

KONSEPTUALISASI SUMBER JASA DAN KERUGIAN EKOSISTEM BERDASARKAN KARAKTERISTIK TANAH DI SUB DAS KEMPO, NTB

*Conceptualization of Ecosystem Services and Disservices Sources Based on Soil Characteristics
in the Kempo Sub-watershed, NTB*

Ratih Winastuti^{1*}, Muhammad Anggri Setiawan², Evita Hanie Pangaribowo²

^{1*}Magister Geografi Minat Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS), Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281

²Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281

*Corresponding email: ratih.winastuti@mail.ugm.ac.id

Doi: 10.20956/ecosolum.v10i1.14532

ABSTRACT

One of the natural characteristics of a watershed that ensures the sustainability of ecosystem services is soil. The sustainability of ecosystem services in the Kempo sub-watershed related to soil conditions tends to be in a worrying condition because the sub-watershed is classified as critical. This study aims to describe the relationship between soil characteristics and the sustainability of ecosystem services in the Kempo sub-watershed. Data were obtained from surveys, literature studies, and on-screen digitization of Google Earth images in 2010 and 2019. Modeling of causal loop diagrams using Vensim software. The results show a tendency for ecosystem disservices to occur due to deforestation, which is characterized by the dominance of the negative/balancing behavior type, compared to the positive/reinforcing type. Soil conditions tend to be less supportive of the sustainability of ecosystem services due to high deforestation and intensive monoculture land cultivation. Important changes in the system can be made by addressing deforestation as a significant influence on negative feedback on soil conditions. The CLD model can be used in the development of a framework for assessing ecosystem services and disservices both qualitatively and quantitatively, so further research needs to build dynamic system modeling using Stock Flow Diagrams (SFD).

Keywords: Complex systems modeling, soil, systems thinking, vensim.

PENDAHULUAN

Konsep jasa ekosistem atau *ecosystem services* didefinisikan sebagai manfaat yang diperoleh manusia sebagai hasil keluaran fungsi dan proses ekologi (de Groot *et al.*, 2010), baik langsung maupun tidak langsung (Daily, 1997). Ekosistem dalam perannya juga dapat menimbulkan kerugian atau *ecosystem disservices*, meskipun telah ada berbagai upaya perlindungan jasa ekosistem (Ango *et al.*, 2014). Keberlanjutan jasa ekosistem di Sub DAS Kempo berkaitan

dengan perambahan masyarakat yang semakin meningkat menyebabkan Sub DAS tergolong ke dalam kategori kritis (BPDASHL Dodokan Moyosari, 2019).

Salah satu karakteristik suatu DAS yang menjamin keberlanjutan jasa ekosistem adalah tanah. Peran tanah dalam penyediaan jasa ekosistem sangat beragam dan jarang dipahami (Dominati *et al.*, 2010). Persepsi manusia dalam menilai fungsi tanah mempengaruhi karakteristik dan kapasitas tanah dalam menyediakan keragaman jasa ekosistem, sebab proses degradasi tanah dalam pengolahan lahan yang intensif berpengaruh secara signifikan terhadap kerusakan ekosistem (Swinton *et al.*, 2007). Namun, sistem tanah cenderung rumit dan kompleks (Faybishenko *et al.*, 2016). Sehubungan dengan adanya kebutuhan pemahaman dan pembelajaran terhadap kondisi tanah untuk meningkatkan jasa dan menanggulangi kerugian ekosistem, maka tujuan dari penelitian ini adalah menggambarkan hubungan karakteristik tanah terhadap keberlanjutan jasa ekosistem di Sub DAS Kempo.

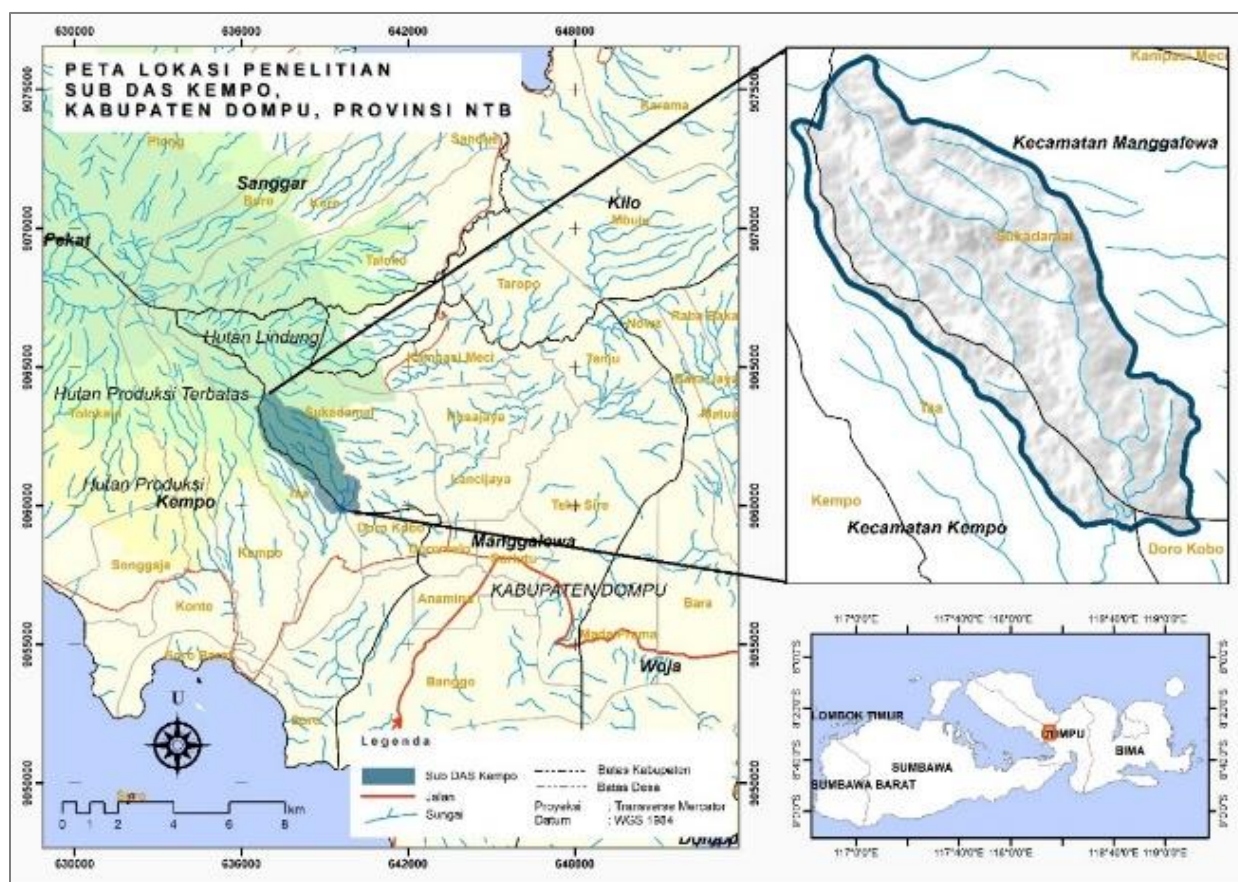
METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Sub DAS Kempo, Kabupaten Dompu, NTB dengan luas Sub DAS sebesar 783,7 ha. Peralatan yang digunakan diantaranya adalah Laptop, *Microsoft Office*, *software ArcGIS 10.3*, *Google Earth Pro*, dan *Vensim*. Data yang dikumpulkan dalam penelitian berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari survei, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi pada buku dan laporan.

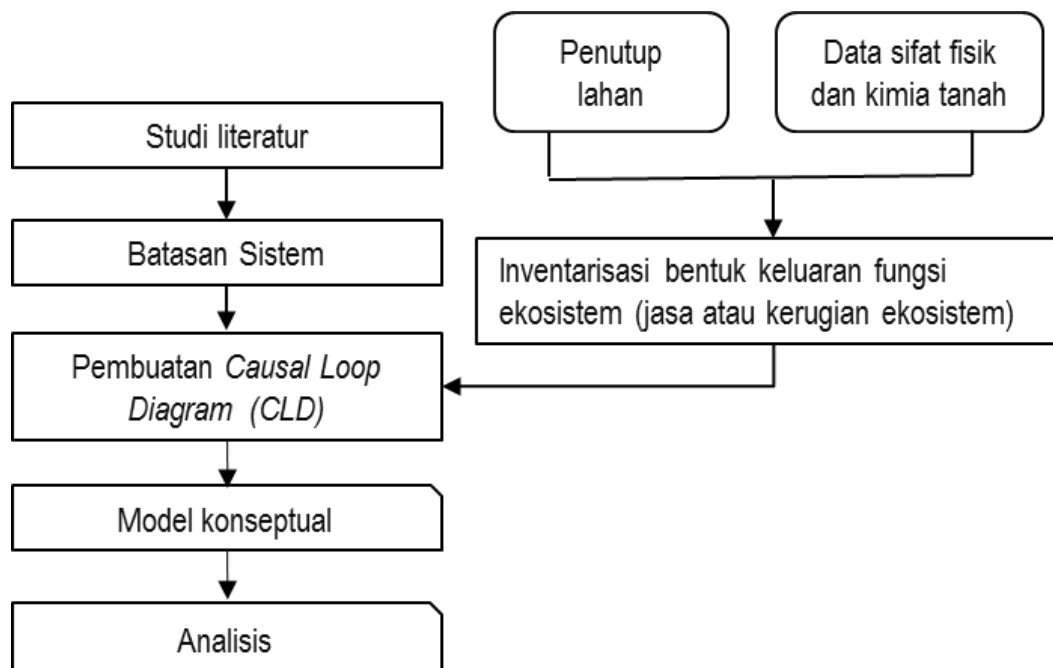
Systems thinking membantu dalam mengembangkan dan meningkatkan pemahaman terhadap struktur proses model dan perilaku komponen dalam sistem. Melalui diagram lingkaran sebab akibat atau *Causal Loop Diagram* (CLD), pemahaman terhadap kompleksitas dan sifat dinamis dari sistem yang dimodelkan dapat meningkat. *Causal Loop Diagram* (CLD) memiliki faktor penting dalam menjelaskan isu yang kompleks, sebagai contoh dalam pengelolaan sumberdaya air (Ryu *et al.*, 2012; Jeong & Adamowski, 2016; Mashaly & Fernald, 2020) dan mekanisme timbal balik bidang sosial ekonomi hidrologi (Langarudi *et al.*, 2019). Keterampilan kognitif pembangun model pada dasarnya adalah faktor yang dapat menentukan keberhasilan pengorganisasian sistem (Forrester, 1961; Senge & Sterman, 1992). Semakin banyak variabel dalam model, maka kompleksitas semakin meningkat sehingga model menjadi lebih realistis (Bureš, 2017). Sifat hubungan sebab akibat dalam CLD ditunjukkan dengan panah kutub, yang terdiri dari dua simbol yaitu positif/berbanding lurus (+) dengan makna umpan balik

reinforcing/meningkatkan dan negatif/berbanding terbalik (-) dengan makna umpan balik *balancing*/menyeimbangkan.

Berdasarkan hasil identifikasi permasalahan dan kebutuhan pemangku kepentingan berkaitan dengan lahan, maka terdapat beberapa permasalahan di antaranya adalah 1) terjadinya deforestasi akibat perambahan untuk peningkatan produksi pertanian sebab lahan yang dimiliki umumnya sempit dan kurang ada nilai ekonomi hutan (hasil wawancara); 2) sebagian besar kondisi lahan kurang subur (Winarso, 2012). Jasa dan kerugian ekosistem merupakan keluaran dari fungsi ekosistem. Suatu fungsi ekosistem bersumber dari interaksi antara struktur ekosistem dan proses ekosistem. Penutup lahan digunakan sebagai indikator terhadap pendugaan jasa dan kerugian ekosistem. Lokasi dan tahapan penelitian ditunjukkan dalam Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

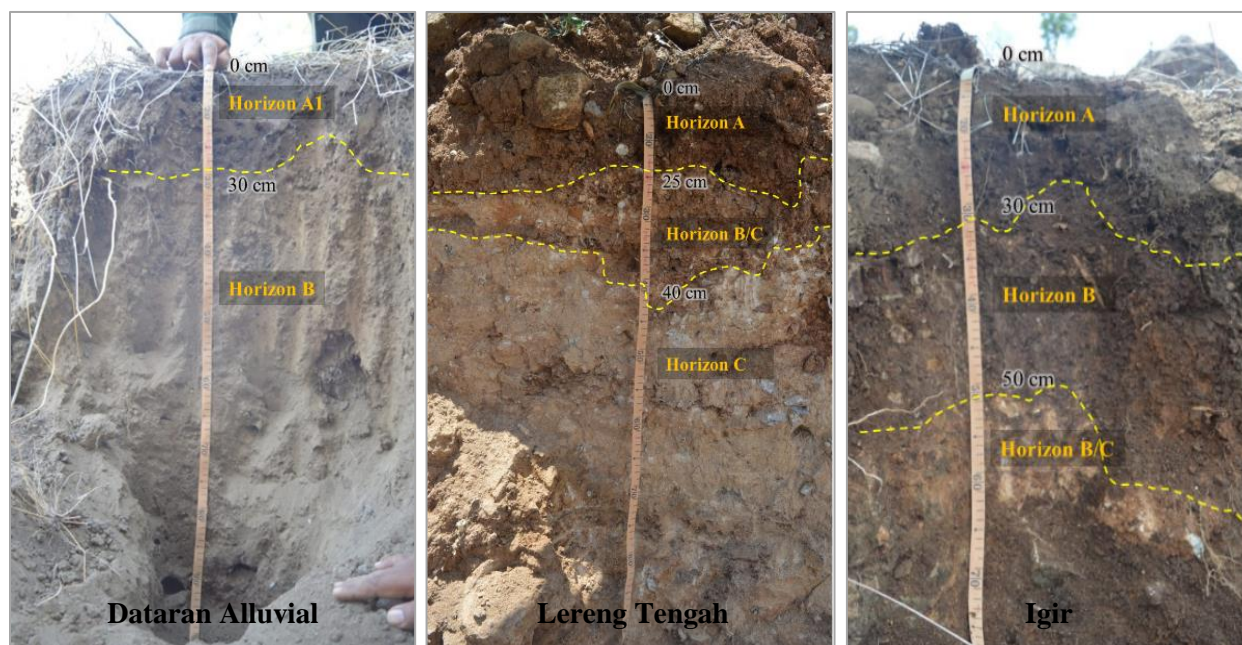
Fungsi tanah merupakan konsekuensi dari interaksi kompleks antara kelompok mikroorganisme yang berbeda (FAO, 2003; Orgiazzi *et al.*, 2016), pada struktur fisik tanah sebagai hasil proses dalam skala spasial dan temporal (Orgiazzi *et al.*, 2016). Tanah pada umumnya memiliki keterbatasan kapasitas dalam menumbuhkan tanaman pertanian maupun tanaman lain, yang disebut tanah bermasalah (*problem soils*), dan hanya sekitar 10% dari total sumberdaya tanah di dunia, yang secara alami sangat produktif (Osman, 2018). Terdapat 14 tipologi permasalahan tanah (Osman, 2018), dan hanya 5 tipologi yang lebih memiliki keterkaitan terhadap kelestarian lingkungan di Indonesia (Dirjen PEPDAS-KLHK & UGM, 2019). Tipologi tersebut di antaranya adalah tanah dangkal, tanah berlereng curam, tanah yang rawan tererosi, kesuburan tanah, dan gambut. Selain tanah gambut, keempat tipologi tersebut ditemukan di Sub DAS Kempo.

Sub DAS Kempo memiliki 3 bentuklahan yaitu dataran alluvial dengan luas 155,3 ha, lereng tengah dengan luas 363,6 ha, dan igir dengan luas 264,8 ha. Selain itu Sub DAS Kempo memiliki lereng yang beragam dengan kelas lereng curam (25-45%) dan sangat curam (>45%) menjadi kelas yang dominan (24,03% dan 25,27%) (Tabel 1). Lereng yang curam hingga sangat curam memiliki potensi erosi dan gerak massa yang lebih besar dibanding dengan lereng datar dan landai.

Tabel 1. Kelas Lereng Sub DAS Kempo

No,	Kelas Lereng (%)	Luas (ha)	Persentase
1	0-8	95,08	12,13
2	8-15	129,78	16,56
3	15-25	172,42	22,00
4	25-45	188,36	24,03
5	>45	198,06	25,27
Jumlah		783,7	100,00

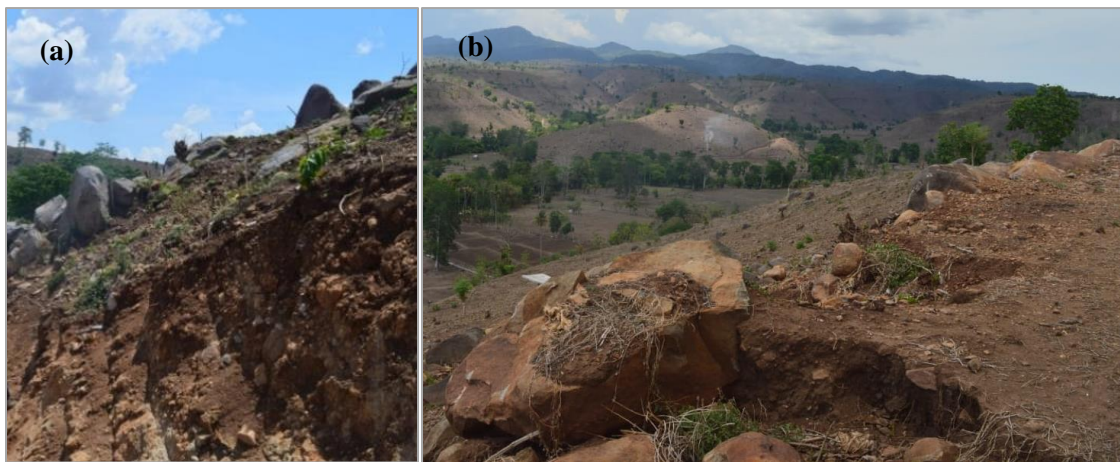
Tanah di Sub DAS Kempo tergolong ke dalam tanah dengan solum tebal yaitu >50 cm. Tebalnya solum disebabkan oleh akumulasi pelapukan batuan dari Gunungapi tua Tambora (Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Dompu, 2014). Beberapa wilayah di Sub DAS Kempo memiliki solum yang dangkal seperti pada bentuklahan lereng tengah (Gambar 3). Kondisi lereng yang curam dan kerasnya batuan induk menyebabkan proses laju erosi tinggi dan proses pembentukan tanah melambat, berbeda dengan tanah yang berada di dataran alluvial yang mengalami proses penambahan.

**Gambar 3.** Kenampakan Profil Tanah pada Berbagai Bentuklahan

Berdasarkan kelas lerengnya, kemampuan lahan Sub DAS Kempo termasuk dalam kelas di atas III, sehingga cenderung tidak sesuai untuk penggunaan lahan di bidang pertanian. Lahan miring memiliki kemampuan menyerap air yang lebih rendah sehingga mempengaruhi ketersediaan air untuk tanaman (Essig *et al.*, 2009). Kesesuaian lahan untuk tanaman jagung di

Kabupaten Dompu berdasarkan variabel temperatur, curah hujan, drainase tanah, tekstur tanah, erosi, banjir, dan penggunaan lahan, menunjukkan bahwa 30,40% lahan sangat sesuai; 34,51% cukup sesuai; 2,15% sesuai marginal; dan 31,94% tidak sesuai untuk ditanami jagung (Lestari & Widayanti, 2017).

Keterbatasan sifat fisik tanah berdasarkan DECCW (2010) di antaranya adalah potensi kembang kerut yang besar, kekuatan tanah rendah, permeabilitas rendah atau tinggi, kapasitas menahan air tersedia tanaman rendah, dan berbatu. Kondisi permukaan tanah cenderung berbatu (*stoniness*) juga dapat ditemui di Sub DAS Kempo (Gambar 4). Persentase pasir, debu, dan lempung termasuk salah satu faktor yang mempengaruhi erodibilitas atau kepekaan tanah terhadap erosi. Tekstur tanah didominasi geluh dengan erodibilitas sebesar 0,54 (termasuk tinggi). *Hydrologic Soil Group (HSG)* dikategorikan kelas B berdasarkan tekstur tanah, sehingga mempengaruhi nilai *Curve Number*. Kategori HSG tersebut termasuk dalam klasifikasi drainase rendah hingga sedang. Tanah dan kelembapan tanah sangat berpengaruh terhadap perkiraan *runoff* dan curah hujan dengan mempengaruhi laju infiltrasi (Kiran & Srivastava, 2014).



Gambar 4. Tanah Berbatu pada Lereng Tengah (a) dan Igir (b).

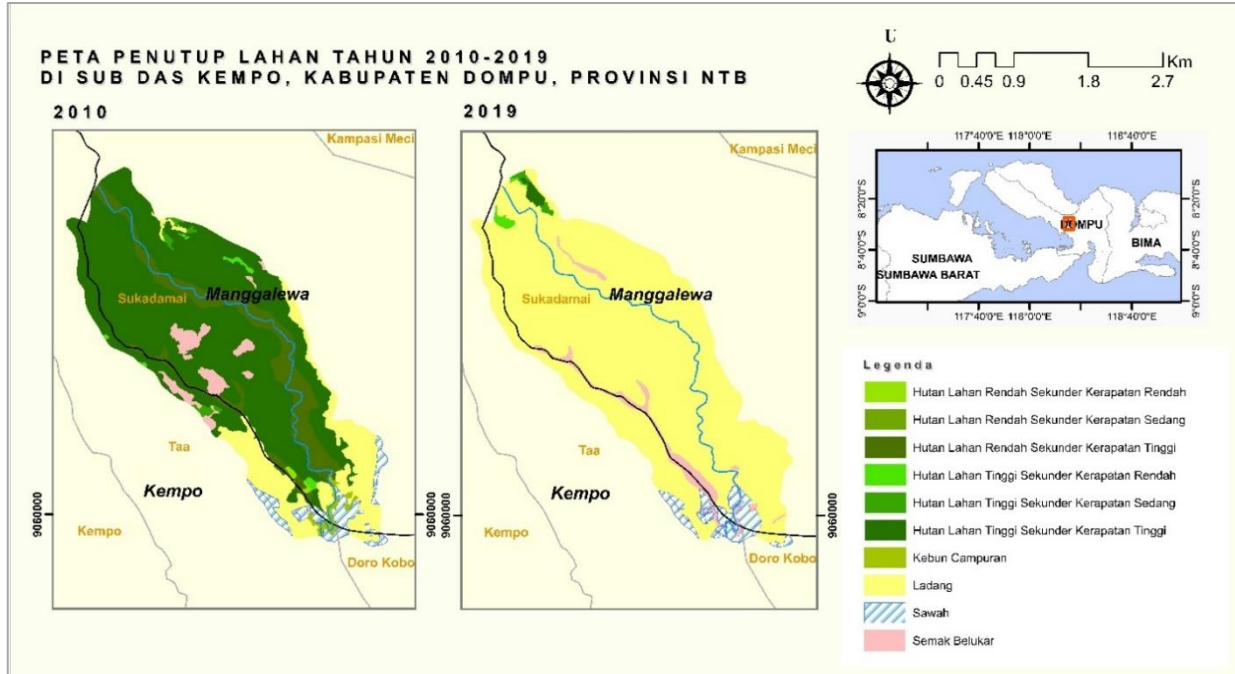
Nilai erodibilitas tergantung pada sifat fisik tanah yang lain yaitu stabilitas agregat, kekuatan geser, kapasitas infiltrasi, serta sifat kimiawi tanah seperti kandungan bahan organik (Ruslan *et al.*, 2016). Kandungan bahan organik juga dapat meningkatkan kapasitas menahan air dalam tanah (*water holding capacity*) dan meningkatkan kegelapan warna tanah, sehingga meningkatkan suhu tanah (Fang *et al.*, 2005). Berdasarkan data dari BPDASHL Dodokan Moyosari, rerata karbon organik tanah cenderung sangat rendah yaitu 1,2% (Tabel 2). Pengambilan sampel tanah untuk uji C-organik tersebut dilakukan di Sub DAS Kempo tahun

2019 pada saat penutup lahan didominasi areal terbuka yang dipersiapkan untuk ladang. Hal tersebut sejalan dengan penemuan (Fera, 2020) di Desa Songgajah, Kecamatan Kempo, yang menunjukkan bahwa lahan hutan pada lereng atas memiliki nilai C-organik yang lebih tinggi dibanding bukan areal hutan. Rendahnya nilai C-organik pada tanah menyebabkan struktur tanah cenderung berbutir lepas (*granular*).

Tabel 2. Karakteristik Tanah di Sub DAS Kempo

No.	Bentuklahan	Parameter	Lapisan 1	Lapisan 2
1.	Igir	Kedalaman	0-45	>45
		Perakaran	sangat sedikit berukuran mikro	Tidak ditemukan
		Warna	abu kehitaman	abu kehitaman agak coklat
		Tekstur	Geluh Berdebu	Geluh
		Struktur	Gumpal	Gumpal
		C-organik	1,52%	0,99%
2.	Lereng tengah	Kedalaman	0-20	20-50
		Perakaran	berukuran mikro, sangat sedikit jumlahnya	berukuran mikro, sangat sedikit jumlahnya
		Warna	abu kehitaman	abu-abu
		Tekstur	geluh berpasir	geluh
		Struktur	Gumpal	Gumpal
		C-organik	1,95%	1,34%
3.	Dataran alluvial	Kedalaman	0-30	30-90
		Perakaran	mikro, sedikit,	tidak ada, terdapat laba-laba
		Warna	coklat gelap	coklat abu abu
		Tekstur	geluh berpasir	geluh berpasir
		Struktur	granular	gumpal
		C-organik	1,18%	0,22%

Berdasarkan hasil digitasi *on screen* terhadap Citra *Google Earth* Sub DAS Kempo tahun 2010 dan 2019 (Gambar 5), ditemukan perubahan tutupan lahan yang signifikan utamanya pada hutan. Luas hutan yang tersisa pada tahun 2019 hanya sebesar 1,73% (10,91 ha) dari luas kawasan hutan yang seharusnya (630,54 ha). Alih fungsi hutan cenderung dimanfaatkan untuk pertanian monokultur berupa ladang khususnya komoditas jagung. Luas ladang hingga pada tahun 2019 mencapai 703,85 ha. Perubahan akibat alih fungsi lahan hutan menjadi lahan jagung mempengaruhi tingkat kesuburan tanah. Tingkat kesuburan hutan lebih tinggi dibandingkan dengan lahan jagung sebab terdapat nilai total organisme tanah pada lahan hutan dan kadar lengas yang lebih tinggi, serta suhu tanah yang lebih rendah (Fera, 2020).



Gambar 5. Perubahan Penutup Lahan di Sub DAS Kempo



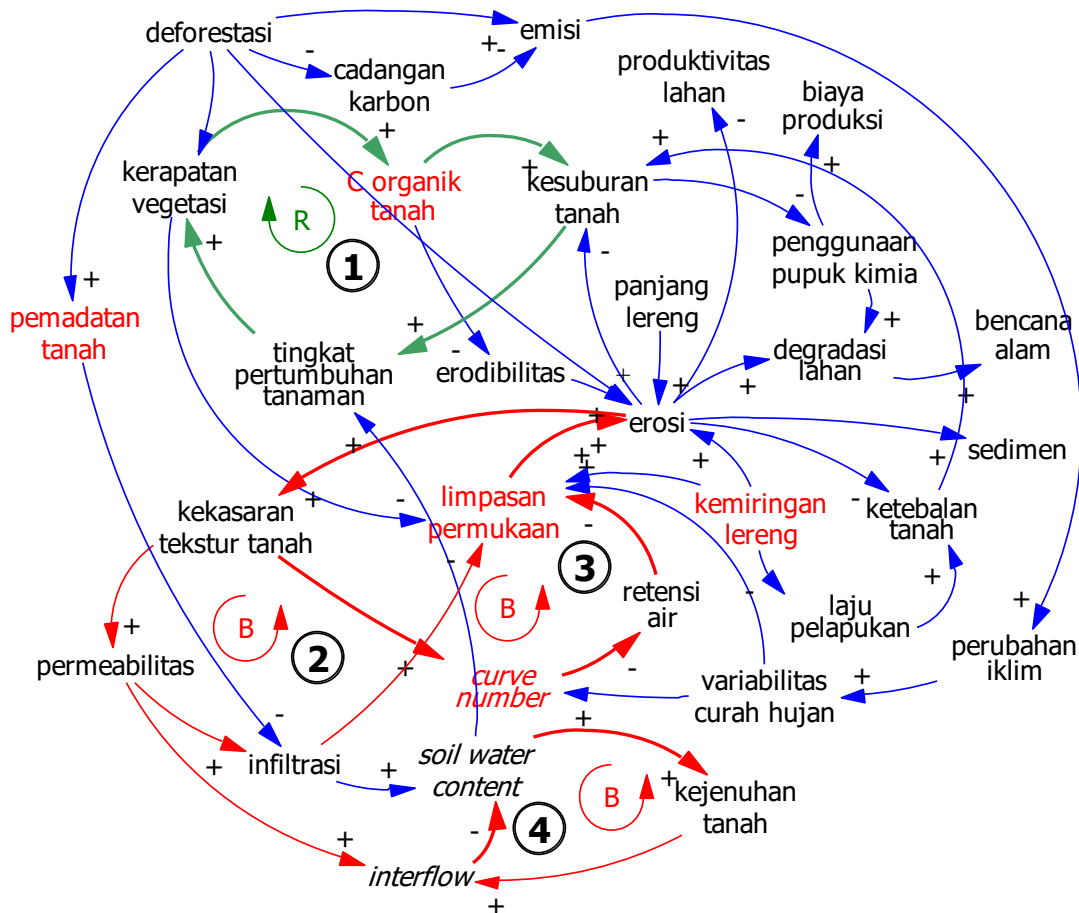
Gambar 6. Erosi Alur pada Bentuklahan Dataran Alluvial (a), Igir (b), dan Igir (c).

Beberapa lereng pada lokasi bekas kebakaran lahan dan hutan menampakkan erosi alur (Gambar 6). Pada dasarnya erosi yang terjadi memiliki dampak yang besar terhadap kehilangan tanah, degradasi kualitas tanah, penurunan produksi pangan, perubahan habitat, beban ekonomi, hilangnya nutrisi dan peningkatan risiko bencana alam (Morgan, 2009). Beberapa penelitian juga menemukan hal yang sama, seperti pada penelitian Wasis *et al.* (2019) yang menemukan beberapa erosi alur pada lokasi kawasan hutan yang rusak akibat terbakar di Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. Erosi tersebut menghasilkan nilai tanah dan air yang berkurang pada lokasi kejadian dan bertambah pada Kawasan badan sungai (Inman, 2006).

CLD yang menggambarkan hubungan sebab akibat dalam parameter tanah ditunjukkan dalam Gambar 7. Variabel yang berwarna merah mengindikasikan kontribusinya pada kondisi aktual dalam menimbulkan kerugian ekosistem. Adapun umpan balik yang dapat diidentifikasi ditunjukkan dalam Tabel 3. Terdapat pengaruh yang cukup kuat dari deforestasi dan kerapatan vegetasi dicirikan dengan banyaknya komponen yang terkait pada variabel tersebut. Pemahaman terhadap hubungan sebab akibat dari karakteristik alami dan pengaruh deforestasi dalam menghasilkan keluaran fungsi ekosistem menciptakan peluang memanfaatkan lahan dengan lebih baik, sebab terdapat dampak berkelanjutan dari suatu aktivitas antropogenik.

Tabel 3. Ringkasan Umpan Balik dalam CLD

Nomor loop	Deskripsi loop	Tipe perilaku loop
1	C-organik tanah + → kesuburan tanah + →tingkat pertumbuhan tanaman + →kerapatan vegetasi+	<i>reinforcing</i> (R)
2	Erosi+ → kekasaran tekstur tanah+ → permeabilitas+→infiltrasi- → limpasan permukaan+	<i>balancing</i> (B)
3	Retensi air-→limpasan permukaan+→erosi+→kekasaran tekstur tanah+→ <i>curve number</i> -	<i>balancing</i> (B)
4	<i>Soil water content</i> +→ kejenuhan tanah+→ <i>interflow</i> -	<i>balancing</i> (B)



Gambar 7. Causal Loop Diagram Sumber Jasa dan Kerugian Ekosistem Berdasarkan Karakteristik Tanah

KESIMPULAN

Penelitian ini telah menyajikan gambaran faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik tanah di Sub DAS Kempo. Berdasarkan diagram lingkaran kausal (*Causal Loop Diagram* /CLD) maka umpan balik yang muncul mencirikan kecenderungan keluaran fungsi ekosistem berupa kerugian yang ditandai dengan kecenderungan pada tipe perilaku negatif/*balancing*, dibandingkan dengan positif/*reinforcing*. Hal tersebut merupakan pengaruh dari deforestasi terhadap kondisi tanah. CLD mengacu pada teori dalam ilmu tanah atas pemikiran saat ini pada jasa ekosistem aktual. Kondisi tanah cenderung kurang mendukung keberlanjutan jasa ekosistem sebab tingginya deforestasi dan pengolahan lahan monokultur yang intensif. Perubahan penting dalam sistem dapat dilakukan dengan penanganan terhadap deforestasi sebagai pengaruh penting terhadap umpan balik negatif terhadap kondisi tanah. Model CLD dapat digunakan dalam pengembangan

kerangka penaksiran jasa dan kerugian ekosistem baik secara kualitatif maupun kuantitatif, sehingga penelitian selanjutnya perlu dibangun pemodelan sistem dinamik menggunakan *Stock Flow Diagram* (SFD).

DAFTAR PUSTAKA

- Ango, T.G., Börjeson, L., Senbeta, F. & Hylander, K. 2014. Balancing Ecosystem Services and Disservices : Smallholder Farmers ' Use and Management of Forest and Trees in an Agricultural Landscape in Southwestern Ethiopia. *Ecology and Society*, 19(1). Tersedia di <https://www.ecologyandsociety.org/vol19/iss1/art30/ES-2013-6279.pdf>.
- BPDASHL Dodokan Moyosari 2019. *Laporan Penajaman Prediksi Manfaat RHL (Show Window RHL) Berbasis Pemodelan SWAT pada Subdas Kempo*.
- Bureš, V. 2017. A Method for Simplification of Complex Group Causal Loop Diagrams Based on Endogenisation, Encapsulation and Order-Oriented Reduction. *Systems*, 5(46): 1–22. Tersedia di [https://doi.org/ https://doi.org/10.3390/systems5030046](https://doi.org/https://doi.org/10.3390/systems5030046) .
- Daily, G.C. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, D.C.
- DECCW 2010. *Soil and land constraint assessment for urban and regional planning*. Department of Environment, Climate Change and Water, NSW, Sydney.
- Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Dompu 2014. *Laporan Final : Penyusunan Laporan Final pekerjaan penyusunan Rencana Induk SPAM (RI SPAM) Kabupaten Dompu*. Tersedia di http://sippa.ciptakarya.pu.go.id/sippa_online/ws_file/dokumen_usulan/rispam/RISPAM_e72d485ddbd8586874fbc66a6350bb0a18c71fb7.pdf.
- Dirjen PEPDAS-KLHK & UGM 2019. *Laporan Akhir Swakelola Pembuatan Peta Indikatif Lahan Kritis pada 21 Provinsi di Pulau Sumatera, Sulawesi, dan Kalimantan*.
- Dominati, E., Patterson, M. & Mackay, A. 2010. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*, 69(9): 1858–1868. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.002>.
- Essig, E.T., Corradini, C., Morbidelli, R. & Govindaraju, R.S. 2009. Infiltration and deep flow over sloping surfaces : Comparison of numerical and experimental results. *Journal of Hydrology*, 374(1–2): 30–42. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.05.017>.
- Fang, C., Smith, P., Moncrieff, J.B. & Smith, J.U. 2005. Similar response of labile and resistant soil organic matter pools to changes in temperature. *Nature*, 433: 57–59. Tersedia di <https://doi.org/10.1038/nature03138>.
- FAO 2003. *Biological management of soil ecosystems for sustainable agriculture*.
- Faybishenko, B., Hubbard, S., Brodie, E., Nico, P., Molz, F., Hunt, A. & Pachepsky, Y. 2016. Preface to the Special Issue of Vadose Zone Journal on Soil as Complex Systems. *Vadose Zone Journal*, 15(2): 1–3. Tersedia di <https://doi.org/10.2136/vzj2016.01.0005>.

- Fera, F. 2020. *Analisis Sifat Biofisik Tanah Pada Lahan Miring yang Dibudidaya Jagung di Desa Songgajah Kecamatan Kempo Kabupaten Dompu*. Universitas Muhammadiyah Mataram. Tersedia di http://repository.ummat.ac.id/1565/1/cover_bab_1%2C2%2C3_fera.pdf.
- Forrester, J.W. 1961. *Industrial Dynamics*. THE M.I.T. PRESS.
- de Groot, R., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Gowdy, J., Haines-young, R., Maltby, E., Neuville, A., Polasky, S., Portela, R., Ring, I., Blignaut, J., Brondízio, E., Costanza, R., Jax, K., Kadekodi, G.K., May, P.H., Mcneely, J. & Shmelev, S. 2010. *Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations Contents*, .
- Inman, A. 2006. *Soil erosion in England and Wales : causes , consequences and policy options for dealing with the problem*.
- Jeong, H. & Adamowski, J. 2016. A system dynamics based socio-hydrological model for agricultural wastewater reuse at the watershed scale. *Agricultural Water Management*, 171: 89–107. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.03.019>.
- Kiran, V.S.S. & Srivastava, Y.K. 2014. Micro Watershed Level Water Resource Management Based on Three Years Runoff Estimation Using Remote Sensing and GIS Techniques for Simlapal Block , Bankura , West Bengal , India. *International journal of earth science and engineering*, 7 (August): 80–92.
- Langarudi, S.P., Maxwell, C.M., Bai, Y., Hanson, A. & Fernald, A. 2019. Does Socioeconomic Feedback Matter for Water Models? *Ecological Economics*, 159(December 2018): 35–45. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.009>.
- Lestari, S.A. puji & Widayanti, B.H. 2017. Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Jagung di Kabupaten Dompu Berbasis SIG. *Jurnal Planoeearth*, 2(1): 20–23. Tersedia di https://www.researchgate.net/publication/334775415_Evaluasi_Kesesuaian_Lahan_untuk_Tanaman_Jagung_di_Kabupaten_Dompu_Berbasis_SIG/fulltext/5d40f60b299bf1995b593d3c/Evaluasi-Kesesuaian-Lahan-untuk-Tanaman-Jagung-di-Kabupaten-Dompu-Berbasis-SIG.pdf?origin=publication_detail.
- Mashaly, A.F. & Fernald, A.G. 2020. Identifying Capabilities and Potentials of System Dynamics in Hydrology and Water Resources as a Promising Modeling Approach for Water Management. *Water*, 12: 1–23. Tersedia di <https://doi.org/10.3390/w12051432>.
- Morgan, R.P.C. 2009. *Soil erosion and conservation*,. John Wiley & Sons.Inc.
- Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J.L., Deyn, G.B. De, Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffrey, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira Souza De, F.M., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J.P., Der, W.H. van & Wall., D.H. 2016. Global Soil Biodiversity Atlas : chapter IV - Ecosystem Functions and Services. *Global Soil Biodiversity Atlas*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg., hal.92–115.

- Osman, K.T. 2018. *Management of soil problems. Management of Soil Problems*. Tersedia di <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75527-4>.
- Ruslan, M., Fithria, A., Peran, S.B. & Syam'ani 2016. *Pola Arahkan Rehabilitasi Hutan dan Lahan di Sub-Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Amandit Kabupaten Hulu Sungai Selatan*. Lambung Mangkurat University Press, 2016 d/a Pusat Pengelolaan Jurnal dan Penerbitan UNLAM. Tersedia di [http://eprints.ulm.ac.id/6377/1/Pola Arahkan Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Rev 2.pdf](http://eprints.ulm.ac.id/6377/1/Pola_Arahkan_Rehabilitasi_Hutan_Dan_Lahan_Rev_2.pdf).
- Ryu, J.H., Contor, B., Johnson, G., Allen, R. & Tracy, J. 2012. System Dynamics to Sustainable Water Resources Management in the Eastern Snake Plain Aquifer Under Water Supply Uncertainty. *Journal of the American Water Resources Association*, 48(6): 1204–1220. Tersedia di <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2012.00681.x> .
- Senge, P.M. & Sterman, J.D. 1992. Systems thinking and organizational learning : Acting locally and thinking globally in the organization of the future. *European Journal of Operational Research*, 59: 137–150.
- Swinton, S.M., Lupi, F., Robertson, G.P. & Hamilton, S.K. 2007. Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics*, 64(2): 245–252. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.020>.
- Wasis, B., Saharjo, B.H. & Waldi, R.D. 2019. Dampak Kebakaran Hutan Terhadap Flora dan Sifat Tanah Mineral di Kawasan Hutan Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. *Jurnal Silviculture Tropika*, 10(1): 40–44.
- Winarso, B. 2012. Prospek dan Kendala Pengembangan Agribisnis Jagung di Propinsi Nusa Tenggara Barat. *Pertanian Terapan*, 12(2): 103–114.