

**PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DALAM
PENGKLASIFIKASIAN BAHAYA EROSI
PADA DAS TALAWAAN**

Prayitno⁽¹⁾, J. S. Tasirin⁽¹⁾, M. Y. M. A. Sumakud⁽¹⁾ & J.A. Rombang, MSc⁽¹⁾,

¹Program Studi Ilmu Kehutanan, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian
Universitas Sam Ratulangi, Manado

ABSTRACT

Talawaan watershed is one of the most important watershed in North Minahasa Regency. Erosion in the Talawaan watershed results in decreasing land resource quality caused by both natural and human activities. This research aims to study the erosion hazard level in Talawaan watershed. Method to calculate erosion rate is based on USLE equation (Wischmeir and Smith, 1978) utilizing Geographic Information Systems (GIS). Result shows that the erosion hazard levels in Talawaan Watershed were “very light” 2.791,56 ha (21,49%), “light” 4.019,46 ha (30,94%), “medium” 3.127,86 ha (24,08%), “heavy” 2.521,79 ha (19,41%), and “very heavy” 528,88 ha (4,07%). Talawaan watershed has an average erosion rate of 60.53 tonnes/ha/year which is “medium” erosion hazard level. The results of this study may be used to a better management plan of Talawaan watershed.

Keywords: TBE, GIS, USLE, DAS Talawaan.

ABSTRAK

DAS Talawaan merupakan salah satu DAS yang sangat penting di Kabupaten Minahasa Utara. Erosi yang terjadi pada DAS Talawaan mengakibatkan perubahan kualitas sumber daya lahan baik secara alami maupun pengaruh kegiatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menelaah Tingkat Bahaya Erosi pada DAS Talawaan. Perhitungan laju erosi menggunakan persamaan umum rumus kehilangan tanah maksimum yang dikembangkan oleh Wichmeir dan Smith, (1978) dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Tingkat Bahaya Erosi pada DAS Talawaan Sangat Ringan 2.791,56 ha (21,49%), Ringan 4.019,46 ha (30,94%), Sedang 3.127,86 ha (24,08%), Berat 2.521,79 ha (19,41%) dan Sangat Berat 528,88 ha (4,07%). DAS Talawaan memiliki laju erosi rata-rata sebesar 60,53 ton/ha/tahun yang termasuk dalam kelas tingkat bahaya erosi sedang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk memperbaiki rencana pengelolaan DAS Talawaan.

Kata kunci: TBE, SIG, USLE, DAS Talawaan.

PENDAHULUAN

Erosi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan fenomena yang kompleks yang mengakibatkan perubahan kualitas sumber daya lahan baik secara alami maupun karena pengaruh kegiatan manusia. Aktivitas manusia yang tidak terkontrol merupakan salah faktor dominan yang menyebabkan terjadinya erosi yang menyebabkan timbulnya lahan kritis, bencana banjir, pendangkalan waduk karena erosi dan sedimentasi yang berlebihan.

DAS Talawaan yang terletak di Kabupaten Minahasa Utara merupakan salah satu DAS yang cenderung mengalami penurunan daya dukung lahan, hal ini dapat dilihat pada pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan serta indeks erosi yang masih tinggi.

Untuk mengetahui Bahaya Erosi dalam hamparan yang luas seperti DAS Talawaan maka perlu penerapan teknologi karena pengukuran langsung di lapangan membutuhkan waktu, tenaga dan biaya yang

cukup besar. Melihat kendala tersebut Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi salah satu alternatif untuk menjawab permasalahan tersebut.

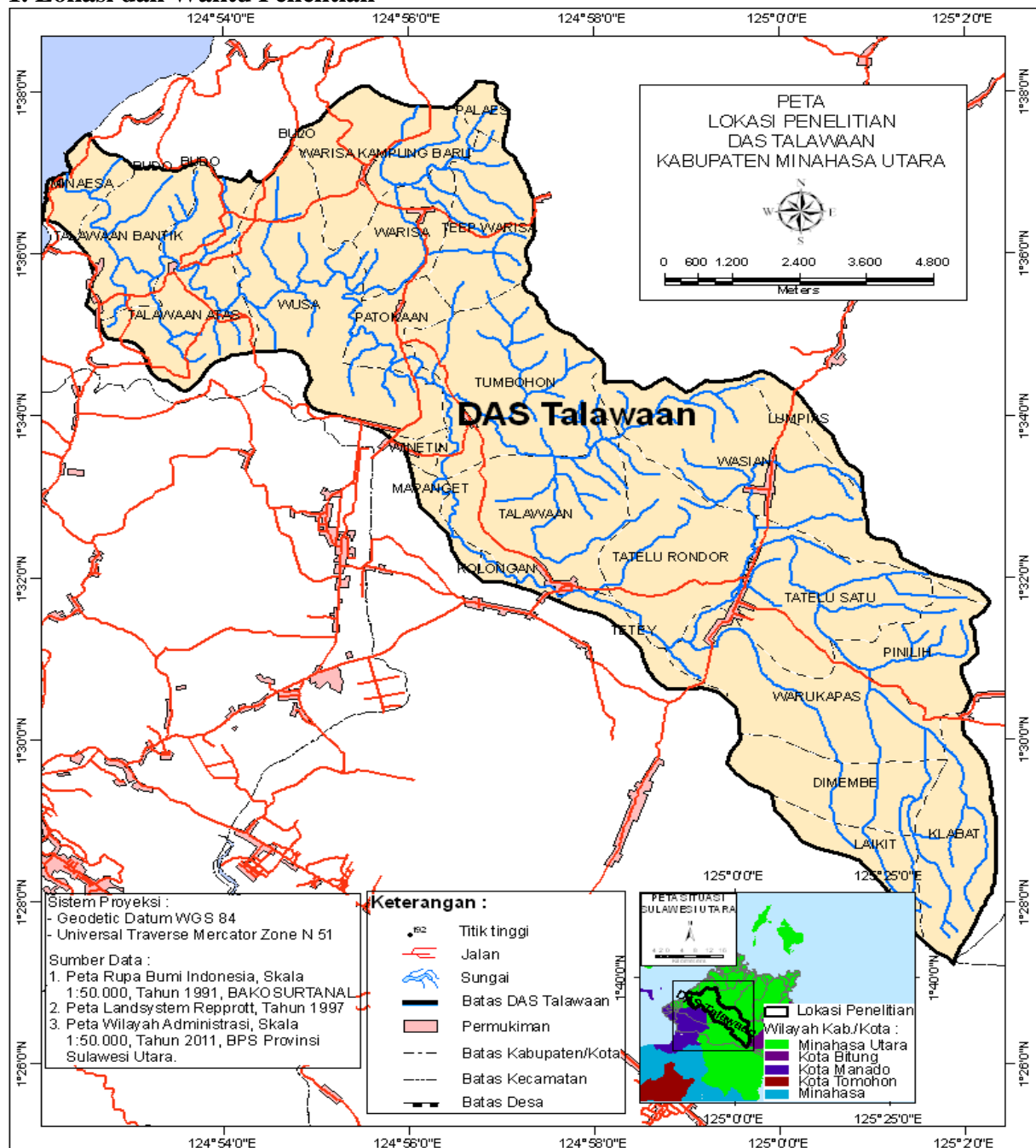
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran dan luas serta memetakan Tingkat Bahaya Erosi (TBE) pada DAS Talawaan sehingga memperoleh informasi Tingkat Bahaya Erosi dengan memanfaatkan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG).

PROSEDUR PENELITIAN

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian akan dilaksanakan di DAS Talawaan SWP DAS Likupang dengan luas 12.989,55 ha secara geografis DAS Talawaan terletak $124^{\circ} 51' 56''$ LU - $125^{\circ} 2' 12''$ LU dan $1^{\circ} 27' 52''$ BT - $1^{\circ} 38' 30''$ BT .

Secara Administrasi DAS Talawaan meliputi 4 Kecamatan yaitu Kecamatan Talawaan, Dimembe, Likupang Barat dan Wori meliputi 26 Desa semuanya terletak di Kabupaten Minahasa Utara. Waktu Penelitian bulan Oktober s/d Desember 2013, lokasi penelitian sebagaimana Gambar 1.



Gambar. 1. Lokasi Penelitian DAS Talawaan.

2. Bahan dan Alat

Bahan dan Alat yang digunakan adalah Peta Tanah, Penutupan Lahan, kelas Lereng dan peta curah hujan sedangkan alat yang dibutuhkan Komputer Personal, Printer/Plotter, Software Arc. GIS 9.x dan Microsoft Office 2010, Media Backup Data, GPS, Meteran, Bor tanah dan Kompas serta Alat tulis menulis.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian pengklasifikasian Tingkat Bahaya Erosi ini menggunakan metode deskriptif dengan model survey lapangan dan analisis dokumenter berupa overlay peta-peta parameter penelitian dan penghitungan Tingkat Bahaya Erosi menurut USLE (R.K.LS.CP).

Tingkat Bahaya Erosi dapat dihitung dengan cara membandingkan tingkat erosi di suatu lahan dan kedalaman tanah efektif pada satuan lahan. Semua Peta Indeks Erosivitas Hujan (R), Peta Indeks Erodibilitas Tanah (K), Peta Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng (LS) dan Indeks Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Tanah (CP) dioverlay secara bersama dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografi (SIG) ArcGIS 9.x. dengan bantuan tools Intersect (analisis).

Pengumpulan data dalam penentuan Tingkat Bahaya Erosi yaitu dengan cara mengumpulkan primer dan sekunder pengumpulan primer berupa pengambilan panjang lereng, cecking kemiringan lereng dan cecking penutupan lahan sedangkan pengumpulan data sekunder yaitu data-data spasial yang digunakan dalam parameter penelitian ini berupa:

1. Data Spasial Indeks Erosivitas Hujan (R).

Data spasial R diperoleh dari pengolahan data dari hujan yang digunakan adalah data selama kurun waktu 10 Tahun diperoleh BMKG dengan Rumus lenvain yaitu sebagai berikut:

$$R_m = 2,21 (\text{Rain})_m^{1,36}$$

Dimana :

$$R_m = \text{Erosivitas hujan bulanan}$$
$$(\text{Rain})_m = \text{Curah hujan bulanan (cm)}$$

Nilai erosivitas hujan setahun dihitung dengan menjumlahkan erosivitas hujan bulanan selama satu tahun.

2. Data Spasial K (Indeks Erodibilitas Tanah) yang digunakan BPDAS Tondano (2009).

Jenis Tanah	Nilai K
Aluvial	0,20
Latosol	0,23
Regosol	0,31

BPDAS Tondano, 2009

3. Data Spasial LS (Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng). Panjang lereng ditentukan di lapangan menggunakan rumus:

$$LS = (\text{La} / 22,1)^m \times C \times \cos (s_d)^{1,503} \times \{0,5 \times \sin (s_d)^{1,249} + \sin (s_d)^{2,249}\}$$

Dimana :

s_d = kemiringan lereng dalam derajat

C = konstanta (34,7046)

m = 0,5

la = panjang lereng

Panjang diambil dari batas atas lapangan hingga ke titik dimana aliran air terkonsentrasi pada saluran di lapangan, jurang atau sungai, atau titik dimana mulai terjadi deposisi. Kemiringan lereng rata-rata (S) dalam % dan panjang lereng rata-rata (L) untuk lahan pertanian dalam satuan lahan yang sama (Permenhut, 2009).

4. Data nilai CP.

Nilai CP diperoleh dengan pendekatan peta penutupan lahan hasil Interpretasi Citra Satelit terbitan Baplan Departemen Kehutanan Tahun 2013. Untuk penelitian ini nilai CP ditentukan berdasarkan (Perdirjen BPDASPS, 2011).

3.4 Analisis Data dengan Memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Analisis data dilakukan memanfaatkan SIG dengan sistem proyeksi dan koordinat yang digunakan adalah Universal Transverse Mercator (UTM), satuannya adalah meter sehingga memungkinkan analisa yang membutuhkan informasi seperti jarak dan luas dengan cara overlay peta kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan umum rumus kehilangan tanah maksimum yang dikembangkan oleh (Wichmeir dan

Smith, 1978) yaitu $A = R.K.LS.CP$. dengan memanfaatkan fasilitas *Field Calculate*, *Calculate Geometry* dan *select by atribut* (query) untuk mengetahui Kelas Tingkat Bahaya Erosi (TBE). Tahapan analisis data meliputi : Tumpang susun, editing atribut data, analisis tabular dan presentasi grafis (spasial).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Erosivitas Hujan (R)

Nilai erosivitas (R) adalah 2282,4 adalah daya erosi hujan yang membuat erosi pada DAS Talawaan.

2. Indeks Erodibilitas Tanah (K)

Indeks Erodibilitas Tanah (K) menggunakan peta jenis tanah yang bersumber dari Balai Pengelolaan DAS

Tondano Tahun 2009, pada DAS Talawaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Tanah dan Nilai Erodibilitas Tanah (K) DAS Talawaan

No	Jenis Tanah	Nilai K	Luas (ha)	Presen %
1	Aluvial	0,20	3.727,36	28,70
2	Latosol	0,23	6.713,62	51,68
3	Regosol	0,31	2.548,57	19,62
	Jumlah	-	12.989,55	100,00

3. Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Merupakan rasio antara besarnya erosi dari sebidang tanah dengan panjang lereng dan kecuraman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah (Sitanela, 2010). Untuk nilai panjang dan kemiringan lereng ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Faktor LS Pajang Lereng dan Penutupan Lahan DAS Talawaan

No	Penutupan Lahan	Panjang Lereng (m)	Nilai LS										
			0-3	3-5	5-8	8-10	10-15	15-25	25-30	30-40	40-45	45-65	>65
1	Kebun Camp.	52,08	0,20	-	0,79	-	1,86	3,41	3,95	6,21	7,33	8,97	
2	Hutan	49,43	-	-	-	-	1,81	3,32	4,82	6,05	7,14	8,74	9,58
3	Semak belukar	40,96	-	-	0,70	1,16	1,65	3,02	4,39	5,51	6,51	-	8,75
4	Tegalan ladang	35,29	0,17	-	0,65	-	-	3,02	4,08	5,12	-	-	-
5	Alang alang	38,97	0,17	-	0,68	-	-	2,95	4,29	5,38	-	-	-
6	Sawah	39,95	0,18	0,41	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Permukiman	21,25	0,13	0,31	0,51	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Mangrove	30,99	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Bandara	52,48	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4. Indeks Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Tanah (CP).

Hasil interpretasi citra penutupan lahan dan nilai indeks faktor pengelolaan tanaman dan konservasi tanah di DAS Talawaan tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Indeks Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Tanah (CP) DAS Talawaan.

No	Penutupan Lahan	Luas (ha)	C	Kons.Tnh	P
1	Alang-alang	90,00	0,02	Tidak ada tindakan konservasi	1
2	Bandara	10,63	0,02	Tidak ada tindakan konservasi	1
3	Hutan	1.318,31	0,01	Tidak ada tindakan konservasi	1
4	Kebun Campuran	9.140,89	0,07	Tidak ada tindakan konservasi	1
5	Mangrove/ Bakau	39,17	0,01	Tidak ada tindakan konservasi	1
6	Permukiman	246,67	0,18	Tidak ada tindakan konservasi	1
7	Sawah / Empang	962,49	0,02	Tidak ada tindakan konservasi	1
8	Semak / Belukar	912,50	0,01	Tidak ada tindakan konservasi	1
9	Tegalan/ Ladang	268,89	0,28	Tidak ada tindakan konservasi	1
	Jumlah	12.989,55	-	-	-

5. Tingkat Bahaya Erosi dan Sebarannya

Hasil perhitungan nilai parameter pada DAS Talawaan yang merupakan dasar untuk menentukan Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan jenis tanah, penutupan lahan dan kelas lereng disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai parameter erosi pada DAS Talawaan.

Jenis Tanah / Penutupan Lahan	Solum Tanah (cm)	erosi ton/ha/tahun berdasarkan lereng (%)										
		0-3	3-5	5-8	8-10	10-15	15-25	25-30	30-40	40-45	45-65	>65
1. Aluvial												
Bandara	> 120	1,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kebun Campuran	> 120	38,34	-	50,49	-	118,87	-	378,65	396,86	-	-	-
Mangrove/Bakau	> 120	0,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Permukiman	> 120	53,41	-	83,81	-	-	-	-	-	-	-	-
Sawah/Empang	> 120	11,50	7,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semak/Belukar	> 120	-	-	3,20	-	7,53	-	-	-	-	-	-
Tegalan/Ladang	> 120	43,46	-	-	-	-	-	-	654,41	-	-	-
Jumlah Aluvial		149,27	7,49	137,49	-	-	-	-	1.051,27	-	-	-
2. Latosol												
Alang-alang	60-90	-	-	-	-	-	61,94	45,04	112,97	-	-	-
Hutan	60-90	-	-	-	-	9,50	17,43	75,91	127,04	37,48	183,52	50,29
Kebun Campuran	60-90	29,40	-	348,36	-	410,09	1.253,06	1.161,19	912,79	1.077,41	988,85	-
Mangrove/Bakau	60-90	0,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Permukiman	60-90	24,57	29,29	48,19	-	-	-	-	-	-	-	-
Sawah/Empang	60-90	-	-	7,24	-	-	-	-	-	-	-	-
Semak/Belukar	60-90	-	-	11,02	6,09	17,32	47,56	115,23	202,47	68,35	-	45,93
Tegalan/Ladang	60-90	99,95	-	191,08	-	-	-	1.199,41	752,57	-	-	-
Jumlah Latosol		154,76	29,29	605,90	6,09	436,92	1.379,99	2.596,78	2.107,84	1.183,24	1.172,38	96,22
3. Regosol												
Alang-alang	> 120	4,81	-	9,62	-	-	-	-	76,13	-	-	-
Kebun Campuran	> 120	9,91	-	156,51	-	184,24	675,56	978,18	-	-	444,27	-
Permukiman	> 120	-	39,48	129,91	-	-	-	-	-	-	-	-
Sawah/Empang	> 120	2,55	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semak/Belukar	> 120	-	-	14,86	-	-	21,37	31,06	77,97	-	-	-
Tegalan/Ladang	> 120	-	-	257,55	-	-	556,70	-	-	-	-	-
Jumlah Regosol		17,26	45,28	568,44	-	184,24	1.253,63	1.009,24	154,10	-	444,27	-

Sumber: hasil perhitungan analisis dengan menggunakan SIG, 2013

Rekapitulasi Table 4. dengan luas unit lahan diperoleh laju erosi rata-rata pada DAS Talawaan adalah 60,53 ton/ha/tahun. Tingkat Bahaya Erosi DAS Talawaan termasuk dalam Klasifikasi Sedang. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi pada DAS Talawaan disajikan pada Tabel 5.

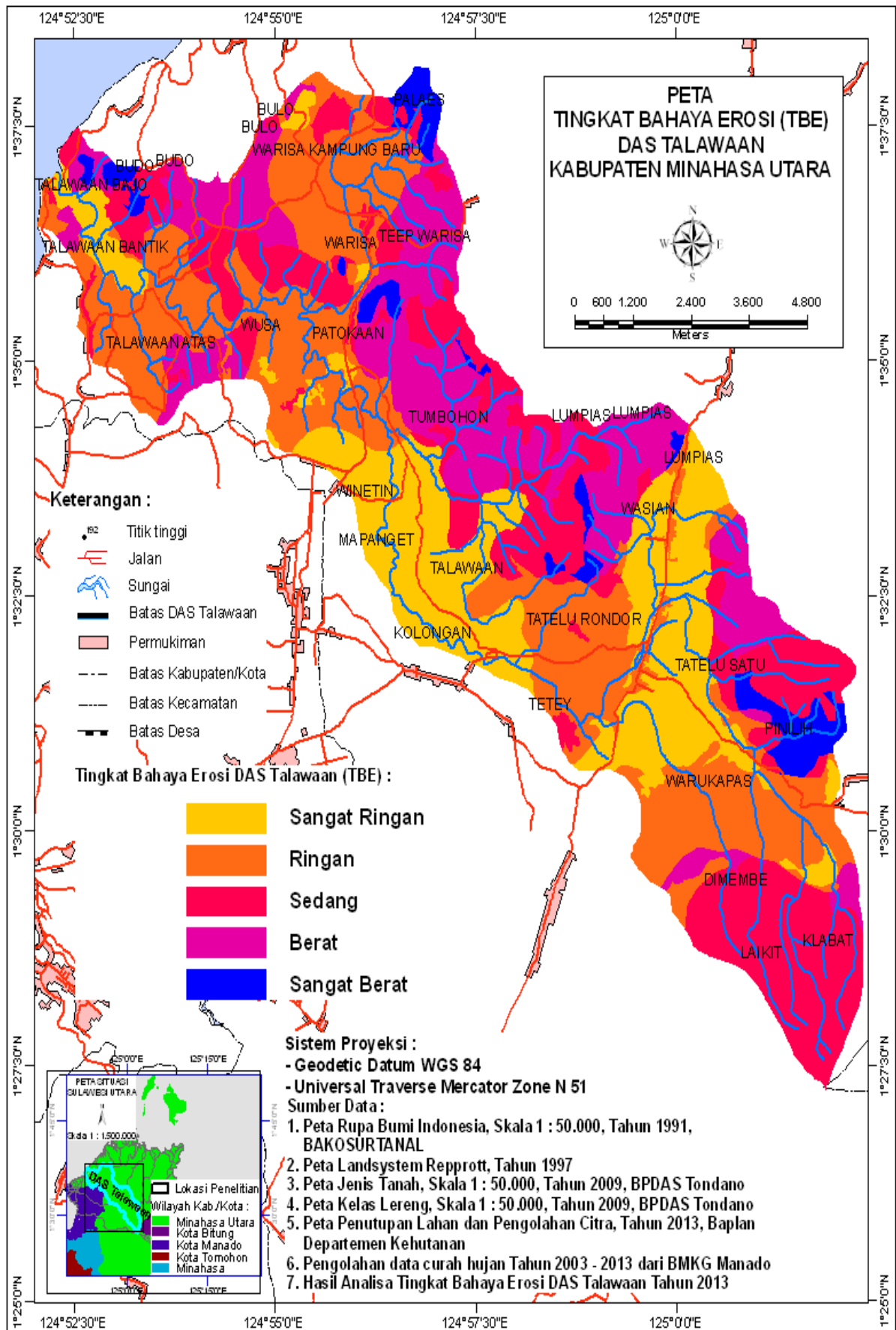
Tabel 5. Rekapitulasi Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi DAS Talawaan

Solum Tanah (cm)	luas (ha) Kelas Bahaya Erosi				
	I	II	III	IV	V
	erosi (ton/ha/tahun)				
	< 15	15-60	60-180	180-480	>480
Dalam >90	2.791,56 SR	2.669,11 R	512,36 S	291,35 B	11,55 SB
Sedang 60-90	1.350,35 R	2.615,50 S	2.230,44 B	482,26 SB	35,07 SB
Dangkal 30-60	-	-	-	-	-
Sangat dangkal <30	-	-	-	-	-

Keterangan: SR=Sangat Ringan, R=Ringan, S=Sedang, B=Berat, SB=Sangat Berat

Hasil overlay peta yang telah dianalisis menghasilkan Peta Tingkat Bahaya Erosi dimana atribut yang sama akan menghasilkan

warna yang sama sesuai dengan Tingkat Bahaya Erosi yaitu Sangat Ringan, Ringan, Sedang, Berat dan Sangat Berat akan dipresentasikan sebagaimana Gambar 2.



Gambar 2. Peta Distribusi TBE DAS Talawaan

Sedangkan data sebaran Tingkat Bahaya Erosi pada DAS Talawaan dapat dilihat sebagai berikut:

a. Sebaran Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan Jenis Tanah

Sebaran Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan Jenis Tanah hasil analisa dan pengolahan dengan SIG disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Sebaran Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan Jenis Tanah

No.	Jenis Tanah	Luas lahan (ha) berdasarkan Kelas Bahaya Erosi				
		I < 15	II 15 - 60	III 60 - 180	IV 180-480	V > 480
1	Aluvial	2.665,38	997,63	32,51	25,87	5,97
2	Latosol	-	1.350,35	2.615,50	2.230,44	517,33
3	Regosol	126,18	1.671,48	479,85	265,48	5,58
	Jumlah	2.791,56	4.019,46	3.127,86	2.521,79	528,88

Berdasarkan jenis tanah menunjukkan sebaran Tingkat Bahaya Erosi yang diperkenankan atau Tingkat Bahaya Erosi Sangat Ringan (SR) terdapat pada jenis tanah Aluvial seluas 2.665,38 ha dan Regosol 126,18 ha sedangkan Tingkat Bahaya Erosi Berat (B) didominasi jenis tanah Latosol seluas 2.230,44 ha kemudian Regosol dengan luas 265,48 ha dan Tingkat Bahaya Erosi Sangat Berat (B) seluas 517,33 ha adalah jenis tanah Latosol.

b. Sebaran Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan Kemiringan Lereng

Sebaran Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan kemiringan lereng hasil analisa dan pengolahan dengan SIG disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Sebaran Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan kemiringan lereng.

No	Klasifikasi Lereng	Luas lahan (ha) berdasarkan Kelas Bahaya Erosi				
		I < 15	II 15 - 60	III 60 - 180	IV 180-480	V > 480
1	(0 - 8%)	2.745,31	3.425,88	635,55	39,63	-
2	(8 - 25%)	46,25	532,28	174,17	196,89	-
3	(15 - 25%)	-	8,68	793,36	501,47	5,58
4	(25 - 40)	-	52,62	907,06	1.772,75	308,75
5	(> 40%)	-	-	617,72	11,05	214,55
	Jumlah	2.791,56	4.019,46	3.127,86	2.521,79	528,88

Berdasarkan kemiringan lereng menunjukkan sebaran Tingkat Bahaya Erosi yang diperkenankan atau Sangat Ringan (SR) terdapat pada kemiringan 0-8% seluas

2.745,31 ha, sedangkan Tingkat Bahaya Erosi Berat (B) didominasi kemiringan lereng 25-40% seluas 1.772,75 ha dan Tingkat Bahaya Erosi Sangat Berat (SB) terdapat pada daerah sangat curam dengan kemiringan lereng >40% seluas 214,55 ha.

c. Sebaran Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan Penutupan Lahan

Sebaran Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan Penutupan Lahan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Sebaran Tingkat Bahaya Erosi berdasarkan Penutupan Lahan

No	Penutupan Lahan	Luas lahan (ha) berdasarkan Kelas Bahaya Erosi				
		I < 15	II 15 - 60	III 60 - 180	IV 180 - 480	V > 480
1	Alang-alang	28,98	-	61,02	-	-
2	Bandara	10,63	-	-	-	-
3	Hutan	-	12,43	1.305,88	-	-
4	Kebun Campuran Mangrove/Bakau	1.588,18	3.708,73	879,56	2.482,16	482,26
5	Bakau	26,90	12,27	-	-	-
6	Permukiman	80,64	110,38	55,65	-	-
7	Sawah/Empang	950,28	12,21	-	-	-
8	Semak/Belukar	105,95	135,05	671,50	-	-
9	Tegalan/Ladang	-	28,39	154,25	39,63	46,62
	Jumlah	2.791,56	4.019,46	3.127,86	2.521,79	528,88

Dari data di atas menunjukkan bahwa Tingkat Bahaya Erosi Berat (B)-Sangat Berat (SB) didominasi kebun campuran dengan luas untuk kategori berat 2.482,16 ha dan sangat berat 482,26 ha kemudian tegalan/ladang kategori berat 39,63 ha serta sangat berat 46,62 ha. Hasil analisa pada penutupan lahan tegalan/ladang dan kebun campuran yang mempunyai Tingkat Bahaya Erosi kategori Berat dan Sangat Berat terletak pada kelerengan yang curam-sangat curam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan:

1. Tingkat Bahaya Erosi pada DAS Talawaan Sangat Ringan 2.791,56 ha (21,49%), Ringan 4.019,46 ha (30,94%), Sedang 3.127,86 ha (24,08%), Berat 2.521,79 ha (19,41%) dan Sangat Berat 528,88 ha (4,07%).
2. DAS Talawaan memiliki laju erosi rata-rata sebesar 60,53 ton/ha/tahun atau termasuk dalam Tingkat Bahaya Erosi Sedang.

Saran:

1. Perlu dilakukan Kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) secara Vegetatif maupun Sipil Teknik terutama pada daerah dengan Tingkat Bahaya Erosi Berat s/d Sangat Berat seperti penanaman pohon atau memanfaatkan sisa-sisa dari tumbuhan sebagai mulsa untuk mengurangi jumlah dan kecepatan aliran permukaan dan pembuatan bangunan dam pengendali, dam penahan, terasering, saluran pembuangan air, sumur resapan dan embung
2. Data Tingkat Bahaya Erosi (TBE) pada DAS Talawaan diharapkan dapat digunakan untuk memperbaiki rencana pengelolaan DAS Talawaan dan pertimbangan dalam menentukan kebijakan Pembangunan Rehabilitasi Hutan dan Lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2010. **Konservasi Tanah dan Air**. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor.
- Asdak, C. 1995. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- BPDAS DAS Tondano, 2003. **Rencana Teknik Lapangan (RTL) RLKT Daerah Aliran Sungai (DAS) Talawaan**. Balai Pengelolaan DAS Tondano. Manado.
- _____, 2009. **Operasional SIMDAS SSOP Pengendalian Banjir dan Tanah Longor SWP DAS Likupang**. Balai Pengelolaan DAS Tondano. Manado.
- BAPLAN-BPKH, 2013. **Penafsiran Citra Satelit Penutupan Lahan Provinsi Sulawesi Utara**. Balai Pemantapan Kawasan Hutan. Manado.
- Dirjen RHL-Dephut. 1998. **Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai**. Departemen Kehutanan RI. Jakarta.
- Dulbahri. 2003. **Pengenalan Sistem Informasi Geografis**, Pelatihan Operator GIS PUSPICS. Jogjakarta.
- Dirjen RLPS. 2009. **Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai**. Kementerian Kehutanan RI. Jakarta.
- Dirjen BPDASPS. 2011. **Petunjuk Teknis Sistem Standar Operasional Prosedur (SSOP) Penanggulangan Banjir dan Tanah Longsor**. Kementerian Kehutanan RI. Jakarta.
- ESRI. 1995. **Understanding GIS with Arc/Info Method**. ESRI, Redlands, USA.
- Hammer, W.I. 1981. **Second Soil Conservation Consultant Report**. AGOF/INS/78/006. Tech. Note No. 10. Centre for Soil Research. Bogor, Indonesia.
- Mawardi, M. 2012. **Rekayasa Konservasi Tanah dan Air**, Jogjakarta.
- Permenhut. P.32. 2009. **Pedoman Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRHL-DAS)**. Kementerian Kehutanan RI. Jakarta.
- Rantung, M. 2013. **Analisis Erosi dan Sedimentasi Lahan di Sub DAS Panasen Kabupaten Minahasa Skripsi**. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Wischmeier, W.H. dan D.D. Smith. 1978. **Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide To Conservation Planning**. USDA. Ag. Handbook No.537, 58.