

EVALUASI DINAMIKA KERENTANAN LINGKUNGAN BERDASARKAN KERAPATAN VEGETASI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TABUNIO

Evaluation of Environmental Vulnerability Dynamics based on Vegetation Density in the Tabunio River Flow Region

Syarifuddin Kadir, Ichsan Ridwan, Wahyuni Ilham, dan Nurlina
Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. A Watershed is an ecosystem whose first component consists of natural resources vegetation, land, water, and human resources. Tabunio watershed covering an area of 62,558.56 hectares consists of 10 sub-watersheds. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is used in vegetation density analysis. Vulnerability of environmental damage is the condition of a region that has the potential for environmental damage due to human activities and or activities that have the potential to cause environmental impacts. The purpose of vegetation density analysis is carried out for the evaluation of environmental vulnerability dynamics in Tabunio watershed, i.e: 1). Knowing changes in land cover; 2. Knowing the classification of vegetation density; 3. Determine efforts to increase vegetation density. The benefits of this analysis are to obtain directives that can have a positive impact on the control of flood suppliers' vulnerability and environmental vulnerability by determining forest and land rehabilitation techniques. Based on the results of mapping and analysis obtained: 1) changes in land cover in 2005-2020 are dominant in forest land cover, open land, settlements, plantations, swamp farming, shrubs, and mining; 2) Vegetation density in the upstream sub-watershed is dominated by the classification of dense and very tight vegetation density; 3) The green revolution of the upstream watershed is dominated for ecological purposes with dense and very close vegetation, the central part of the watershed is dominated for ecological, economic and social with tight vegetation, downstream green revolution watershed dominated for economic and social interests with dense and sparse vegetation.

Key Word: NDVI; Vegetation Density; Green Revolution.

ABSTRAK. Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu ekosistem yang komponen utamanya terdiri atas sumberdaya alam vegetasi, tanah, air dan sumberdaya manusia. DAS Tabunio seluas 62.558,56 ha terdiri atas 10 sub DAS. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) digunakan dalam analisis kerapatan vegetasi. Kerentanan kerusakan lingkungan merupakan kondisi suatu wilayah yang berpotensi untuk terjadi kerusakan lingkungan karena aktivitas dan atau kegiatan manusia yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan. Tujuan analisis kerapatan vegetasi di lakukan untuk evaluasi dinamika kerentanan lingkungan di DAS Tabunio (1.Mengetahui perubahan tutupan lahan; 2.Mengetahui klasifikasi kerapatan vegetasi; 3. Menentukan upaya peningkatan kerapatan vegetasi. Manfaat analisis ini agar diperoleh arahan yang mampu menimbulkan dampak positif terhadap pengendalian kerawanan pemasok banjir dan kerentanan lingkungan dengan menentukan teknik rehabilitasi hutan dan lahan. Berdasarkan hasil pemetaan dan analisis diperoleh:1) perubahan tutupan lahan tahun 2005-2020 yang dominan pada tutupan lahan hutan, lahan terbuka, pemukiman, perkebunan, pertanian rawa, semak dan pertambangan; 1) Kerapatan vegetasi pada sub DAS bagian hulu didominasi klasifikasi kerapatan vegetasi rapat dan sangat rapat; 3 Revolusi hijau bagian hulu DAS yang didominasi untuk kepentingan ekologis dengan vegetasi rapat dan sangat rapat, bagian tengah DAS didominasi untuk ekologis, ekonomis dan sosial dengan vegetasi rapat, hilir DAS revolusi hijau yang didominasi untuk kepentingan ekonomis dan sosial dengan vegetasi rapat dan jarang.

Kata Kunci: NDVI; Kerapatan Vegetasi; Revolusi Hijau.

Penulis untuk korespondensi, surel: syarifuddin.kadir@ulm.ac.id

PENDAHULUAN

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu ekosistem yang komponen utamanya terdiri atas sumberdaya alam

vegetasi, tanah, air dan sumberdaya manusia. Peraturan Pemerintah Nomor 37 (2014) DAS merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak sungai, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air, Pembangunan terutama

daerah yang mengandalkan ketersediaan air, perencanaan penggunaan lahan, pengelolaan dan restorasi ekologi menggunakan DAS sebagai unit pengelolaan.

Komponen vegetasi merupakan kumpulan dari beberapa jenis tumbuhan yang hidup secara bersama-sama dalam suatu DAS yang berfungsi sebagai penutup lahan yang akan berdampak positif sebagai pengatur tata air seperti: meningkatkan infiltrasi, mencegah erosi, mengurangi aliran permukaan, menanggulangi banjir, peningkatan penyerapan CO₂, Peningkatan penyediaan oksigen dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Salah satu faktor yang dapat meningkatkan laju infiltrasi pada suatu DAS adalah adanya vegetasi, semakin tinggi tingkat kerapatan vegetasi semakin tinggi infiltrasi (volume dan kapasitas infiltrasi), sebaliknya semakin berkurangnya kerapatan vegetasi dapat mengakibatkan terjadinya banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau (Saputra et al., 2019).

Asdak (2010) mengemukakan bahwa ekosistem DAS dibagi menjadi daerah hulu dengan kerapatan drainase, kelerengan yang lebih tinggi dan jenis vegetasi umumnya berupa tegakan hutan dan atau lainnya sehingga pemasok banjir, sebaliknya bagian hilir DAS merupakan daerah rawan banjir. DAS Tabunio terletak di Kabupaten Tanah Laut seluas 62.558,56 ha, secara ekologis 10 sub DAS dan secara administratif terdiri atas 44 desa dan 4 kecamatan. Kadir et al (2017) dan Auliana et al (2018) menyatakan bahwa kondisi lahan di DAS Tabunio pada kualifikasi pemulihan sangat tinggi dengan luas area lahan kritis sebesar 19.109,89 ha, Penutupan vegetasi kualifikasi pemulihan tinggi dan indeks erosi kualifikasi pemulihan sangat tinggi dengan erosi sebesar 219,08 ton/ha/thn dan kejadian banjir pada bagian tengah dan hilir.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) digunakan dalam analisis kerapatan vegetasi. Nilai NDVI merupakan nilai yang berkaitan dengan kehijauan daun yang berkorelasi dengan kerapatan vegetasi. Semakin tinggi nilai indeksnya maka semakin rapat kondisi vegetasinya (Irwan, 2008)

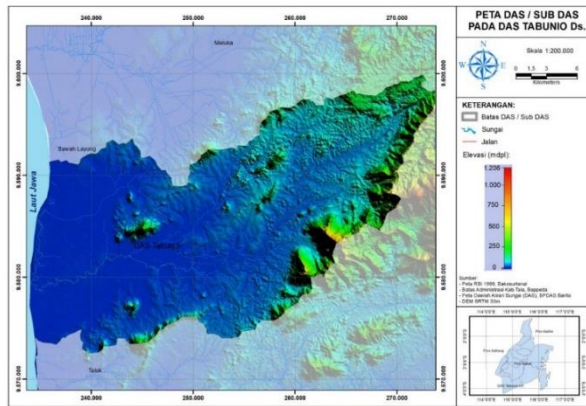
Kerentanan kerusakan lingkungan merupakan kondisi suatu wilayah yang berpotensi untuk terjadi kerusakan lingkungan karena aktivitas dan atau kegiatan manusia yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan. Jumlah penduduk di DAS Tabunio yang semakin tahun semakin bertambah, sehingga membutuhkan sumber daya lahan peningkatan kerapatan vegetasi untuk kepentingan ekologis, ekonomis dan sosial serta untuk kelestarian lingkungan hidup (Kadir, at.al., 2020)

Tujuan analisis kerapatan vegetasi di lakukan untuk evaluasi dinamika kerentanan lingkungan di DAS Tabunio 1.Mengetahui perubahan tutupan lahan; 2.Mengetahui klasifikasi kerapatan vegetasi; 3. Menentukan upaya peningkatan kepatan vegetasi. Manfaat analisis ini agar diperoleh arahan yang mampu menimbulkan dampak positif terhadap pengendalian kerawanan pemasok banjir dan kerentanan lingkungan dengan menentukan teknik rehabilitasi hutan dan lahan (RHL) secara vegetatif yang diharapkan dapat berperan untuk kepentingan ekologis, ekonomis dan sosial (Fitriani et al., 2021).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada tahun 2021 dengan mengambil lokus penelitian di DAS Tabunio Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan yang terdiri atas 10 sub DAS sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Analisis kerapatan vegetasi di lakukan untuk evaluasi dinamika kerentanan lingkungan di DAS Tabunio.

Metode penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan suatu metode untuk memperoleh data dan informasi dari suatu objek permukaan bumi dengan menggunakan alat yang tidak berhubungan langsung dengan objek yang dikajinya. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan indeks vegetasi, perhitungan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang akan dianalisis menggunakan Data Citra Satelit Sentinel-2A. Analisis NDVI digunakan untuk memperoleh nilai sebaran kerapatan vegetasi.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian DAS Tabunio



Gambar 2. Peta Sub di DAS Tabunio

Tinggi rendahnya klasifikasi kerapatan vegetasi dapat diketahui dengan mempergunakan nilai NDVI yang merupakan sebuah transformasi citra penajaman spectral untuk menganalisis yang berkaitan dengan vegetasi (Huda,2018). Semakin tinggi klasifikasi kerapatan vegetasi pada suatu DAS, maka akan semakin tinggi infiltrasi, semakin rendah aliran permukaan dan semakin tinggi

penyerapan CO2 dan semakin tinggi pengendalian banjir serta semakin rendah suhu permukaan disekitar lahan tersebut, begitu juga sebaliknya (Putra dan Erwin, 2011) .Nilai dari NOVI berkisar dari -1 hingga +1 dengan semakin tinggi nilainya akan semakin tinggi kerapatan vegetasinya. Untuk rentang klasifikasi selengkapnya dijelaskan pada Tabel 1.

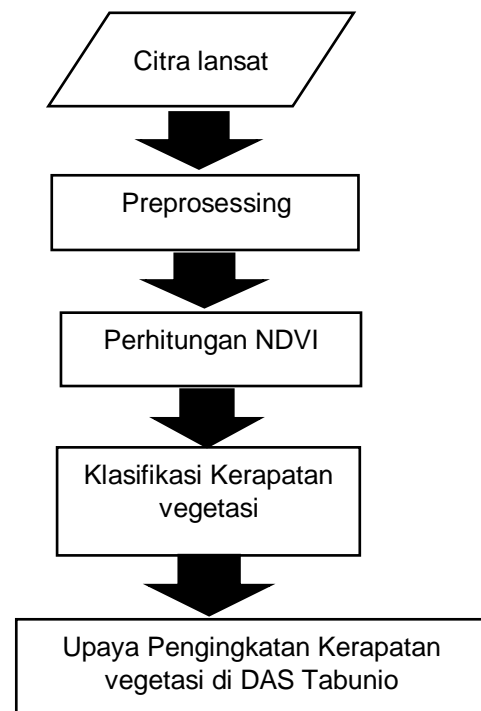
Tabel 1. Sub DAS di DAS Tabunio

No.	Sub-DAS	Luas (ha)
1	Sub DAS Amparo kecil	3.912,88
2	Sub DAS Atutu	3.676,86
3	Sub DAS Bakar	3.161,36
4	Sub DAS Berasau	2.548,65
5	Sub DAS Kandangan	3.651,57
6	Sub DAS Panjaratan	9.897,05
7	Sub DAS Riam	4.288,91
8	Sub DAS Takisung	9.775,12
9	Sub DAS Tebing Siring	9.341,04
10	Sub DAS Tungkaran	12.305,13

Tabel 2. Klasifikasi Kerapatan Vegetasi

No	Jenis Kerapatan	Rentang
1	Tidak bervegetasi	-1,0 - 0,2
2	Vegetasi sangat jarang	0,2 - 0,4
3	Vegetasi jarang	0,4 – 0,6
4	Vegetasi rapat	0,6 – 0,7
5	Vegetasi sangat rapat	0,7 - 1

Sumber: Julianto (2020) dan Sari et al., (2005)



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN

Perubahan Penggunaan Lahan

Proses klasifikasi tutupan lahan diawali dengan penentuan kelas tutupan/penggunaan lahan yang didasarkan pada tutupan lahan dominan yang ada di DAS Tabunio. Penelitian ini membagi penggunaan lahan menjadi 10 kelas tutupan lahan. Uji akurasi klasifikasi tutupan lahan menggunakan *confusion matrix* dan *Kappa*

coefisien. Hasil klasifikasi menunjukkan akurasi keseluruhan yang tinggi mulai dari 86% hingga 95%. Di antara dua metode klasifikasi yang digunakan, metode *Support Vector Machine (SVM)* menghasilkan akurasi keseluruhan tertinggi dibandingkan dengan metode *Maximum Likelihood* (Nurlina et al., 2021). Perbandingan luas tutupan lahan di DAS Tabunio sejak tahun 2005 sampai dengan 2020 disajikan pada Tabel 3, Perubahan tutupan lahan di DAS Tabunio disajikan pada Tabel 4, sedangkan peta penggunaan lahan 2005 dan 2020 disajikan pada Gambar 4..

Tabel 3. Tabel Luas Tutupan Lahan DAS Tabunio tahun 2005, 2010, 2015 dan 2020

Tutupan Lahan	Tahun			
	2005 (ha)	2010 (ha)	2015 (ha)	2020 (ha)
Badan Air	592,64	386,64	368,50	406,48
Hutan	16.223,67	14.004,85	14.699,89	13.166,88
Lahan Terbuka	3.712,99	4.945,80	13.247,55	7.906,35
Pemukiman	619,07	991,83	1.451,73	2.001,24
Perkebunan	502,16	7.710,81	20.866,44	24.313,31
Pertanian	21.021,27	10.313,42	8.366,95	12.917,27
Rawa	6.759,52	3.818,56	161,37	181,88
Semak	10.846,53	17.042,34	1.695,94	1.216,33
Tambak	45,88	126,24	47,96	36,14
Tambang	2.172,66	3.155,88	1.590,04	350,50

Sumber: Hasil analisis, 2021

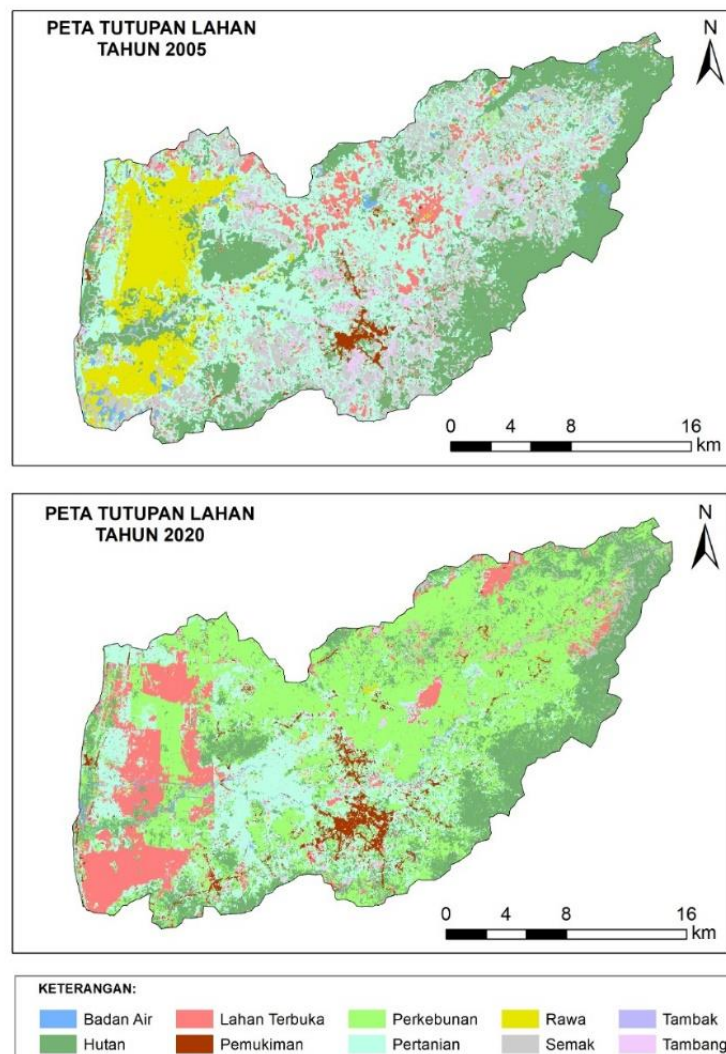
Pada Tabel 3 terlihat perubahan tutupan lahan yang dominan pada tutupan lahan hutan, lahan terbuka, pemukiman, perkebunan, pertanian rawa, semak dan pertambangan. Badan Pusat Statistik (BPS), Jumat (27/12/2019). Menyatakan bahwa luas tutupan hutan yang hilang di Indonesia dalam periode waktu 2014 sampai dengan 2018 berkurang sekitar 1,4 persen atau sebesar 2.685.012 ha dalam kurun waktu lima tahun. Selanjutnya dinyatakan bahwa luas tutupan hutan Indonesia berkurang karena faktor: peristiwa alam, penebangan hutan, kebakaran hutan, reklasifikasi lahan, sampai pertumbuhan penduduk. Zhang dan Barten (2009) perubahan penutupan

lahan dengan kegiatan penebangan kayu menyebabkan terjadi perubahan karakteristik DAS. Penutupan lahan yang dilaksanakan sesuai dengan peruntukannya pada kawasan lindung dan atau kawasan budidaya pertanian akan memberikan keuntungan maksimum, untuk kepentingan perlindungan dan untuk kesejahteraan masyarakat (Zhang & Wang, 2007). Oleh karena itu, salah satu dampak lingkungan terbesar yang terkait dengan konversi lahan terkait dengan iklim dan perubahan hidrologi, yang bertanggung jawab atas penurunan kelembaban relatif dan peningkatan suhu udara serta debit air sungai (Chowdhury et al., 2020).

Tabel 4. Tabel Luas Perubahan Tutupan Lahan DAS Tabunio tahun 2005 – 2020

Tutupan Lahan	Luas Perubahan			
	2005 – 2010 (ha)	2010 – 2015 (ha)	2015 – 2020 (ha)	2005 – 2020 (ha)
Badan Air	-206,00	-18,14	37,98	-186,16
Hutan	-2.218,82	695,04	-1.533,01	-3.056,79
Lahan Terbuka	1.232,82	8.301,75	-5.341,20	4.193,36
Pemukiman	372,77	459,90	549,51	1.382,18
Perkebunan	7.208,65	13.155,63	3.446,87	23.811,15
Pertanian	-10.707,86	-1.946,46	4.550,32	-8.104,00
Rawa	-2.940,96	-3.657,19	20,50	-6.577,65
Semak	6.195,82	-15.346,40	-479,62	-9.630,20
Tambak	80,37	-78,28	-11,82	-9,73
Tambang	983,22	-1.565,85	-1.239,54	-1.822,17

Keterangan: Tanda – berarti mengalami penurunan, tidak ada tanda berarti mengalami peningkatan



Gambar 4. Peta Tutupan lahan 2005 dan 2020

Klasifikasi kerapatan vegetasi

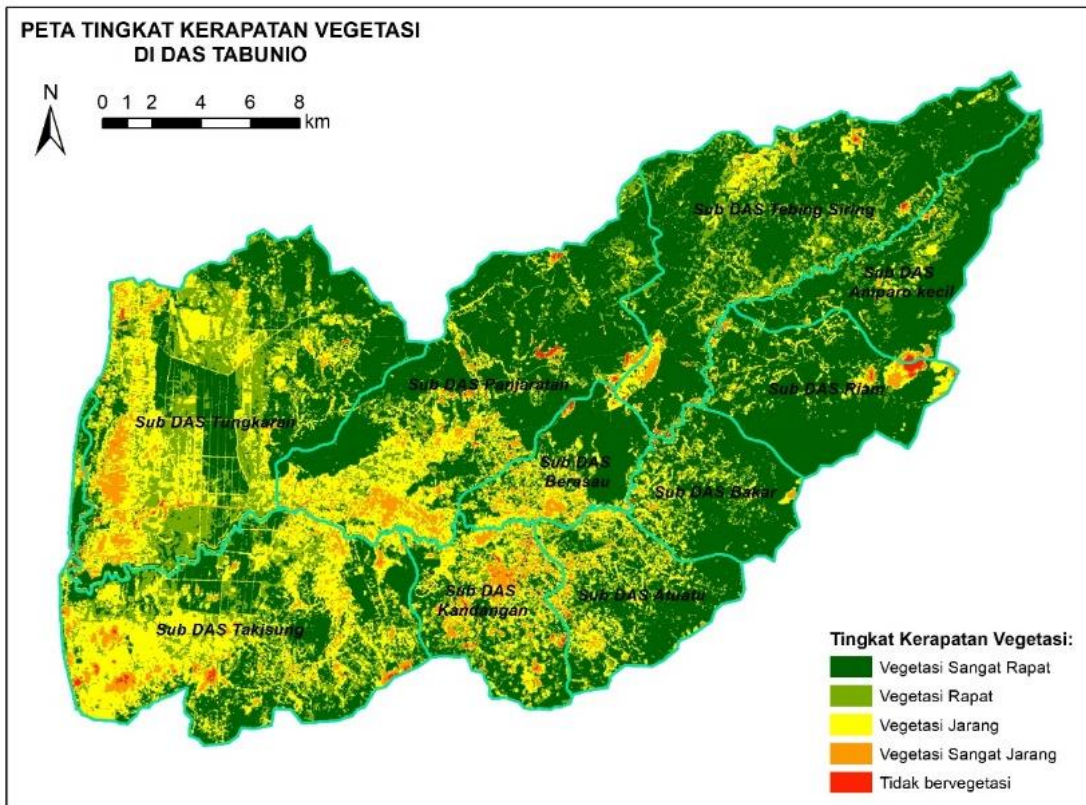
Hasil pengolahan NDVI menggunakan data citra satelit Sentinel-2A pada tahun 2016

- 2020, diperoleh kelas vegetasi menjadi 5 kelas yaitu non-vegetasi, vegetasi jarang, vegetasi sedang dan vegetasi rapat sebagaimana disajikan pada Tabel 5 dan

Gambar 5. Hasil analisis NDVI yang diperoleh dari citra satelit, berguna untuk memperkirakan faktor pengelolaan tutupan dan pemantauan kerentanan lingkungan di DAS (Durigon et al., 2014).

Klasifikasi kerapatan vegetasi tertinggi dan terendah sebagai berikut:

- a. Klasifikasi vegetasi sangat rapat tertinggi di sub DAS Ampro Kecil (79%), sedangkan terendah sub DAS Takisung (31%)
- b. Klasifikasi vegetasi rapat tertinggi di sub DAS Tungkaran (30%), sedangkan terendah sub Berasau (17%)
- c. Klasifikasi jarang tertinggi di sub DAS Kandangan (29%), sedangkan terendah sub DAS Amparo Kecil (4%)
- d. Klasifikasi vegetasi sangat jarang tertinggi di sub DAS Berasau (7%), sedangkan terendah sub DAS Amparo Kecil (1%)
- e. Klasifikasi tidak bervegetasi tertinggi di sub DAS Kandangan (1%), sedangkan terendah sub DAS Atutu (0,1%)



Gambar 5. Peta Kerapatan Vegetasi di DAS Tabunio

Tabel 5. Tingkat Kerapatan Vegetasi di DAS Tabunio

No	Sub DAS	Luas Tingkat Kerapatan Vegetasi (ha)				Total	
		Tidak Bervegetasi	Vegetasi Sasngat Jarang	Vegetasi jarang	Vegetasi Rapat		
	Sub DAS						
1	Amparo kecil	12,67	48,54	191,98	566,68	3.088,25	3.908,12
2	Sub DAS Atuatu	4,47	150,31	727,44	876,21	1.914,84	3.673,28
3	Sub DAS Bakar	6,12	56,85	359,25	578,88	2.158,09	3.159,19
	Sub DAS						
4	Berasau	17,70	187,93	584,20	442,98	1.315,84	2.548,65
	Sub DAS						
5	Kandangan	39,09	438,40	1.059,43	967,98	1.144,11	3.649,00
	Sub DAS						
6	Panjaratan	57,80	534,41	2.001,29	1.616,69	5.681,77	9.891,97
7	Sub DAS Riam	39,93	128,27	361,63	435,24	3.320,19	4.285,26
	Sub DAS						
8	Takisung	50,45	602,77	3.469,01	2.602,53	3.040,48	9.765,25
	Sub DAS Tebing						
9	Siring	23,93	159,66	803,96	1.905,31	6.440,56	9.333,41
	Sub DAS						12.002,8
10	Tungkaran	38,04	664,72	3.249,87	3.650,60	4.399,65	9
				12.808,0	13.643,1	32.503,7	62.217,0
	Total	290,19	2.971,86	7	0	8	1

Pada Tabel 5 dan Gambar 5 terlihat bahwa kerentanan lingkungan di daerah aliran sungai Tabunio didominasi oleh sub DAS pada bagian hilir dan sub DAS bagian tengah didominasi kerapatan jarang dan sangat jarang, sedangkan sub bagian hulu seperti sub DAS Tebing Siring dan sub DAS Amparo kecil, dan sub DAS Riam didominasi klasifikasi kerapatan vegetasi rapat dan sangat rapat. Vegetasi merupakan komponen karakteristik DAS yang merupakan formulasi penentuan potensi pasokan air banjir suatu DAS (Paimin *et al.* (2009). Vegetasi komponen ekosistem DAS berproses untuk memperoleh output debit air yang normal (Hernandez-Ram (2008).

Upaya Konservasi tanah dan air secara vegatif

- a. Bagian hulu DAS dilakukan Revolusi hijau yang didominasi untuk kepentingan ekologis dengan vegetasi rapat dan sangat rapat
- b. Bagian tengah DAS dilakukan Revolusi hijau yang didominasi untuk kepentingan ekologis, ekonomis dan sosial dengan vegetasi rapat
- c. Bagian hilir DAS dilakukan Revolusi hijau yang didominasi untuk kepentingan ekonomis dan sosial dengan vegetasi rapat dan jarang

Kadir at al (2020) Rehabilitasi hutan dan lahan merukan kegiatan revolusi hijau sebagai upaya mempertahankan, pemulihan, meningkatkan fungsinya secara ekologi sebagai pengatur tata air dan secara ekonomi dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Perubahan tutpan lahan dominan padan tutupan lahan: hutan, lahan terbuka, pemukiman, perkebunan, pertanian rawa, semak dan pertambangan.

Kerapatan vegetasi pada sub DAS bagian hulu didominasi klasifikasi kerapatan vegetasi rapat dan sangat rapat.

Revolusi hijau bagian hulu DAS yang didominasi untuk kepentingan ekologis dengan vegetasi rapat dan sangat rapat, bagian tengah DAS didominasi untuk ekologis, ekonomis dan sosial dengan vegetasi rapat, hilir DAS revolusi hijau yang didominasi untuk kepentingan ekonomis dan sosial dengan vegetasi rapat dan jarang

Saran

Dalam rangka terwujudnya tujuan pembangunan yang berkelanjutan dan pengendalian kerentanan lingkungan di DAS Tabunio serta meningkatkan peranan sebagai pengatur tata air dan menghindari terjadinya dampak bencana banjir yang semakin luas, maka upaya pengelolaan DAS melalui revolusi hijau perlu diselenggarakan secara terpadu oleh pemangku kepentingan, lintas wilayah dan lintas sektor dengan mempertimbangan klasifikasi kerapatan vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Auliana, A., Ridwan, I., & Nurlina, N. (2018). Analisis Tingkat Kekritisan Lahan di DAS Tabunio Kabupaten Tanah Laut. *Positron*, 7(2), 54. <https://doi.org/10.26418/positron.v7i2.18671>
- Asdak.C. (2010). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Cetakan Kelima (revisi). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Chowdhury, M., Hasan, M. E., & Abdullah-Al-Mamun, M. M. (2020). Land use/land cover change assessment of Halda watershed using remote sensing and GIS. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(1), 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.11.003>
- Dwi Julianto F, Dwi Putri DP, Humam Safii H. 2020. Analisis Perubahan Vegetasi dengan data Sentinel-2 menggunakan Google Earth Engine (Studi Kasus Provinsi Oaerah /stimewa Yogyakarta). *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia Agustus*. Vol 02(02): 13-18.
- Durigon, V. L., Carvalho, D. F., Antunes, M. A. H., Oliveira, P. T. S., & Fernandes, M. M. (2014). NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441–453. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.871081>
- Fitriani, R., Kadir, S., & Ridwan, I. (2021). Criticality Level Of The Land In Protected Forest Area Of Barabai Cathment Area , Batang Alai Sub Watershed , Hulu Sungai Tengah Regency. 12(June), 139–147.
- Hernandez-Ramirez, G. 2008. Emerging Markets for Ecosystem Services: A Case Study of the Panama Canal Watershed. *Journal of Environment Quality*. 37 (5): 1995.
- Irwan Z. 2008. Tantangan Lingkungan dan Lanskap Hutan Kota. Cidesindo. Jakarta
- Kadir, S., Badaruddin, Nurlina, & Farma, E. (2017). Power Recovery Support Tabunio Watershed Based on Analysis of Erosion Based on Geographic Information System in the Province of South Kalimantan. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 8(4–1), 73–81. <https://doi.org/10.2478/mjss-2018-0075>
- Kadir, S., Badaruddin, Nurlina, Ridwan, I., & Rianawaty, F. (2016). The recovery of tabunio watershed through enrichment planting using ecologically and economically valuable species in south Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 17(1), 140–147. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d170121>
- Nurlina, Kadir, S., Kurnain, A., Ilham, W., Kalimantan, S., Kalimantan, S., Kalimantan, S., & Program, P. S. (2021). Comparison Of Maximum Likelihood And Support Vector Machine Classifiers For Land Use / Land Cover Mapping Using Multitemporal Imagery Comparison Of Maximum Likelihood And Support Vector Machine Classifiers For Land Use / Land. 12(June).
- Paimin, Sukresno dan Pramono, I.B. 2009. *Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Tropenbos Internasional Indonesia. Balikpapan.
- Peraturan Pemerintah R.I. Nomor 37 Tahun 2012. *Peraturan Pemerintah (PP) tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012. Jakarta.
- Sari, D.K., Hermawan, E.T., Hudman, G. 2005. Study On Vegetation Cover Change In The Province of South Kalimantan Using RGB-NDVI Unsupervised Classification Method. Map Asia Conference. Jakarta.

- Saputra, A. E., Ridwan, I., & Nurlina, N. (2019). *Analisis Tingkat Resapan Air Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Das Tabunio*. 1, 149–158.
- Zhang, H., & Wang, X. (2007). Land-use dynamics and flood risk in the hinterland of the Pearl River Delta: The case of Foshan City. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(5), 485–492. <https://doi.org/10.1080/13504500709469747>
- Zhang, Y., and Barten, P.K. 2009. Watershed Forest Management Information System (WFMS) *Environmental Modelling and software*. 24 (4): 569-575.