

Pemetaan Jasa Ekosistem Penyedia di Daerah Aliran Sungai Mamasa

“Mapping of Ecosystem Services Providers in the Mamasa Watershed”

Marleny Dara^{1*}, Chairil Aqwan², Anugrahandini Nasir³, Andi Nurul Mukhlisa⁴

¹Program Studi Ilmu Tanah, Universitas Papua, Papua

²Program Studi Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar

³Program Studi Kehutanan, Universitas Islam Makassar, Makassar

⁴Program Studi Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat, Majene

*Corresponding author's email : m.dara@unpar.ac.id

Diterima: 04 Desember 2025

Disetujui: 28 Desember 2025

Diterbitkan: 31 Desember 2025

ABSTRAK: DAS Mamasa merupakan salah satu wilayah penting dalam sistem hidrologi kawasan Mamasa–Saddang yang memiliki fungsi ekologis strategis bagi penyediaan jasa ekosistem. Perubahan tutupan lahan, tekanan pemanfaatan ruang, serta variasi karakter geomorfologi berpotensi memengaruhi kapasitas penyediaan jasa ekosistem di wilayah tersebut. Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh mengenai potensi jasa ekosistem menjadi sangat penting sebagai dasar dalam perencanaan pembangunan berkelanjutan dan penyusunan kajian daya dukung lingkungan dalam kerangka Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS). Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan memetakan potensi penyediaan jasa ekosistem di DAS Mamasa yang mencakup Kabupaten Mamasa, Polewali Mandar, Pinrang, Tana Toraja, dan Enrekang. Metode yang digunakan meliputi expert judgment untuk penilaian geomorfologi dan tutupan lahan, yang selanjutnya dianalisis menggunakan Matriks Perbandingan Berpasangan dan Sistem Informasi Geografis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa DAS Mamasa memiliki 12 jenis penutupan lahan dan 8 jenis geomorfologi. Pada jasa ekosistem penyediaan pangan, kategori sedang mendominasi sebesar 53,77% dan terutama berada di bagian hulu dengan luas 25.463,67 ha. Jasa ekosistem penyedia air bersih juga didominasi kategori sedang sebesar 56,18% dengan sebaran utama di bagian hilir seluas 25.247,22 ha. Untuk jasa ekosistem penyedia serat, kategori sedang mendominasi 30,10% dan mencakup bagian hulu dengan luas 24.649,19 ha. Sementara itu, jasa ekosistem penyedia bahan bakar biomassa menunjukkan dominasi kategori sedang sebesar 30,10% dengan luasan 20.845,75 ha yang juga berada di kawasan hulu. Temuan ini memberikan gambaran spasial yang komprehensif bagi perencanaan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan di DAS Mamasa.

Kata kunci: Jasa ekosistem; Geomorfologi; Tutupan lahan; Expert judgment; SIG.

ABSTRACT: The Mamasa watershed is one of the important areas in the Mamasa–Saddang hydrological system, which has a strategic ecological function in providing ecosystem services. Changes in land cover, pressure on land use, and variations in geomorphological characteristics have the potential to affect the capacity to provide ecosystem services in the region. Therefore, a comprehensive understanding of the potential for ecosystem services is very important as a basis for sustainable development planning and the preparation of environmental carrying capacity studies within the framework of the Strategic Environmental Assessment (SEA). This study aims to describe and map the potential for ecosystem service provision in the Mamasa watershed, which covers the districts of Mamasa, Polewali Mandar, Pinrang, Tana Toraja, and Enrekang. The methods used include expert judgment for geomorphological and land cover assessment, which are then analyzed using a Pairwise Comparison Matrix and Geographic Information System. The results of the study show that the Mamasa watershed has 12 types of land cover and 8 types of geomorphology. In terms of food provision ecosystem services, the moderate category dominates at 53.77% and is mainly located in the upper reaches with an area of 25,463.67 ha. Clean water provision ecosystem services are also dominated by the moderate category at 56.18%, mainly distributed in the downstream area covering an area of 25,247.22 ha. For fiber provision ecosystem services, the moderate category dominates at 30.10% and covers the upstream area with an area of 24,649.19 ha. Meanwhile, biomass fuel ecosystem services show a dominance of the medium category at 30.10% with an area of 20,845.75 ha, which is also located in the



upstream area. These findings provide a comprehensive spatial overview for sustainable natural resource management planning in the Mamasa watershed.

Key words: Ecosystem services; Geomorphology; Land cover; Expert judgment; GIS

1. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan unit ekosistem yang sangat penting bagi keseimbangan lingkungan dan kehidupan manusia. Sebagai sistem yang mengalirkan air dari hulu ke hilir, DAS memiliki peran vital dalam menyediakan berbagai jasa ekosistem yang mendukung kehidupan manusia dan keberlanjutan alam (Holik et al., 2022). Jasa ekosistem adalah kemampuan alam memberikan manfaat bagi manusia. Pendekatan jasa ekosistem merupakan konsep perencanaan, pengambilan keputusan dan pengelolaan yang komprehensif, yang menguraikan strategi pengelolaan terpadu tanah, air, dan sumberdaya kehidupan yang meningkatkan konservasi dan pemakaian secara berkelanjutan dan berkeadilan. Sehingga jasa ekosistem penting untuk diketahui sebagai acuan dalam pengambilan keputusan perencanaan pembangunan berkelanjutan (Alfajar et al., 2025).

Jasa ekosistem ini mencakup berbagai manfaat yang diterima oleh masyarakat, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang berasal dari proses alami dalam DAS, seperti penyediaan air bersih, pengaturan iklim, penyerapan karbon, serta perlindungan terhadap bencana alam seperti banjir dan longsor (Pambudi, 2019). Pemetaan jasa ekosistem penyedia DAS menjadi sangat relevan dalam konteks pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan (Sahid et al., 2019). Pemetaan ini membantu mengidentifikasi dan mengukur manfaat yang diperoleh dari ekosistem dalam DAS, serta mengevaluasi bagaimana perubahan dalam penggunaan lahan, degradasi lingkungan, atau intervensi manusia dapat mempengaruhi penyediaan jasa-jasa tersebut.

Hasil pemantauan terhadap DAS Mamasa menunjukkan sejumlah fakta tentang kerusakan yang terjadi di DAS tersebut. Hasil analisis tutupan lahan 2002 menunjukkan bahwa bentuk tutupan lahan yang dominan di setiap segmen adalah hutan campuran, hutan pinus dan kebun campuran. Sedangkan berdasarkan tutupan lahan tahun 2005 (Peta MIH) menunjukkan bahwa 39,57 % kawasan DAS Mamasa masih berupa hutan. Persentase luas tutupan lahan berupa hutan ini jika dibandingkan dengan kondisi kelerengan DAS Mamasa yang sebagian besar memiliki kelerengan >40 , maka luas tutupan hutan masih relatif kurang. Kerusakan lahan merupakan faktor utama penyebab besarnya erosi di DAS Mamasa. Tingkat erosi pada tahun 1986 mencapai >60 ton/ha/tahun. Wilayah DAS



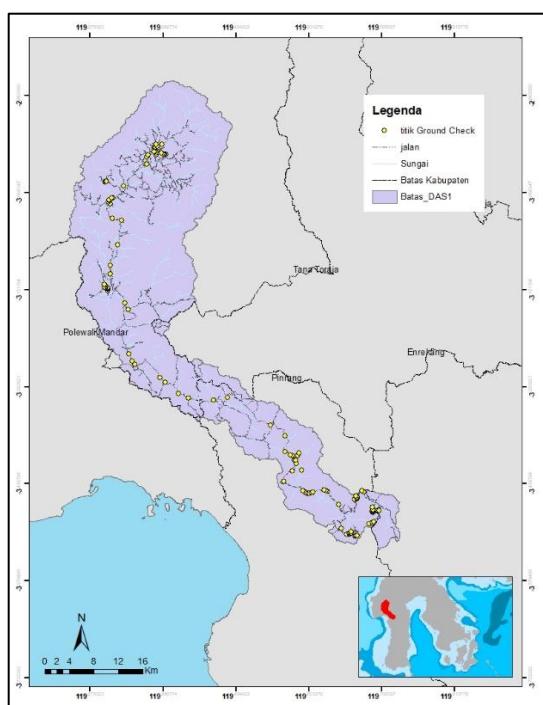
dengan potensi erosi tinggi mencapai 56 persen, sedangkan pada tahun 2002 erosi mencapai 784.8 ton/ha/tahun, Terjadi peningkatan 300 persen dalam waktu 20 tahun. Kerusakan Lahan tersebut telah menganggu posokan listrik bagi masyarakat luas yang bersal dari PLTA Bakaru (Sahid et al., 2019)

Berdasarkan uraian di atas, untuk menciptakan keseimbangan antara pembangunan berkelanjutan dan keseimbangan ekosistem maka perlu dilakukan penelitian “Pemetaan Jasa Ekosistem Penyedia Daerah Aliran Sungai Mamasa” untuk memberikan informasi pentingnya Jasa Ekosistem dalam pembangunan dan potensi sumber daya alam.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai Mei tahun 2023 di Alun-Alun Kabupaten Polewali Mandar.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Alat dan Bahan

a. Alat

Alat penelitian meliputi perangkat keras berupa komputer/laptop untuk pengolahan data SIG, serta perangkat lunak SIG dan pengolah citra untuk analisis dan visualisasi



data spasial. Selain itu, Microsoft Excel digunakan untuk perhitungan *pairwise comparison* dan analisis *Analytic Hierarchy Process* (AHP), sementara GPS dimanfaatkan dalam kegiatan verifikasi lapangan (*ground check*).

b. Bahan

Bahan penelitian berupa data spasial dan nonspasial yang mendukung analisis geomorfologi, penutupan lahan, dan jasa ekosistem meliputi :

1. Mengadakan Peta Geomorfologi dan Peta Penutupan Lahan

Peta geomorfologi disusun berdasarkan data *Land System RePPProT* (1987) menggunakan atribut LANDTYPE, LANDNAME, dan NAME. Sementara itu, peta penutupan lahan diperoleh melalui interpretasi visual citra Google Earth multitemporal periode 2016–2023 menggunakan metode delineasi visual berbasis karakteristik objek, meliputi rona, tekstur, pola, bentuk, dan konteks spasial.

2. Verifikasi Tutupan Lahan dengan Metode Ground Check

Verifikasi tutupan lahan dilakukan dengan metode Ground check untuk menguji keakuratan hasil intrepretasi citra penutupan lahan. Keakuratan hasil interpretasi penutupan lahan diverifikasi melalui *ground check* lapangan. Titik sampel ditentukan untuk setiap kelas penutupan lahan dan diuji menggunakan *confusion matrix* dengan standar akurasi minimum 85%.

2.3. Teknik Analisis Data

1. Penilaian jasa ekosistem

Penilaian jasa ekosistem dilakukan menggunakan metode *Expert-Based Valuation* dengan melibatkan delapan pakar di bidang geomorfologi dan penutupan lahan dari Universitas Hasanuddin. Penilaian dilakukan melalui metode skoring (skala 1–10) untuk menentukan tingkat kepentingan relatif setiap jasa ekosistem.

2. Menghitung Indeks Jasa Ekosistem (IJE) dengan metode *Pairwise Comparison Matrix*

Indeks Jasa Ekosistem (IJE) dihitung menggunakan metode *Pairwise Comparison Matrix* dari *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Matriks *pairwise comparison* disusun berdasarkan hasil penilaian pakar dan diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk memperoleh bobot prioritas masing-masing jasa ekosistem sebagai berikut:



a. Menghitung Rasio Pengukuran (CM)

Melakukan perkalian matriks, yaitu antara jumlah pada kolom *Pairwise Comparison Matrix* dengan nilai rata-rata matriks yang telah di normalisasi.

b. Menghitung Indeks Konsistensi (CI)

Konsistensi dari matriks dari matriks, Apabila CI bernilai nol, maka matriks pairwise comparison tersbut konsisten.

c. Menghitung Rasio Konsistensi (CR)

Rasio Konsistensi (CR) merupakan perbandingan antara Indeks Konsistensi (CI) dan Indeks Acak (RI) sesuai jumlah kelas yang digunakan.

Nilai $CR \leq 0,1$ menunjukkan matriks konsisten dan dapat digunakan, sedangkan $CR > 0,1$ mengindikasikan perlunya evaluasi ulang penilaian pakar

3. Koefisien Jasa Ekosistem

Kapasitas jasa ekosistem dinyatakan dalam bentuk indeks yang dihitung berdasarkan bobot jasa ekosistem terhadap geomorfologi dan penutupan lahan melalui proses penskalaan Koefisien Jasa Ekosistem (KJE). Nilai KJE berada pada rentang 0–1, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat kepentingan yang lebih besar dalam pengelolaan lingkungan, dan selanjutnya diklasifikasikan ke dalam lima kelas ordinal: sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah.

(Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Sumatera, 2015)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Mamasa

Tutupan lahan merupakan kondisi biofisik yang tampak pada permukaan bumi beserta lapisan di bawahnya, yang mencerminkan karakteristik fisik wilayah tersebut (Febrero & Oktama, 2020). Hasil interpretasi citra yang telah dilakukan terdapat 12 kelas penutupan lahan yang terdiri dari bandara, hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, lahan terbuka, padang rumput, pemukiman, perkebunan, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur semak, sawah, semak belukar, dan tubuh air. Luasan dari 12 kelas penutupan lahan DAS Mamasa.

Tabel 1. Presentase Luasan Penutupan Lahan DAS Mamasa

No	Penutupan Lahan	Luas	Persentase
1	Bandara	45,19	0,04
2	Hutan Lahan Kering Primer	2.994,93	2,58
3	Hutan Lahan Kering Sekunder	42.443,98	36,56
4	Lahan Terbuka	250,61	0,22
5	Padang Rumput	670,05	0,58
6	Pemukiman	1.528,72	1,32
7	Perkebunan	288,93	0,25
8	Pertanian Lahan Kering	161,38	0,14
9	Pertanian Lahan Kering Campur Semak	57.637,59	49,64
10	Sawah	6.426,91	5,54
11	Semak Belukar	2.956,67	2,55
12	Tubuh Air (sungai, Waduk)	703,41	0,61
Total		116.108,37	100

Hasil dari confusion matrix titik pengecekan lapangan masing-masing penutupan lahan, diketahui terdapat 120 titik sampel (N). Jumlah titik yang terbukti benar dilapangan sebanyak 107 titik (X). Dari hasil tersebut dilakukan uji akurasi berupa overall accuracy. Overall accuracy menunjukkan tingkat kepercayaan hasil interpretasi citra *Google Earth* secara keseluruhan. DAS Mamasa dan hasil perhitungan overall accuracy yaitu 89,17%, dapat dikatakan bahwa hasil interpretasi dapat diterima.

3.2 Geomorfologi Daerah Aliran Sungai Mamasa

Geomorfologi DAS Mamasa terdiri dari 8 bentukan lahan, berdasarkan fungsinya DAS dibagi menjadi 3 yaitu Hulu, Tengah dan hilir. Pada bagian hulu dan tengah DAS Mamasa didominasi oleh bentukan lahan punggung bukit dan gunung-gunung karstik yang tidak rata dengan luasan sebesar 41.230,85 ha atau sekitar 35,51% pada bagian hulu dan luasan sebesar 14.914,79 ha atau sekitar 12,85% pada bagian tengah DAS Mamasa. Bentukan lahan dasar lembah kecil di antara bukit-bukit dengan luasan sebesar 29.751,22 ha atau sekitar 25,62% terletak pad bagian hilir DAS Mamasa. Luasan dan presentase



dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Presentase Luasan Geomorfologi DAS Mamasa

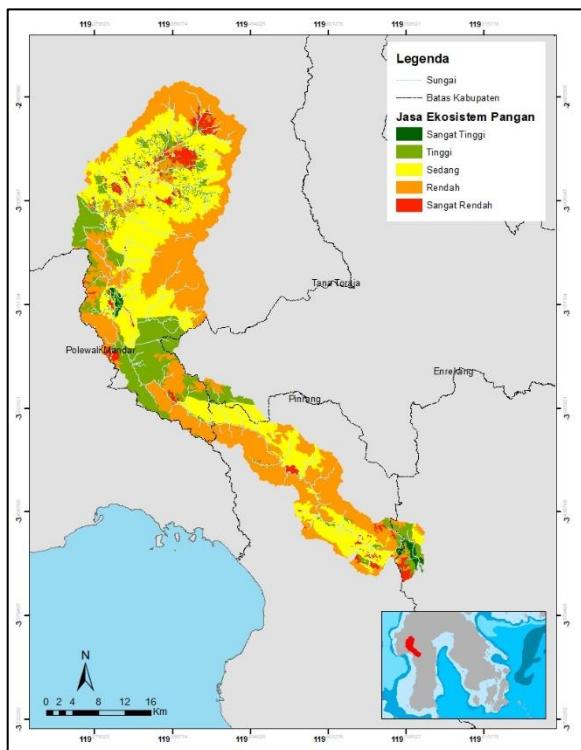
Bentuk Lahan	Hilir	Hulu	Tengah	Jumlah
Dasar lembah kecil di antara bukit-bukit	29.751,22	-	-	29.751,22
Punggung gunung yang tak teratur di atas batuan vulkanik basa	15.28,28	-	-	1.528,28
Punggung bukit yang sangat curam di atas vulkanik basa	12.161,76	619,23	10.582,21	23.363,21
Punggung bukit sedimen asimetrik tak terorientasi	617,99	-	459,58	1.077,56
Punggung bukit dan gunung-gunung karstik yang tidak rata	-	41.230,85	14.914,79	56.145,64
Punggung bukit sedimen asimetrik yang tertoreh melebar	435,20	-	-	435,20
Teras-teras sungai yang berombak sampai bergelombang	140,04	-	-	140,04
Punggung gunung granit terorientasi yang terjal	14,98	-	3.652,25	3.667,23
Jumlah	44.649,46	41.850,08	29.608,83	116.108,37

3.3 Jasa Ekosistem Penyediaan Pangan

Pola distribusi jasa ekosistem penyedia pangan dapat menunjukkan persebaran lahan permukiman, karena masyarakat memanfaatkan sumber daya alam di area yang dikaji (Andryannur et al., 2022). Berdasarkan hasil analisis DAS Mamasa memiliki luasan lahan yang besar. Luasan lahan ini dibagi menjadi lahan berpotensi sangat tinggi, tinggi, sedang,



rendah dan sangat rendah terhadap jasa penyediaan pangan. Lahan yang berpotensi sangat tinggi untuk penyediaan pangan memiliki luasan 931,96 ha atau sekitar 0,80% dari keseluruhan luas lahan DAS Mamasa. Lahan yang berpotensi sangat rendah untuk penyediaan pangan memiliki luasan 4.586,31 ha atau sekitar 3,95% dari keseluruhan luas lahan DAS Mamasa. Potensi yang mendominasi DAS Mamasa yaitu kategori sedang dengan luasan sebesar 62.435,27 ha atau sekitar 53,77%.



Gambar 2. Peta Jasa Ekosistem Penyediaan Pangan

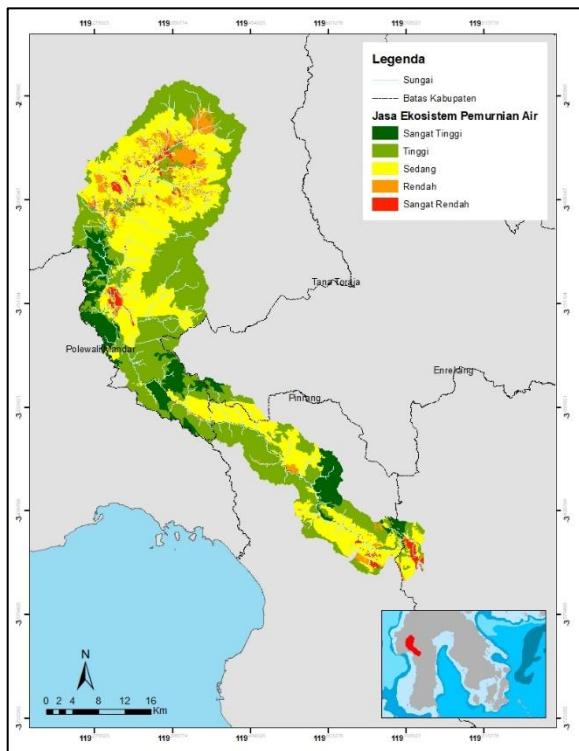
Berdasarkan morfologi DAS Mamasa terbagi menjadi tiga bagian hulu, tengah dan hilir. Gambar 1 menunjukkan adanya perbandingan luasan pada setiap morfologi DAS. Perbandingan yang memiliki cakupan paling besar meliputi kategori sedang pada bagian hulu dengan luasan sebesar 25.463,67 ha atau sekitar 21,93% dan cakupan paling kecil meliputi kategori sangat rendah pada bagian tengah dengan luasan sebesar 243,58 ha atau sekitar 0,21%.

3.4 Jasa Ekosistem Penyediaan air bersih

Berdasarkan hasil analisis, potensi jasa ekosistem penyediaan air bersih di DAS Mamasa terbagi ke dalam lima kategori, dengan didominasi kelas sedang seluas



65.232,31 ha (56,18%), sementara kelas sangat tinggi dan sangat rendah masing-masing mencakup 1.029,26 ha (0,89%) dan 1.393,35 ha (1,20%). Hal ini sejalan dengan penelitian Sutrisno (2023) yang menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan dapat menurunkan daya dukung penyediaan air bersih. Secara spasial, bagian hulu berfungsi sebagai daerah tangkapan air utama meskipun luasannya terbatas, bagian tengah berperan sebagai wilayah transisi yang masih berfungsi secara hidrologis namun rentan terhadap tekanan pemanfaatan lahan, sedangkan bagian hilir menunjukkan penurunan kapasitas akibat meningkatnya limpasan dan aktivitas terbangun. Dominasi kelas sedang menegaskan bahwa DAS Mamasa berada pada kondisi ambang, sehingga keberlanjutan jasa ekosistem air bersih sangat bergantung pada perlindungan bagian hulu dan pengendalian pemanfaatan lahan di bagian tengah dan hilir.



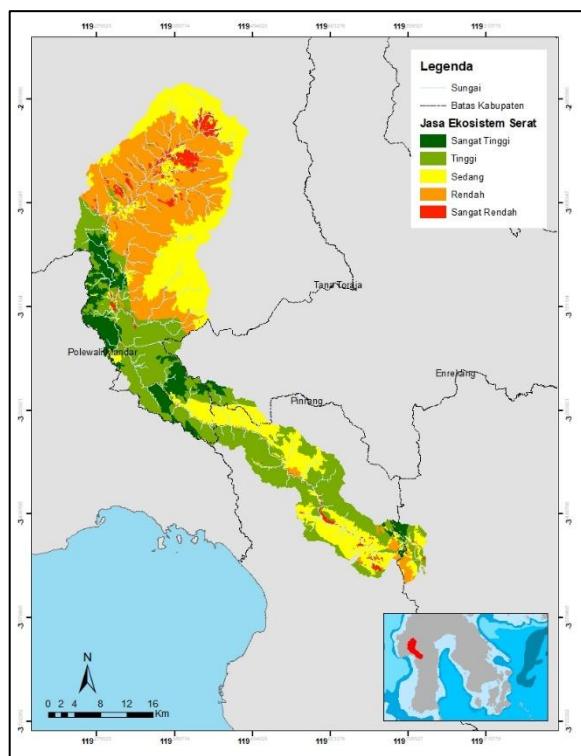
Gambar 3. Peta Jasa Ekosistem Penyediaan air bersih

3.5 Jasa Ekosistem Penyedia Serat

Berdasarkan analisis spasial di DAS Mamasa, total luas lahan diklasifikasikan ke dalam kategori potensi jasa ekosistem provisioning untuk serat, dengan kategori sangat tinggi seluas 9.386,94 ha (8,08%), sangat rendah 3.913,02 ha (3,37%), dan kategori paling dominan adalah sedang seluas 34.943,74 ha (30,10%); distribusi spasial menurut



morfologi menunjukkan bahwa bagian hulu didominasi kategori rendah (24.649,19 ha atau 21,23%), sedangkan bagian tengah memiliki cakupan terkecil di kategori sangat rendah (272,12 ha atau 0,23%). Pendekatan ini sejalan dengan praktik pemetaan jasa ekosistem berdasarkan data tutupan lahan dan penggunaan lahan, sebagaimana dilakukan pada skala regional di Indonesia (misalnya di Provinsi Bali) untuk provisioning service (Wiranatha et al., 2024). Selain itu, literatur global terbaru menunjukkan bahwa pemetaan dan kuantifikasi jasa ekosistem secara spasial dengan memanfaatkan data penggunaan/tutupan lahan serta klasifikasi multi-label mampu menangkap heterogenitas layanan ekosistem dengan lebih fleksibel dan akurat.



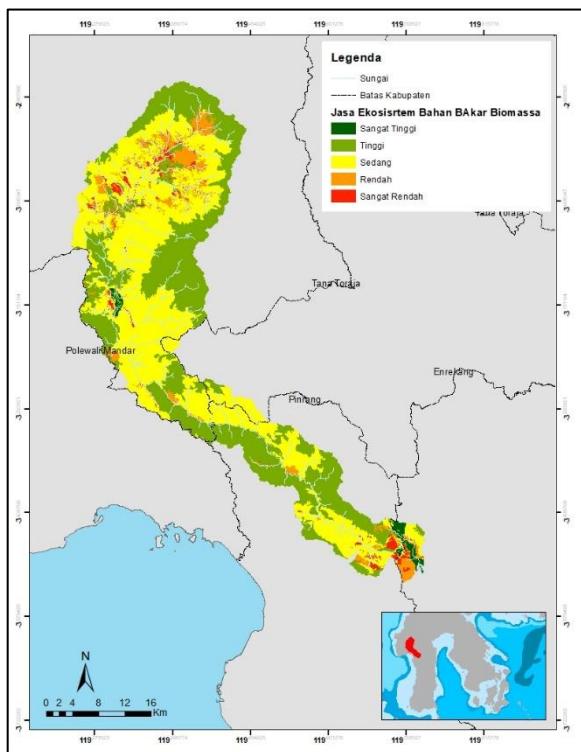
Gambar 4. Peta Jasa Ekosistem penyediaan serat

3.6 Jasa Ekosistem Penyedia Bahan Bakar Biomassa

Berdasarkan hasil analisis, DAS Mamasa memiliki luasan lahan yang besar dengan variasi potensi jasa ekosistem penyediaan bahan bakar biomassa yang terbagi ke dalam kategori sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah. Kategori sangat tinggi mencakup 1.392,11 ha ($\pm 1,20\%$), sedangkan kategori sangat rendah mencakup 2.267,30 ha ($\pm 1,95\%$), dan potensi yang paling mendominasi adalah kategori sedang seluas 34.943,74 ha ($\pm 30,10\%$). Berdasarkan morfologi DAS, distribusi spasial menunjukkan



bahwa bagian hulu memiliki cakupan terbesar pada kategori sedang seluas 20.845,75 ha ($\pm 17,95\%$), sementara cakupan terkecil berada pada kategori sangat rendah di bagian hulu seluas 1.172,44 ha ($\pm 0,01\%$). Pola distribusi ini sejalan dengan temuan penelitian terbaru yang menunjukkan bahwa kapasitas jasa ekosistem biomassa sangat dipengaruhi oleh tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan karakteristik biofisik DAS (Purba et al., 2022), serta bahwa pemodelan spasial jasa ekosistem berbasis penggunaan lahan efektif digunakan untuk mengidentifikasi potensi penyediaan energi biomassa di berbagai lanskap (Xiong et al., 2023)



Gambar 5. Peta Jasa Ekosistem Penyediaan Bahan Bakar Biomassa

4. KESIMPULAN

DAS Mamasa memiliki keragaman biofisik tinggi dengan 12 jenis penutupan lahan dan 8 satuan bentuk lahan yang memengaruhi kapasitas jasa ekosistem. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa seluruh jasa ekosistem penyedia pangan (53,77%), air bersih (56,18%), serat (30,10%), dan biomassa (30,10%) didominasi oleh kategori sedang, yang menandakan bahwa fungsi ekologis masih berjalan namun berada pada kondisi ambang dan rentan terhadap perubahan pemanfaatan lahan. Dominasi kategori sedang

merupakan peringatan dini bahwa tanpa intervensi, kapasitas jasa ekosistem berpotensi menurun. Oleh karena itu, kebijakan pembangunan dalam kerangka KLHS perlu difokuskan pada perlindungan dan restorasi kawasan hulu, pengendalian alih fungsi lahan di zona tengah, serta pengelolaan sumber daya air yang lebih efisien di wilayah hilir. Pendekatan spasial berbasis jasa ekosistem ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk penetapan zona prioritas pengelolaan dalam RTRW dan perencanaan pembangunan berkelanjutan di DAS Mamasas.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfajar, G., Adi Kuntoro, A., Laili Yasinta, N., & Irfie Lutfia Aulia, R. (2025). Analisis Kinerja Jasa Lingkungan Penyedia Air dan Daya Dukung Air Kabupaten Ketapang Secara Spasial. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 3(4), 5400–5411. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.1270>
- Andryannur, H., Akbar, A. A., & Sulastri, A. (2022). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Jasa Ekosistem Pangan Di Taman Nasional Danau Sentarum. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 615–627. <https://doi.org/10.14710/jil.20.3.615-627>
- Febriarta, E., & Oktama, R. (2020). Pemetaan Daya Dukung Lingkungan Berbasis Jasa Ekosistem Penyedia Pangan Dan Air Bersih Di Kota Pekalongan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 283–289. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.283-289>
- Holik, A., Bachtiar, R. R., & Halil, H. (2022). Pemetaan Daya Dukung Jasa Ekosistem Penyedia Pangan di Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 10(3), 181–190. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2022.010.03.02>
- Pambudi, A. S. (2019). Watershed Management in Indonesia: A Regulation, Institution, and Policy Review. In *The Indonesian Journal of Development Planning: Vol. III* (Issue 2).
- Purba, A., Sabri, L. M., & Nugraha, L. (2022). Analisis Daya Dukung Dan Daya Tampung Air Menggunakan Pendekatan Sig (Studi Kasus: Kabupaten Batang). *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 5(2), 69–78.
- Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Sumatera. (2015). *Daya Dukung Dan Daya Tampung Lingkungan Hidup Ekoregion Sumatera Berbasis Jasa Ekosistem*.
- Sahid, M., Mappiasse, F. M., & Muliana, D. (2019). Pemetaan Indikasi Jasa Ekosistem Daerah Aliran Sungai Masupu (Indication Mapping of Ecosystem Services in the Masupu Watershed). *Jurnal Eboni*, 1(1), 1–11.
- Wiranatha, I. M. A., Nuarsa, I. W., & Sudarma, I. M. (2024). Pemetaan Jasa Ekosistem Penyedia Pangan di Provinsi Bali. *Ecotrophic*, 18(1), 69–83.
- Xiong, M., Li, F., Liu, X., Liu, J., Luo, X., Xing, L., Wang, R., Li, H., & Guo, F. (2023). Characterization of Ecosystem Services and Their Trade-Off and Synergistic Relationships under Different Land-Use Scenarios on the Loess Plateau. *Land*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/land12122087>