

ANALISIS POTENSI EROSI TANAH DI DAERAH ALIRAN SUNGAI WOSI, MANOKWARI, PAPUA BARAT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Analysis of Soil Erosion Potential of Wosi River Basin, Manokwari, West Papua Using Remote Sensing Technology and Geographic Information Systems

Hana Rumbiak, Abdul Muis Muslimin*, Baina Afkril

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Papua

Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat

Email korespondensi: a.muismuslimin@unipa.ac.id

ABSTRAK

Pengetahuan terkait area potensi erosi tanah sangat penting untuk keperluan mitigasi bencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memetakan potensi erosi tanah di daerah aliran sungai (DAS) Wosi, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat menggunakan model erosi E_{30} . Luas DAS kajian tersebut adalah 13,2 km². Tutupan lahan diperoleh dari analisis data citra Landsat 8 OLI TIRS dan kemiringan lereng diperoleh dari analisis DEM SRTM. Kerapatan Vegetasi (NDVI) dianalisis menggunakan aplikasi ENVI 5.3 dan ArcGis 10.8. Hasil analisis NDVI menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi DAS Wosi terdiri dari lima kelas dengan kelas terendah yaitu -0,241 hingga -0,054 dan nilai tertinggi vegetasi 0,35 hingga 0,77 dengan rata-rata indeks vegetasi 0,449 tergolong kerapatan vegetasi sangat tinggi. Hasil analisis kemiringan lereng memiliki enam kelas dengan kelas terendah 5⁰ hingga 8⁰ dan tertinggi >35⁰ dengan rata-rata kemiringan 8⁰ hingga 15⁰ dengan tipe kelas agak curam. Hasil analisis potensi erosi tanah berdasarkan data tahun 2020, menunjukkan bahwa DAS Wosi memiliki tiga kelas potensi erosi yaitu: Sangat Ringan 0 hingga 15 mm/tahun (10,1 %), Ringan 15 hingga 60 mm/tahun (55,6%), Sedang 60 hingga 180 mm/tahun (34,3%).

Kata Kunci: Erosi Tanah, NDVI, Kemiringan Lereng, Model E_{30} , DAS Wosi

ABSTRACT

Knowledge related to potential areas of soil erosion is essential for disaster mitigation purposes. This study aims to analyze and map the potential for soil erosion in the Wosi watershed (DAS), Manokwari Regency, West Papua Province using the E_{30} erosion model. The watershed area of the study was 13.2 km². Land cover was obtained from the analysis of Landsat 8 OLI TIRS imagery data and slope was obtained from the SRTM DEM analysis. Vegetation Density (NDVI) was analyzed using the ENVI 5.3 and ArcGis 10.8 applications. The results of the NDVI analysis show that the vegetation density of the Wosi watershed consists of five classes with the lowest class, namely -0.241 to -0.054 and the highest vegetation index value of 0.35 to 0.77 with average vegetation of 0.449 classified as very high vegetation density. The results of the slope analysis had six classes with the lowest grade of 5⁰ to 8⁰ and the highest of >35⁰ with an average slope of 8⁰ to 15⁰ and the class type was rather steep. The results of the analysis of soil erosion potential in 2020 show that the Wosi watershed has three classes of erosion potential, namely: Very Light 0 to 15 mm/year (10.1 %), Light 15 to 60 mm/year (55.6%), Medium 60 to 180 mm/year (34.3%).

Keywords: Soil Erosion, NDVI, Slope, Wosi Watershed

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia tidak terlepas dari sumber daya alam yang ada. Tanah dan air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Namun demikian, pertumbuhan penduduk yang diikuti oleh pertumbuhan ekonomi dan peningkatan pembangunan serta aktivitas manusia menyebabkan alih fungsi lahan serta memicu kerusakan lahan dan juga erosi tanah.

Erosi tanah (*soil erosion*) adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah, atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain. Pengikisan atau pengangkutan dapat disebabkan oleh air pada iklim yang basah dan erosi oleh angin pada iklim yang kering. Erosi tanah akibat limpasan air hujan dikontrol oleh faktor erosifitas hujan, erodibilitas tanah, kemiringan lereng, tutupan vegetasi, dan konservasi (Sukristiyanti dkk, 2010). Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu unit yang tepat untuk evaluasi erosi tanah karena di area tersebut erosi saling berhubungan dari satu tempat ke tempat lainnya dan dikontrol oleh proses hidrologi dan geomorfologi yang bekerja di dalam DAS tersebut (Bersegman, 1970; Collins dan Owen, 2006 dalam Sukriyanti dkk, 2010).

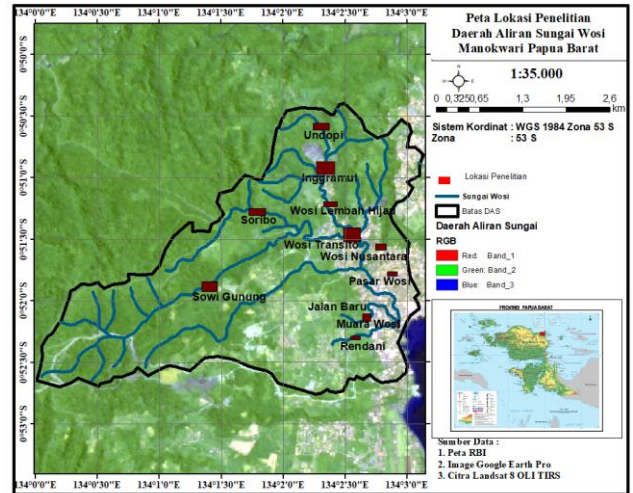
Menurut Sukristiyanti dkk (2010), Erosi tanah berdampak negatif baik terhadap lingkungan maupun aspek ekonomi. Oleh karena itu, kajian tentang potensi erosi tanah dalam suatu wilayah penting untuk mengurangi dampak negatif tersebut. Salah satu pendekatan dalam mengkaji potensi erosi tanah adalah melalui tinjauan spasial dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh (PJ) dan sistem informasi geografis (SIG).

Kajian erosi tanah dilakukan dengan memanfaatkan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, dapat dilakukan dengan lebih efisien karena penginderaan jauh dan sistem informasi geografis mampu menyediakan data spasial dan mampu merekam ulang daerah yang sama. Informasi potensi erosi secara spasial sangat dibutuhkan untuk mengetahui sebaran lokasi yang berpotensi terjadinya erosi (Sukristiyanti dkk, 2010).

Kemampuan teknologi PJ dalam pengolahan data multispektral dan teknologi SIG dalam pengolahan data spasial memberikan peluang untuk melakukan analisa terkait area-area rawan erosi. Erosi terjadi karena adanya, proses pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat, mengakibatkan pembukaan

lahan dan pembangunan di daerah aliran sungai juga semakin meningkat. Pada saat hujan dengan intensitas sedang atau tinggi dengan kondis tanah serta kemiringan yang datar menyebabkan tanah tidak dapat menyerap air dengan baik. Kondisi ini mengakibatkan daya tampung DAS ketika curah hujan tinggi tidak dapat menampung air dengan maksimal sehingga dapat menyebabkan erosi tanah tetapi juga banjir. (Pamuji dan Hardianti, 2019)

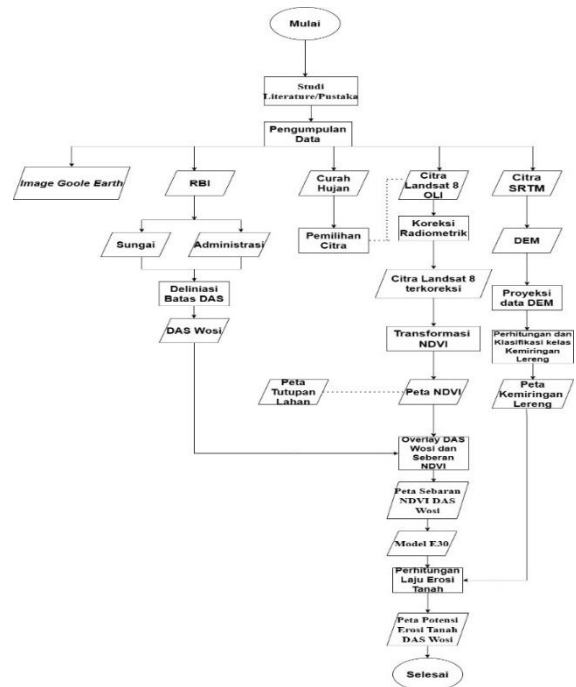
Hubungan antara banjir dan erosi tanah merupakan hal yang penting karena erosi tanah dan banjir merupakan bencana alam yang merugikan manusia dari berbagai sisi seperti kerugian material dan lain sebagainya. Namun demikian, keterbatasan data yang ada sehingga dilakukan penelitian terkait penerapan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dalam menganalisa potensi erosi dan memetakan sebaran besaran erosi di DAS Wosi yang secara administrasi berada di Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat dengan letak geografis berada pada titik kordinat kordinat 134⁰⁰'0'' E – 134⁰³'0''E dan 0⁵⁰'0'' S – 0⁵³'30''S. DAS Wosi memiliki luas sebesar 13,2 km².



Gambar 1. Lokasi Penelitian DAS Wosi

METODE PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian ini disajikan secara skematik melalui diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Model E_{30} merupakan model erosi sederhana yang mengintegrasikan suatu indeks vegetasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dengan kemiringan lereng (*slope gradient*). Transformasi NDVI dilakukan pada citra digital Landsat ETM 8 OLI/ TIRS dengan formula berikut Kawamura, (1997) dalam Sukristiyanti dkk, (2010):

$$NDVI = \frac{B5-B4}{B5+B4} \quad (1)$$

Keterangan: B5 band infra merah dan B4 band merah.

Data DEM (*Digital Elevation Model*) digunakan untuk mendapatkan nilai kemiringan lereng (*slope gradient*) yang direpresentasikan dalam satuan derajat ($^{\circ}$). Dengan masukan nilai NDVI dan kemiringan lereng, E_{30} yang merupakan nilai erosi tanah pada kemiringan lereng 30° diperoleh dengan formula berikut Kawamura, (1997) dalam Sukristiyanti dkk, (2010) :

$$E_{30} = \frac{\log E_{\min \text{lereng} 30^{\circ}} - \log E_{\max \text{lereng} 30^{\circ}}}{NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN}} \quad (2)$$

$$E_{30} = \frac{\log 0.132 - \log 17.12}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (3)$$

Selanjutnya nilai E_{30} ini dijadikan masukan untuk menghitung erosi tanah (mm/tahun) dengan menggunakan rumus

berikut Kawamura, (1997) dalam Sukristiyanti dkk, (2010):

$$E = E_{30} \left(\frac{S}{S_{30}} \right)^{0.9} \quad (4)$$

dengan : S adalah kemiringan lereng di grid atau piksel yang di hitung, S_{30} adalah $\tan 30^{\circ}$ dan E_{30} adalah Laju erosi tanah pada kemiringan lereng 30° .

Berdasarkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan dasar dalam memberikan klasifikasi terhadap faktor pengontrol erosi dan kelas potensi erosi tanah di suatu daerah atau tempat.

Tabel 1. Faktor Pengontrol Erosi Tanah

No	Kelas NDVI	Kemiringan Lereng	Potensi Erosi
1	Tidak Bervegetasi	$<5^{\circ}$	Sangat Ringan
2	Tutupan Vegetasi sangat Jarang	$5^{\circ} - 8^{\circ}$	Ringan
3	Tutupan Vegetasi Jarang	$>5^{\circ} - 8^{\circ}$	Sedang
4	Tutupan Vegetasi Sedang	$>15^{\circ} - 25^{\circ}$	Berat
5	Tutupan Vegetasi Rapat	$>25^{\circ} - 35^{\circ}$	Sangat Berat
6	Tutupan Vegetasi sangat Rapat	$>35^{\circ}$	Luar Biasa Berat

Sumber: Sukristiyanti dkk, (2010)

Tabel 2. Laju dan Potensi Erosi Tanah

Kelas Bahaya Erosi	Laju Erosi Tanah E (mm/tahun)	Potensi Erosi Tanah
1	<15	Sangat Ringan
2	15-60	Ringan
3	60-180	Sedang
4	180-480	Berat
5	>480	Sangat Berat

Sumber: Sukristiyanti dkk, (2010)

HASIL DAN PEMBAHASAN

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Transformasi NDVI didasarkan pada $NDVI_{max}$ dan $NDVI_{min}$. $NDVI_{max}$ diperoleh dari citra yang mewakili musim curah hujan dengan nilai indeks vegetasi tertinggi dan $NDVI_{min}$ dihasilkan melalui musim gugur dengan nilai indeks vegetasi terendah. Data NDVI tersebut akan di gunakan pada persamaan 2.

Berdasarkan data curah hujan bulanan tahun 2020 yang diperoleh dari BMKG Stasiun Rendani, bulan musim hujan yang dipilih adalah bulan April dan bulan musim kemarau yang dipilih adalah bulan Oktober. Namun demikian, nilai NDVI pada bulan Oktober berkisar dari $-0,23501$ hingga $0,769508$ dan nilai NDVI pada bulan April berkisar dari $-0,241396$

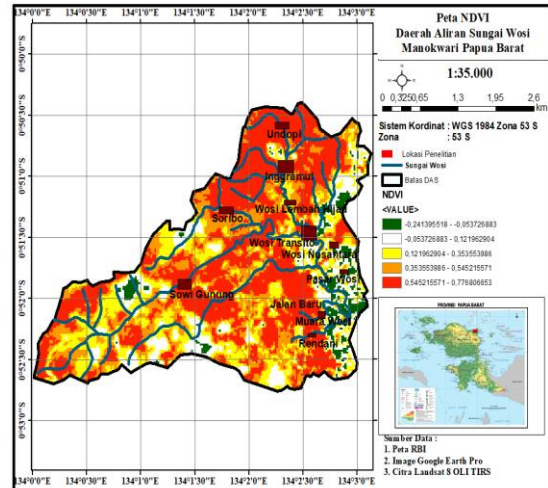
hingga $0,776807$. Oleh karena itu, data curah hujan yang digunakan untuk menentukan nilai $NDVI_{max}$ dan $NDVI_{min}$ adalah data curah hujan bulan April.

Nilai rata-rata NDVI daerah aliran sungai Wosi yaitu $0,449$. Nilai dari $NDVI_{max}$ dan $NDVI_{min}$ diperoleh untuk menentukan erosi tanah dari model E_{30} . Pada Gambar 3 terlihat bahwa untuk daerah-daerah yang termasuk didalam DAS Wosi sendiri memiliki tipe-tipe kelas NDVI yang berbeda. Kondisi tersebut menunjukkan daerah DAS bagian hulu yaitu Undopi dan Ingramui memiliki tipe kelas vegetasi sangat tinggi berwarna merah dengan nilai $0,35-0,77$. NDVI ini sendiri tidak memiliki satuan dikarena merupakan nilai pixel.

Nilai NDVI untuk daerah DAS bagian tengah mulai dari Soribo, Wosi Lembah Hujau, Sowi Gunung, Jalan Baru dan Rendani merupakan daerah dengan sebaran vegetasi campuran, ada daerah yang bervegetasi rendah dan daerah sebaran vegetasi tinggi serta daerah dengan vegetasi sangat tinggi. Umumnya daerah bagian tengah merupakan daerah dengan vegetasi tinggi. Daerah Sowi Gunung dan Soribo merupakan daerah dengan sangat tinggi dengan nilai NDVI yaitu $0,25-0,77$.

Sementara itu, di daerah Wosi Nusantara, Wosi Transito, daerah Pasar Wosi dan daerah muara merupakan daerah yang dekat dengan hilir sungai Wosi. Daerah tersebut merupakan daerah padat penduduk, pembangunan yang semakin meningkat serta pembukaan lahan di sekitar daerah aliran sungai menyebabkan tutupan lahan untuk daerah tersebut tidak bervegetasi dan vegetasi sangat rendah serta sebaran vegetasi rendah.

Pada daerah hilir sungai Wosi daerah tersebut umumnya merupakan sebaran vegetasi sangat rendah dengan -0,054 sampai dengan 0,15. Nilai NDVI digunakan untuk melakukan atau menerapkan model E_{30} selanjutnya untuk daerah Wosi umumnya daerah tersebut memiliki nilai NDVI rata-rata 0,44 yang memiliki vegetasi sangat tinggi. Nilai NDVI yang diperoleh selanjutnya diproses dengan menggunakan Model E_{30} dengan memasukkan nilai $\log 0,132 - \log 17,12$ dibagi dengan $NDVI_{max}$ dan $NDVI_{min}$. Dari proses perhitungan akan diperoleh nilai E_{30} untuk DAS Wosi. Peta NDVI DAS Wosi dapat dilihat pada Gambar 3. Setelah memperoleh nilai E_{30} . Langkah selanjutnya adalah memproses data kemiringan lereng.



Gambar 3. Peta NDVI DAS Wosi

Kemiringan Lereng (Slope)

Nilai kemiringan lereng ditentukan berdasarkan elevasi ketinggian dan kontur dalam suatu wilayah. Data DEM SRTM diproses menggunakan aplikasi ENVI 5.3. Secara teknis, data layer DEM terkadang mempunyai sistem proyeksi peta yang berbeda dengan layer DAS. Perlu dilakukan penteragaman sistem proyeksi sehingga data layer DEM SRTM dapat di tumpang tindihkan dengan layer DAS WOSI.

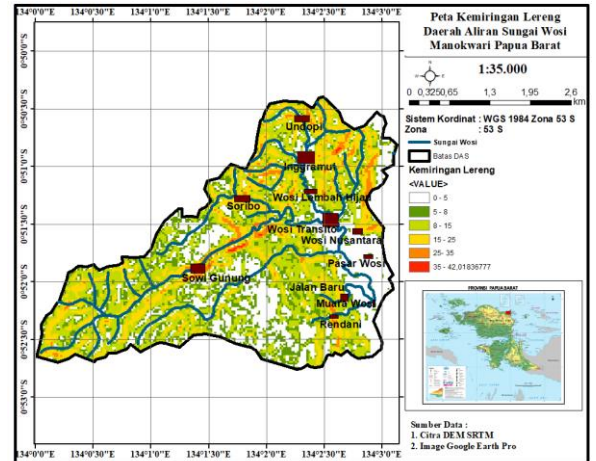
Pada Gambar 4 memperlihatkan peta kemiringan lereng DAS Wosi, yang telah diklasifikasikan menjadi 6 kelas. Daerah Aliran sungai Wosi secara umum memiliki kemiringan lereng berkisar antara $15^0 - 25^0$ dengan kondisi kemiringan curam, bahwa semakin terjal suatu daerah maka potensi erosi sangat tinggi. Nilai kemiringan

lereng diproses sehingga menjadi variabel untuk menentukan laju erosi tanah yang akan digabungkan dengan model E₃₀.

Di daerah Undopi dan Ingramui memiliki kemiringan lereng mulai dari 8⁰-15⁰ dan 15⁰-25⁰ jika dihubungkan pada Tabel 1 maka daerah tersebut tergolong memiliki kemiringan curam dan agak curam. Selanjutnya untuk daerah Wosi Lembah Hijau dan Wosi Transito, memiliki kemiringan 5⁰-8⁰ dan 15⁰- 25⁰ dengan kelas kemiringan landai dan agak curam.

Daerah Soribo dan Sowi Gunung memiliki kemiringan rata-rata 5⁰-8⁰ dan 15⁰-25⁰ dengan tipe kelas landai dan agak curam. Sementara untuk daerah Wosi Transito, Wosi Nusantara, Jalan Baru, Rendani dan Pasar Wosi dan muaranya ke laut memiliki ketinggian 5⁰-8⁰ memiliki kemiringan landai. Jika kelas kemiringan lereng dan kelas NDVI digabungkan sebagai faktor pengontrol erosi maka berdasarkan Tabel 2 dipeoleh kelas potensi erosinya sangat ringan, ringan dan juga sedang. Peta kemiringan lereng DAS Wosi dapat dilihat pada Gambar 4.

Selanjutnya data kemiringan lereng tersebut akan ditgumakan untuk menentukan laju erosi tanah.



Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng

Laju dan Potensi Erosi Tanah DAS

Perhitungan laju erosi tanah menggunakan persamaan 4. Untuk melihat laju potensi erosi tanah yang terjadi pada DAS Wosi dalam satuan mm/tahun. Secara matematis perhitungan laju erosi tanah dilakukan dengan memasukkan variabel model E₃₀ dikali dengan variabel kemiringan lereng setiap pixel dan dipangkatkan dengan nilai 0,9.

Secara teknis nilai E₃₀ akan di kalikan dengan data kemiringan lereng, dimana data kemiringan lereng akan dikonversi dari format raster ke format ASCII. Selanjutnya dilakukan pemrosesan laju erosi tanah (E) menggunakan software Ms. Excel. Dengan menerapkan persamaan 4 pada data ynung masih berupa format ASCII tersebut akan diperoleh nilai laju erosi.

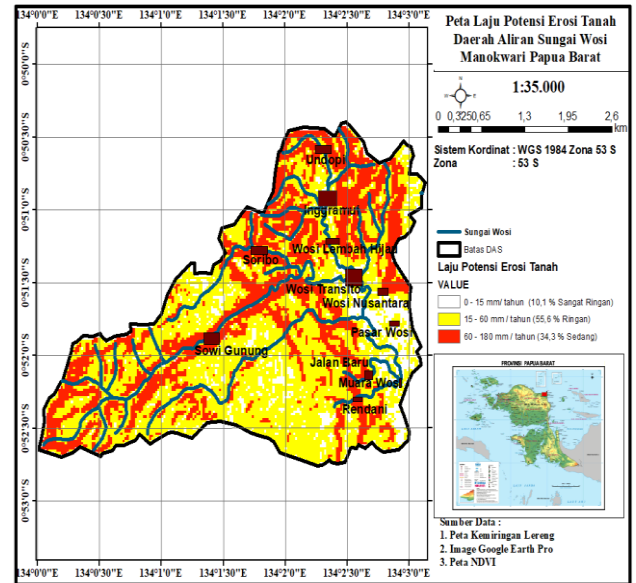
Setelah diperoleh data laju erosi yang diproses menggunakan software Ms. Excel, kemudian data tersebut diproses lebih lanjut di ArcGIS. Dengan menggunakan software ArcGIS, data dalam format ASCII tersebut di konversi ke dalam format raster agar lebih mudah di petakan dan di analisis secara spasial. Dalam proses penentuan kelas potensi erosi tanah berdasarkan model E₃₀ digunakan data pada Tabel 3. Hasil klasifikasi potensi erosi tanah di DAS Wosi dapat dilihat pada Gambar 5

Tabel 3. Kelas Potensi Erosi Tanah

No	Kelas (mm / tahun)	Potensi Erosi Tanah	Presentasi
1	0-15	Sangat Ringan	10,1 %
2	15-60	Ringan	55,6 %
3	60-180	Sedang	34,3 %
Total			100%

Peta kelas potensi erosi tanah tersebut di reklasifikasi menjadi 3 kelas agar lebih mudah dalam analisisnya. Pada Gambar 5 menunjukkan hasil reklasifikasi bahwa kelas potensi erosi sangat ringan terjadi pada daerah Wosi Transito, Wosi Nusantara dan juga muara kali Wosi yang menuju ke laut. Sedangkan potensi erosi tanah ringan terjadi di daerah Sowi Gunung dan juga Jalan Baru.

Soribo, Undopi, Inggramui, Rendani merupakan daerah dengan potensi erosi tanah ringan. Selain faktor curah hujan, kemiringan lereng dan NDVI ada juga penggunaan lahan dan karakteristik tanah dalam menilai erosi tanah



Gambar 5. Laju dan potensi erosi tanah

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan data penelitian, diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebaran NDVI pada daerah penelitian memiliki rentang nilai indeks vegetasi dengan nilai terendah – 0,241- -0,054, dan nilai tertinggi vegetasi sangat tinggi memiliki nilai 0,35-0,77. Sedangkan untuk kemiringan lereng (derajat) yang

paling dominan yaitu berkisar dari 15⁰ – 25⁰.

2. Peta potensi erosi tanah yang dihasilkan berdasarkan model E₃₀ menunjukkan kondisi DAS baik dan mengindekasikan 3 kelas potensi erosi tanah di daerah aliran sungai Wosi Sangat Ringan (0-15 mm/tahun sebesar 10,1%) terjadi di daerah Wosi Transito, Wosi Nusantara, Pasar Wosi. Ringan (15 – 60 mm/tahun sebesar 55,6 %) terjadi di daerah Sowi Gunung dan Jalan Baru. Sedang (60 – 180 mm/tahun 34,3 %) untuk daerah Undopi Soribo dan Ingramui.

SARAN

Peta potensi erosi tanah model E₃₀, sebaiknya divalidasi dengan membandingkan hasil dari model E₃₀ dengan beberapa model peta erosi yang memiliki data input variabel yang lebih banyak. Data input variabel seperti karakteristik tanah, koefisien aliran permukaan dan faktor manusia, sehingga memiliki keragaman dalam menilai potensi erosi dalam suatu wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

Ambrawati, R.D.2019. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu. <https://www.- PDF Free>

[Download \(adoc.pub](#) [19 Desember 2022]

Astuti, N.J.2013. Siklus Hidrologi. [https://www.academia.edu/10692909/Siklus Hidrologi tanggal askses](https://www.academia.edu/10692909/Siklus_Hidrologi_tanggal_askses) [20 Desember 2022]

Bambang, T. 2014. *Pendugaan Laju Erosi Tanah Menggunakan Satelit Landsat dan Spot (Soil Erosin Rate Estimation Using Landsat And Spot).*: Penelitian, Pusat Penginderaan Jauh Lapan. 11 No. 2 Desember 2014 halaman 88-99.

California Institut Of Teknology.2022. U.S.Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data. [https://www.jpl.nasa.gov/news// U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data \(nasa.gov\)](https://www.jpl.nasa.gov/news//U.S.Releases_Enhanced_Shuttle_Land_Elevation_Data_(nasa.gov)). [13 November 2022]

Chrysoulakis,N., Kamaratakis, E.K., dan Nikolakopoulos, G.K. 2007. SRTM VS ASTER Elevation Produk. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1080/01431160600835853>[15 November 2022]

Derick ,M.C.A., Ihsan, N.T. K., & Anggraini, S.T., 2021. *Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Analisis Pengaruh Deforestasi Terhadap Perubahan Iklim di Indonesia Tahun 2019*. Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia, Vol.2, No 2, halaman 32-37.

Handayani,H.H.,Arfaini, J., 2016 *.Analisa Data Foto Udara untuk DEM dengan metode TIN, IDW, dan Kriging.* : Institut Teknologi Sepuluh November. Jurnal Tenik

- ITS, Vol.XXX, No XXX, halaman 1-2
- Jenisa,F.2016. *Citra Aster dan SRTM* . Laporan Praktikum :Universitas Negeri Padang. Jurusan Geografi .
- Johana, F.,Ekadinata, A.,& Dewi, S.2009. *Sistem Informasi Geogarfis Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam : In Sistem Informasi Geogarfis dan Penginderaan Jauh Menggunakan ILWS*. Bogor. Indonesia
- Karyati, Putri, O.C. & Syafudin, M. 2018.*Suhu dan kelembaban tanah pada lahan revegetasi pasca tambang di PT Adimitra baratama Nusatara.Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal AGRIFOR, Vol XVII, No 8, ISSN P : 1412-6685, ISSN O : 2503-4960. halaman103-106.
- Ambrawati, R.D.2019. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu. [https://www.- PDF Free Download \(adoc.pub](https://www.- PDF Free Download (adoc.pub) [19 Desember 2022]
- Astuti, N.J.2013. Siklus Hidrologi. [https://www.academia.edu/10692909/Siklus Hidrologi tanggal askses](https://www.academia.edu/10692909/Siklus_Hidrologi_tanggal_askses) [20 Desember 2022]
- Bambang, T. 2014. *Pendugaan Laju Erosi Tanah Menggunakan Satelit Landsat dan Sport (Soil Erosin Rate Estimation Using Landsat And Spot).*: Penelitian, Pusat Penginderaan Jauh Lapan. 11 No. 2 Desember 2014 halaman 88-99.
- California Institut Of Teknology.2022. U.S.Releases Enhased Shuttle Land Elevation Data. [https://www.jpl.nasa.gov.news// U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data \(nasa.gov\)](https://www.jpl.nasa.gov.news// U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data (nasa.gov)). [13 November 2022]
- Chrysoulakis,N., Kamaratakis, E.K., dan Nikolakopoulos, G.K. 2007. SRTM VS ASTER Elevation Produk. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1080/01431160600835853>[15 November 2022]
- Derick ,M.C.A., Ihsan, N.T. K., & Anggraini, S.T., 2021. *Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Analisis Pengaruh Deforestasi Terhadap Perubahan Iklim di Indonesia Tahun 2019*. Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia, Vol.2, No 2, halaman 32-37.
- Handayani,H.H.,Arfaini, J., 2016 *Analisa Data Foto Udara untuk DEM dengan metode TIN, IDW, dan Kriging*. : Institut Teknologi Sepuluh November. Jurnal Teknik ITS, Vol.XXX, No XXX, halaman 1-2
- Jenisa,F.2016. *Citra Aster dan SRTM* . Laporan Praktikum :Universitas Negeri Padang. Jurusan Geografi .
- Johana, F.,Ekadinata, A.,& Dewi, S.2009. *Sistem Informasi Geogarfis Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam : In Sistem Informasi Geogarfis dan Penginderaan Jauh Menggunakan ILWS*. Bogor. Indonesia
- Karyati, Putri, O.C. & Syafudin, M. 2018.*Suhu dan kelembaban tanah pada lahan revegetasi pasca tambang di PT Adimitra baratama Nusatara.Provinsi Kalimantan*

- Timur. Jurnal AGRIFOR, Vol XVII, No 8, ISSN P : 1412-6685, ISSN O : 2503-4960. halaman103-106.
- Murtadlo, M. L. 2015. *Kalibrasi radiometrik pada citra landsat 8 dengan menggunakan ENVI 5.1*. Laporan Praktikum. : Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya . halaman 6-8.
- Noor, D. 2012. Pengantar Geologi Edisi Kedua .Program Studi Teknik Geologi : Universitas Pakuan. halaman 222-226
<https://www.scribd.com/doc/125112208/Pengantar-Geologi-2012-Djauhari-Noo> [1 November 2022]
- Pamuji,E.K.,dan Hardianti. 2019. *Evaluasi Hidrologi Daerah Aliran Sungai Wosi Dalam Menghadapi Curah Hujan Ekstrim.*: FMIPA UNIPA. Jurnal Natural, Vol 15, No.2, ISSN 1412-1326. halaman 68-78.
- R Alie, M. E. 2015. *Kajian Erosi Lahan pada DAS Dawas KAbupaten Musi Banyuasin – Sumatera Selatan* .: Teknik Sipil dan Lingkungan.Vol. 3, No. 1(355-374X), 749-751.
- Saribun, D. S. 2007. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng terhadap bobot isi proposi total dan kadar air tanah pada sub DAS Cikaoudung Hulu Jatinongor.*Skripsi.*: Universitas Padjajaran. Jurusan Ilmu Tanah. Halaman 18-22.
- Sukristiyanti., Hartono., & Suyono.2010. *Evaluasi potensi Erosi Tanah Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di DAS Bodri hulu* .: Fakultas Geografi UGM. Vol 24 , No 2, ISSN 0125-1790, halaman 143-156.
- Sumarna, D.2015. *Identifikasi Erosi dan Pengaruhnya Terhadap Lapisan Tanah Subur pada Lahan Produktif Studi Kasus:Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu.*: Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. *Seminar Nasional dan Teknogi* (2407-1846).
- Suryanajaya,B.,Kesaulija,E.M., & Bataradewa,S. 2017. *Pendugaan Erosi pada aliran sungai (DAS) Prafi Kabupaten Manokwari* .: Universitas Papua. *Jurnal Kehutanan Papua*asia 3 (1) 14-20.
- Unik, M. 2020. *Spesifikasi citra satelit-analisis citra digital untuk pengelolaha sumber daya hutan* .: *Pertanian Bogor. Bogor agriculture University*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/339001973_Pengantar_Spesifikasi_Citra_Satelit_Analisis_Citra_Digital_untuk_Sumber_Daya_Hutan [30 November 2022]
- USGS.2018.*Normalized Differenced Vegetation Index* .
[Landsat Normalized Difference Vegetation Index | U.S. Geological Survey \(usgs.gov\)](https://www.usgs.gov/landsat-normalized-difference-vegetation-index) [20 Desember 2022]
- Vischa. 2010. Tinjauan Ekonomi Kabupaten Manokwari. [tuLisAn isenk-isenk: Tinjauan ekonomi Kabupaten Manokwari vischa-phoenix.blogspot.com](http://tuLisAn.isenk-isenk: Tinjauan ekonomi Kabupaten Manokwari vischa-phoenix.blogspot.com)) [10 Oktober 2022]