Penguatan pengelolaan DAS terpadu hulu–hilir, restorasi vegetasi riparian, dan pengendalian aliran permukaan melalui

	risiko banjir hingga $\pm 25\%$ dalam dua dekade tanpa intervensi kebijakan.	pendekatan berbasis alam (nature-based solutions).
Degradasi kualitas ekosistem DAS	Indikasi sedimentasi, penurunan kualitas air, dan berkurangnya jasa ekosistem DAS akibat tekanan antropogenik yang terus meningkat.	Pengembangan sistem pemantauan lingkungan berbasis partisipatif, peningkatan kualitas data ekologis, dan penegakan regulasi lingkungan secara adaptif.
Ketimpangan beban ekologis antarwilayah	Masyarakat hilir menanggung dampak ekologis lebih besar (banjir dan penurunan kualitas lingkungan), sementara aktivitas pemanfaatan lahan di hulu relatif tidak diimbangi dengan kontribusi ekologis yang adil.	Penerapan prinsip keadilan ekologis dan keadilan kontributif melalui skema insentif–disinsentif, pembayaran jasa lingkungan (PES), serta kebijakan kolaboratif lintas wilayah DAS.

Sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.34, perubahan penggunaan lahan di wilayah hulu DAS Limboto muncul sebagai faktor kunci yang memicu degradasi fungsi hidrologi dan peningkatan limpasan permukaan, yang selanjutnya berkontribusi terhadap meningkatnya frekuensi dan intensitas banjir di wilayah hilir. Temuan ini memperkuat argumentasi bahwa pengelolaan ekologis DAS harus diarahkan pada pengendalian tata guna lahan berbasis zonasi ekologis, rehabilitasi vegetasi hulu, serta penerapan pendekatan berbasis alam dalam mitigasi risiko hidrologi. Selain itu, tabel tersebut juga menegaskan adanya ketimpangan distribusi beban ekologis antarwilayah, di mana masyarakat hilir menanggung dampak lingkungan yang lebih besar dibandingkan kontribusi ekologis dari aktivitas pemanfaatan lahan di hulu. Oleh karena itu, solusi yang diusulkan tidak hanya bersifat teknis-ekologis, tetapi juga menekankan penerapan prinsip keadilan ekologis dan keadilan kontributif melalui mekanisme insentif lingkungan dan pengelolaan DAS terpadu. Dengan demikian, Tabel 3.34 berfungsi sebagai jembatan analitis yang menghubungkan temuan ekologis penelitian dengan implikasi kebijakan pengelolaan DAS Limboto yang berkelanjutan dan berkeadilan.

3.5 Simpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa ketidakadilan ekologis di DAS Limboto merupakan hasil interaksi kompleks antara degradasi lingkungan, ketimpangan tata kelola, dan marginalisasi sosial. Temuan menunjukkan bahwa tekanan ekologis di hulu akibat deforestasi dan alih fungsi lahan meningkatkan risiko banjir dan kerentanan sosial di wilayah hilir. Sementara itu, kebijakan yang bersifat top-down dan teknokratis belum mampu menyentuh akar masalah keadilan ekologis, karena partisipasi masyarakat dan pengakuan terhadap pengetahuan lokal masih lemah. Oleh karena itu, keadilan ekologis harus menjadi kerangka utama dalam pengelolaan DAS agar distribusi manfaat dan beban lingkungan lebih proporsional serta partisipatif.

Dari sisi sosial dan tata kelola, penelitian ini menegaskan pentingnya reformasi kelembagaan menuju model *co-management* yang kolaboratif. Pemerintah daerah harus berperan sebagai fasilitator, bukan dominator, dengan membuka ruang deliberatif bagi masyarakat, akademisi, dan sektor swasta dalam pengambilan keputusan. Model mitigasi yang diusulkan menempatkan masyarakat sebagai mitra sejajar melalui forum multipihak, pelatihan agroforestry, dan mekanisme insentif berbasis konservasi. Pendekatan ini terbukti efektif dalam berbagai studi terdahulu di DAS Brantas, Citarum, dan Mahakam yang menunjukkan peningkatan efektivitas konservasi dan legitimasi sosial kebijakan.

Dari perspektif ekologis, penerapan strategi restorasi hulu, zonasi berbasis risiko, dan pembangunan infrastruktur hijau menjadi langkah krusial dalam menurunkan limpasan dan memperbaiki fungsi hidrologis DAS Limboto. Restorasi vegetasi hulu melalui sistem agroforestry dan penataan lahan kritis terbukti menurunkan debit puncak dan erosi secara signifikan. Namun keberhasilan jangka panjang sangat bergantung pada partisipasi komunitas lokal dan konsistensi regulasi. Karena itu, penguatan *feedback system* antara intervensi teknis dan sosial menjadi kunci bagi keberlanjutan ekologis di wilayah ini.

Saran utama penelitian ini adalah perlunya pengarusutamaan keadilan ekologis dalam kebijakan daerah. Pemerintah Provinsi Gorontalo diharapkan mengadopsi *ecological justice framework* ke dalam peraturan daerah yang mengatur tata kelola DAS berbasis komunitas. Kebijakan tersebut perlu memuat mekanisme transparansi izin, pelibatan masyarakat dalam pengawasan, dan sistem kompensasi seperti *Payment for Ecosystem Services (PES)* bagi komunitas hulu yang menjaga ekosistem. Selain itu, lembaga pendidikan dan penelitian lokal perlu dilibatkan untuk memperkuat basis ilmiah dalam perencanaan dan evaluasi kebijakan mitigasi banjir.

Sebagai rekomendasi strategis, diperlukan sinergi lintas-sektor yang melibatkan pemerintah, lembaga keuangan, swasta, dan komunitas lokal untuk membangun sistem pengelolaan DAS yang adil dan berkelanjutan. Integrasi data ekologis, sosial, dan

kelembagaan perlu diformalkan dalam *Ecological Governance Platform* di tingkat provinsi. Dengan demikian, DAS Limboto dapat menjadi model nasional bagi pengelolaan sumber daya berbasis keadilan ekologis—menggabungkan keberlanjutan lingkungan dengan kesejahteraan sosial. Implementasi konsisten dari rekomendasi ini akan menjadikan mitigasi banjir bukan sekadar upaya teknis, tetapi transformasi menuju tata kelola lingkungan yang berkeadilan dan resilien di masa depan.

3.6 Daftar Pustaka

- Asiva Noor Rachmayani. (2015). *Krisis Ekologi*. Jakarta: Penerbit Obor Indonesia.
- Hartono, T., & Nurfadillah, R. (2023). *Integrasi Infrastruktur Hijau dalam Pengelolaan Banjir Berbasis Ekosistem di Sulawesi Selatan*. *Jurnal Lingkungan Tropis*, 11(2), 87–102.
- Hukum, L., Ekologis, K., & Haeckel, E. (n.d.). *Makna Keadilan Ekologis: Konsep Keadilan Ekologis Perspektif Keadilan Ekologis*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Nugroho, A., & Kurniawan, S. (2022). *Kelembagaan dan Fragmentasi Tata Kelola DAS di Indonesia: Studi Kasus DAS Serayu*. *Jurnal Kebijakan Lingkungan*, 8(3), 145–159.
- Purnomo, H. (2022). *Integrating Local Ecological Knowledge into Watershed Management: Lessons from Mahakam Basin*. *Indonesian Journal of Environmental Policy Studies*, 4(1), 55–70.
- Raditya, A., & Noh, M. H. (2022). Krisis Ekologi Berganda di Situs Mata Air, Malang. *Jurnal Sains, Sosial dan Humaniora (JSSH)*, 2(1), 52–58. <https://doi.org/10.52046/jssh.v2i2.1143>
- Rahardjo, S., Sutanto, D., & Pambudi, H. (2018). *Analisis Degradasi Hulu dan Dampaknya terhadap Banjir di DAS Citarum*. *Jurnal Hidrologi Tropika Indonesia*, 6(1), 23–35.
- Sari, D., Hidayat, A., & Wibisono, F. (2021). *Partisipasi Komunitas dalam Konservasi Daerah Aliran Sungai Brantas: Pendekatan Keadilan Lingkungan*. *Jurnal Ekologi dan Pembangunan Berkelanjutan*, 9(2), 112–127.
- Schlosberg, D. (2007). *Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature*. Oxford: Oxford University Press.
- Setiawan, A. (2020). *Public Deliberation and Justice in Urban Watershed Governance: The Case of Ciliwung River*. *Indonesian Journal of Environmental Governance*, 3(2), 77–94.
- Sonny, A. (2017). *Konsep Etika Lingkungan Hidup menurut Sonny Keraf*. Yogyakarta: Kanisius.

- Sugiyono, D. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan*. Bandung: Alfabeta.
- Wibowo, T., & Susanti, N. (2020). *Keadilan Lingkungan dan Ketimpangan Sosial dalam Pengelolaan DAS Kapuas*. *Jurnal Ekologi Sosial Indonesia*, 5(1), 33–49.
- United Nations Development Programme (UNDP). (2021). *Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction and Justice Frameworks in Southeast Asia*. New York: UNDP.
- World Bank. (2020). *Sustainable Watershed Management and Social Inclusion in Developing Countries*. Washington D.C.: World Bank Publications.