

## APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENILAIAN TINGKAT KERENTANAN LAHAN TERHADAP DEGRADASI DI DAERAH AIRAN SUNGAI MUSI

Tyas Mutiara Basuki dan Ragil B.W.M. Putro  
Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan DAS  
Email: tmbasuki@yahoo.com

### ABSTRAK

Penilaian kerentanan lahan diperlukan sebagai dasar dalam perencanaan pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Informasi tingkat kerentanan lahan dapat memberikan tingkat kerusakan lahan yang sangat berguna dalam perencanaan pengelolaan DAS. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan penginderaan jauh dalam penilaian kerentanan lahan tidak saja memberikan informasi tingkat kerusakan lahan, namun juga memberikan informasi spasial yang sangat berguna untuk penyelarasan perencanaan pengelolaan DAS dan Rencana Tata Ruang Wilayah. Untuk itu telah dilakukan studi pemanfaatan SIG di DAS Musi, yang wilayahnya meliputi sebagian Propinsi Lampung, Bengkulu, Jambi, dan wilayah terbesar di Propinsi Sumatera Selatan. Untuk menilai tingkat kerentanan lahan terhadap degradasi didasarkan kepada sistem tipologi lahan, yang merupakan interaksi antara penutupan dan sistem lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hampir semua Sub-DAS di DAS Musi mempunyai tingkat kerentanan lahan sedang dengan skor dari 2,61 (Sub DAS Semagus) sampai 3,43 (yang hampir termasuk kategori dengan tingkat kerentanan tinggi) di Sub DAS Musi Hulu. Untuk Sub-DAS Deras dan Baung termasuk kategori agak rentan dengan skor masing-masing 2,32 dan 2,52.

**Kata kunci:** kerentanan, penutupan lahan, sistem lahan

### PENDAHULUAN

Kerentanan DAS mencerminkan mudahnya suatu DAS mengalami degradasi, dan sebaliknya potensi merupakan sifat-sifat sumber daya alam DAS yang dapat dikembangkan (Paimin, *et al.*, 2010). Informasi tingkat kerentanan lahan dalam perencanaan DAS diperlukan agar perencanaan lebih fokus memprioritaskan perbaikan areal-areal yang mempunyai tingkat kerusakan lahan yang berat. Disamping itu, lahan dalam suatu sistem DAS merupakan suatu prosesor yang merupakan faktor penting dalam siklus hidrologi. Dalam sistem DAS, input alamiah seperti curah hujan maupun input yang bersifat pengelolaan seperti pengolahan dan penggunaan lahan serta pemberian pupuk untuk budidaya tanaman diproses dalam lahan yang hasilnya akan dikeluarkan dari "outlet" DAS berupa debit dengan berbagai kualitas air termasuk sedimen.

Untuk mengetahui penyebaran serta kondisi lahan dibutuhkan informasi spasial yang dapat diperoleh dengan teknik penginderaan jauh yang sudah diketahui dapat memberikan data pada areal yang sama secara kontinyu dan berulang, meliputi areal yang luas dan bersifat obyektif (Foody *et al.*, 2003; Rosenqvist *et al.*, 2003; Croft *et al.*, 2012). Dengan pemanfaatan SIG, batas wilayah DAS dapat diakomodir dalam perencanaan Rencana Tata Ruang Wilayah. Dalam perencanaan pengelolaan DAS, karakterisasi kondisi biofisik tergantung kepada wilayah yang tercakup dalam suatu DAS. Dalam hal ini dibedakan Sub-DAS atau DAS yang wilayahnya meliputi suatu Kabupaten yang dominan, lintas Kabupaten, atau lintas Propinsi. Sub-DAS yang wilayahnya sebagian besar termasuk kedalam satu Kabupaten disebut Sub-DAS Kabupaten dominan maka karakterisasi biofisik untuk evaluasi kerentanan lahan akan lebih detail daripada penilaian yang digunakan untuk karakterisasi tingkat lintas Kabupaten atau Propinsi (Paimin *et al.*, 2012).

Penilaian tingkat kerentanan pada tingkat Sub-DAS Kabupaten dominan didasarkan kepada beberapa karakter lahan seperti kedalaman tanah, kemiringan lereng, adanya singkapan batuan, morfo-erosi, erodibilitas tanah, penutupan lahan, serta praktek konservasi tanah (Paimin *et al.*, 2010). Sebagian besar data yang diperlukan untuk penentuan tingkat kerentanan lahan pada tingkat Sub-DAS Kabupaten dominan dapat diakses dengan teknologi penginderaan jauh. Data tersebut meliputi lereng (Vrierling *et al.*, 2006; Paul *et al.*, 2004), singkapan batuan Ojigi (2006), morfo-erosi (Ndomba *et al.*, 2009 dan Tarivinga, 2006), penutupan lahan (Lu *et al.*, 2003; Yuan *et al.*, 2005).

Untuk Sub-DAS lintas Kabupaten dan DAS lintas Propinsi penentuan tingkat kerentanan lahan ditentukan oleh penutupan lahan dan sistemlahan (Paimin *et al.*, 2012). Penutupan lahan bisa diakses dari data penginderaan jauh dan sistem lahan bisa diperoleh dari peta sistem lahan yang memberikan informasi tentang bentuk lahan, kelas lereng, jenis tanah maupun curah hujan. Dalam penelitian ini dipilih DAS Musi yang merupakan DAS lintas propinsi yang penutupan lahannya sudah banyak berubah dari hutan alam menjadi hutan tanaman, perkebunan sawit, karet maupun penggunaan lainnya. Selain itu wilayah DAS Musi juga sering mengalami banjir. Berdasarkan kondisi tersebut, studi ini ditujukan untuk memperoleh distribusi spasial dan tingkat kerentanan lahan terhadap degradasi lahan terutama erosi di DAS Musi.

### METODE PENELITIAN

#### Deskripsi lokasi penelitian

Studi dilakukan di DAS Musi yang mencakup luasan sekitar 5.348.641 ha, yang sebagian besar wilayahnya terletak di Provinsi Sumatera Selatan (95%) dan 5% lainnya menyebar di Propinsi Bengkulu, Jambi, dan Lampung. DAS Musi terdiri dari 14 Sub-DAS yang secara administrasi termasuk kedalam 21 Kabupaten dan Kota. Perincian luas masing-masing propinsi dan Kabupaten serta luas masing-masing Sub-DAS disajikan dalam Tabel 1 dan penyebaran secara spasial dapat dilihat pada Gambar 1.

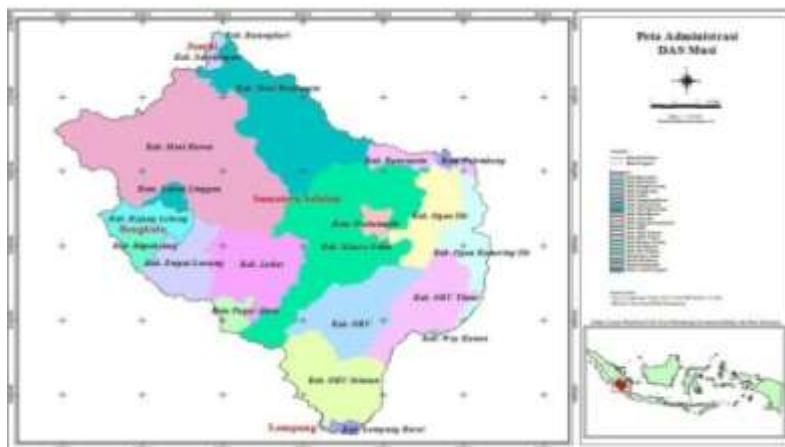
#### Tahapan kegiatan

- Deliniasi wilayah DAS dan Sub-DAS serta kaitannya dengan wilayah administrasi (wilayah Propinsi dan Kabupaten) berdasarkan peta RBI, sehingga teridentifikasi hubungan perwilayahan alami DAS/Sub-DAS dengan wilayah administrasi.
- Identifikasi karakter/parameter biofisik seperti lereng, penutupan lahan di dalam masing-masing Sub-DAS yang telah deliniasi.
- Data hujan diperoleh dari data sekunder dengan sumber data dari BPDAS Musi, PSDA Provinsi Sumatera Selatan, Dinas Pertanian Provinsi Sumatera Selatan dan Jambi, serta stasiun hujan yang dijumpai saat pengamatan lapangan.
- Sistem lahan dan tanah didekati dari peta RePPPProT dengan dikoreksi melalui pengamatan lapangan.

- e. Data penutupan lahan diperoleh dari peta RBI yang dikoreksi dengan pengamatan lapangan serta disinkronisasikan dengan peta penutupan lahan yang berasal dari Landsat 5 TM yang diklasifikasikan oleh Balai Pengelolaan DAS Musi.

Tabel 1. Luas Sub DAS dalam setiap Kabupaten di DAS Musi

Provinsi	Kabupaten/Kota	Sub DAS													Luas Sub DAS per Kab/kota	Luas Sub DAS per Prop.	
		Batang Pelandas	Batanghari eko	Boang	Dezas	Kejang	Kikim	Komeriang	Lakitan	Lematang	Medak	Musi Hulu	Ogan	Rawas			Semarang
Bengkulu	Kepahyang					511					65.274					65.785	210.296
	Rejang Lebong					94.306			377						57.829	192.511	
Jambi	Selanghari		4.425												4.425	82.603	
	Sarolangun		28.177												28.177		28.177
Lampung	Lampung Barat							24.115							24.115	28.504	
	Way Kanan							2.451							2.451		2.451
Sumatera Selatan	Banyuwasin	59.808	117					10.947		7.805			2.356		81.032	5.075.178	
	Empat Lawang			5.310		19.150	10.831					194.417			227.689		
	Lahat						158.952			180.117		21.510		30.935	380.521		
	Muara Enim	600							231	583.914	7.133		262.632	1.093	853.602		
	Musi Banyuwasin	9.424	361.108		73.083						13.869	144.884		21.600	1.822		625.788
	Musi Rawas		8.835	65.705	15.514	40.515	1.556		274.460	5.879	729	7.515		545.234	237.995		1.217.366
	Ogan Ilir	7.208							11				234.596		234.596		
	Ogan Komering Ilir								171.873				27.748		199.620		
	OKU							15.613		2.768			350.426		368.817		
	OKU Selatan							379.388		98			5.719		385.204		
	OKU Timur							309.893					35.405		325.298		
	Kota Pagar Alam									61.896			818		62.513		
	Kota Palembang	12.356							847				6.592		19.795		
	Kota Prabumulih									14.354			33.578		45.710		
	Kota Lubuk Linggau						18.038			23.309					41.347		
	Jumlah	84.435	400.461	69.034	86.597	172.526	151.326	915.176	298.176	877.281	132.745	945.164	936.848	346.834	271.945	5.948.641	



Gambar 1. Peta wilayah administrasi DAS Musi

**Analisis data**

Data penutupan lahan dan sistem lahan yang sudah dikoreksi dengan hasil pengamatan lapangan ditumpang susunkan ("overlay"). Berdasarkan hasil tumpang susun, setiap Sub-DAS diberi penilaian berdasarkan kondisi aktual tutupan lahan dan sistem lahan seperti yang disajikan dalam Tabel 2 (Paimin et al., 2012). Tingkat kerentanan lahan terhadap degradasi diklasifikasikan sebagai berikut: (1) Sangat Tinggi/Sangat Rentan/Sangat terdegradasi (nilai >4,3), (2) Tinggi/ Rentan/ Terdegradasi (3,5 – 4,3), (3) Sedang/Agak Rentan/Agak terdegradasi (2,6 – 3,4), (4) Rendah/ Sedikit Rentan/Sedikit terdegradasi (1,7 - 2,5), dan (5) Sangat Rendah/Tidak Rentan/Tidak terdegradasi (< 1,7).

Tabel 2. Skala kerentanan/sensitivitas lahan terhadap degradasi (erosi)

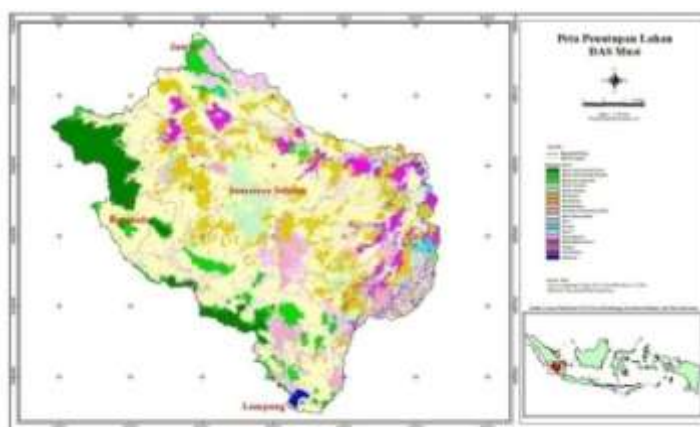
Bentuk/Sistem Lahan*	Penutupan Lahan*					
	Air Payau, Tawar, Gedung (1)	Hutan lindung, Hutan Konserv (1)	Hut Prod/ Perkebunan (2)	Sawah, Rumput, Semak/ Belukar (3)	Pemukiman (4)	Tegal, Tanah berbatu (5)
Rawa-rawa, Pantai (1)	1	1	1	1	1	1
Dataran Aluvial, Lembah alluvial (2)	1	1,5	1,5	2	2	2,5
Dataran (3)	1	2	2,5	3	3,5	4
Kipas dan Lahar, Teras-teras (4)	1	2,5	3	3,5	4	4,5
Pegunungan &Perbukitan (5)	1	3	3,5	4	4,5	5

Keterangan: \*Angka dalam kurung merupakan nilai/skor dari parameter yang bersangkutan

Sumber:Paimin et al. (2012)

Penutupan lahan di DAS Musi terdiri dari hutan di daerah hulu, perkebunan dan pertanian lahan kering di daerah tengah dan semak belukar rawa di daerah hilir. Penutupan lahan sawah terletak di Sub DAS Komeriang. Pertanian lahan kering merupakan jenis penutupan lahan yang dominan dan menempati 48% dari luasan DAS Musi. Hutan primer dan sekunder hanya menempati luasan 7% dan 5% dari DAS, sedangkan perkebunan dan semak belukar masing-masing seluas 12 dan 8%. Luas hutan tersebut hanya menempati porsi yang kecil dari luas yang telah ditetapkan oleh pemerintah yakni 30% dari luas DAS. Oleh karena itu, hutan yang

tersisa harus tetap dipertahankan dan disertai kegiatan reboisasi dan rehabilitasi terutama pada areal yang berbukit dan bergunung seperti di Sub-DAS Musi Hulu dan Kelingi yang termasuk ke dalam wilayah administrasi Propinsi Bengkulu. Kegiatan konversi lahan untuk peruntukan lain juga harus dicegah. Sebaran penutupan lahan dapat dilihat dalam Gambar 2 dan secara rinci disajikan dalam Tabel 3.



Gambar 2. Peta Penutup Lahan DAS Musi

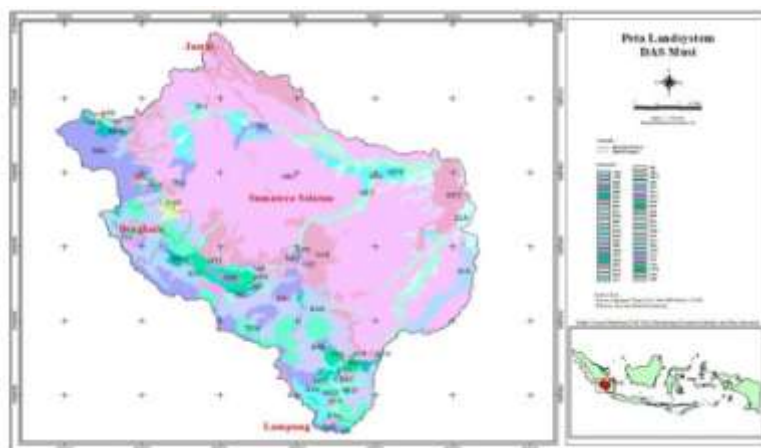
Tabel 3. Luas Penutupan Lahan di Tiap-tiap Sub DAS di DAS Musi

No	Sub DAS	Luas Penutupan Lahan																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Batang Peledas					5.31	15.94	7.17			45.85					3.54	10		3.35	
2	Batangharil eko	57.7			5.44	4.65	27.84	3.14	1.41		178.8		4.63		104.5	5.83		3.38	400.46	
3	Baung							33.11	1.85		32.19								475	69.014
4	Deras				3.92	1.24	17.60	1.97			51.16	1.1				1.77			859	86.597
5	Kelingi	15.02	7.98							4.62										172.52
6	Kikim		25.8				23.71	2.89			89.20								668	151.32
7	Komerling	10.82	45.4	1.4	10.2	3.13	103.1	16.1		121.9	272.0	4.8	22.4	125.2	64.62	61.5	84	31.7	19.7	915.37
8	Lakitan	66.85					56.15	11.4			120.6			18.48		5.77			1.12	298.17
9	Lematang	50.35	27.5	3.4	44.3	11.1	97.30	20.1	20.8	47.83	416.4			19.15	87.42	25.9			4.74	877.28
10	Medak			7.1			12.81	2.79			110.2					13.5			1.09	152.74
11	Musi Hulu	32.80	26.8						4.82		10.90	247.1		12.40					1.08	345.16
12	Ogan	5.770	97	711	37	8.91	128.9	24.4	5.21	20.39	493.7	6.6	8.07		95.96	62.9		5.61	936.84	
13	Rawas	166.4	15.0			1.92	59.10	2.64			274.7	1.6		16.18	44.2			3.08	586.83	
14	Semangus	84	11			2	3	6			52	28	147	1.600	3	68		9	4	
15					78.1	3.14	32.93	4.84			125.4				15.45				1.54	271.84
16					39	3	3	4	419	9.746	43			178	8			1	5	
		<b>Jumlah Total Luas DAS</b>																		
		<b>5.348.641</b>																		

Keterangan: 1= Hutan Lahan Kering Primer; 2= Hutan Lahan Kering Sekunder; 3= Hutan RawaSekunder; 4= Hutan Tanaman; 5= Lahan Terbuka; 6= Perkebunan; 7= Pemukiman; 8= Pertambangan; 9= Pertanian Lahan Kering; 10= Pertanian Lahan Kering dan Semak; 11= Rawa; 12= Savana; 13= Sawah; 14= Semak Belukar; 15= Semak Belukar Rawa; 16= Tambak; 17= Transmigrasi; 18= Tubuh Air

### Sistem lahan

Sistem lahan di DAS Musi relatif lengkap, mulai rawa-rawa dan jalur kelokan, lembah dan dataran aluvial, kipas dan lahar serta teras-teras, dan perbukitan hingga pegunungan. Namun demikian, yang dominan adalah dataran sedimen yang berombak sampai bergelombang. Bahan induk dataran sedimen tersebut berupa shale, batu lanau, dan aluvium yang menempati 63% dari luas DAS Musi. Kemiringan lereng berkisar 9-15 % dengan curah hujan rata-rata 1500 – 4100 mm/th. Pegunungan dengan kemiringan 41 – 60% dijumpai di daerah hulu yang terbentuk dari batuan vulkanik. Gambar 3 menunjukkan sistem lahan yang terbentang di DAS Musi dan luasannya secara detil dapat dilihat dalam Tabel 4.



Gambar 3. Sistem lahan yang terbentang di DAS Musi

Talamau (TLU). Sistem Lahan Pegunungan berupa Pegunungan Bukit Pandan (BPD), Batu Ajan (BTA), Gunung Gadang (GGD), Pandreh (PDH), Tambara (TBA), Tanggamus (TGM), dan Telawi (TWI). Sistem Lahan Perbukitan terdiri dari Perbukitan Air Hitam Kanan (AHK), Bukit Baringin (BBR), Bukit Masung (BMS), Gunung Samang (GSM), Kalung (KLG), Maput (MPT), Mantalat (MTL), dan Ulubandar (UBD). Sistem Lahan Rawa-Rawa terdiri dari Rawa-Rawa Beliti (BLI), Gambut (GBT), Klaru (KLR), dan Mendawai (MDW), sedangkan sistem lahan Teras-Teras berupa Teras-Teras Sungai Mimpi (SMI) dan Sungai Manau (SMN).

Tabel 4. Luas sistem lahan setiap Sub DAS di DAS Musi

No	Sub DAS	Sistem Lahan								Jumlah	
		Rawa-rawa	Jalur Kelo-kan	Datar-an aluvial	Lembaha luvial	Dataran	Teras-terras	Kipas Dan Lahar	Perbu-kitan		Pegu-nyungan
1	Batang Peledas	3.267	20.396	152		60.641					84.455
2	Batangharileko	4.443	39.806	824		354.980			408		400.461
3	Baung				23	68.992					69.014
4	Deras	11.933	213	17.805		56.610			36		86.597
5	Kelingi					113.771		4.197	29.538	25.014	172.520
6	Kikim				1.498	87.492		210	21.682	40.444	151.326
7	Komering	56.978	51.608	119.961	4.380	459.163	5.931	7.775	82.467	127.113	915.377
8	Lakitan	16.116		21.026		180.427			13.050	67.556	298.175
9	Lematang	51.956	54.319	263	9.490	526.679	6.094	8.709	80.557	139.214	877.281
10	Medak	11.828	11.024			129.892					152.745
11	Musi Hulu	319			4.192	73.140		60.856	55.326	151.330	345.164
12	Ogan	60.242	27.115	85.138	5.250	665.643	241		40.334	52.885	936.848
13	Rawas	51.212	24.015	388	6.167	304.409			47.286	153.356	586.834
14	Semangus			2.175	20	269.226			424		271.845
<b>Jumlah</b>											<b>5.348.641</b>

#### Kerentanan lahan

Interaksi sistem lahan dan penutupan lahan menghasilkan tingkat kerentanan lahan potensial terhadap erosi. Berdasarkan hasil analisis kerentanan lahan DAS Musi, maka yang paling rentan terhadap lahan adalah Sub-DAS Musi Hulu dengan skor kerentanan 3,43 diikuti Sub-DAS Kelingi dengan skor 3,13 dan Sub-DAS Kikim dengan skor 3,05. Sub-DAS lainnya mempunyai skor kerentanan lahan dibawah 3, seperti Sub-DAS Deras hanya mempunyai skor kerentanan lahan 2,32.

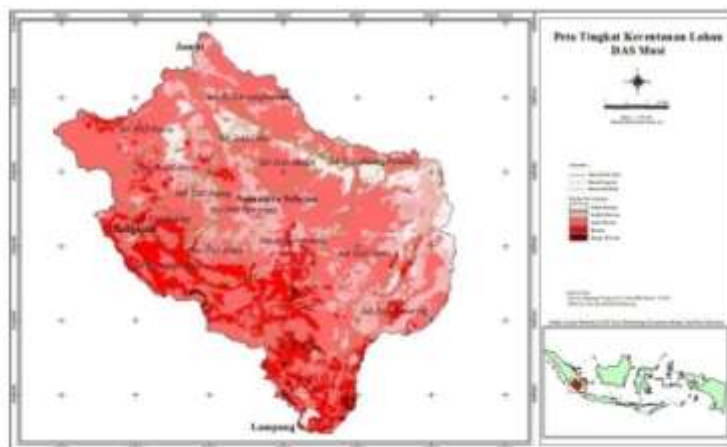
Tingkat kerentanan yang termasuk kategori tingkat tinggi terluas dijumpai di Sub-DAS Musi Hulu dan Kelingi, dimana lahannya mempunyai lereng-lereng yang curam. Kedua Sub-DAS tersebut termasuk dalam wilayah Propinsi Bengkulu. Luas wilayah DAS Musi yang masuk Propinsi Bengkulu hanya 4% dari luas DAS yang meliputi 5.348.641 ha. Akan tetapi, perbukitan dan pegunungan di Propinsi Bengkulu menempati 27 dan 32 % dari areal berbukit (371.108 ha) dan begunung (756912,0 ha) yang ada di DAS Musi. Oleh karena itu peran Pemda Propinsi Bengkulu cukup strategis dalam pengelolaan DAS Musi, terutama upaya konservasi bagian hulu untuk pencegahan banjir yang terjadi di bagian hilir. Tingkat kerentanan lahan terhadap degradasi yang tergolong tinggi juga dijumpai di Sub-DAS Lematang dan Komering yang masing-masing termasuk ke dalam wilayah administrasi Propinsi Sumatera Selatan dan Lampung. Luasan dan tingkat kerentanan lahan setiap Sub DAS disajikan dalam Tabel 5 dan sebarannya dapat dilihat dalam Gambar 4.

Tabel 5. Luas dan tingkat kerentanan lahan terhadap degradasi pada setiap Sub DAS di DAS Musi

No	Sub DAS	Luas Kerentanan Lahan					Jumlah	Skor
		1	2	3	4	5		
1	Batang Peledas	3.806	22.801	57.313	535		84.455	<b>2,65</b>
2	Batangharileko	6.648	102.034	290.779	999		400.461	<b>2,71</b>
3	Baung		33.609	35.136	269		69.014	2,52
<i>Lanjutan Tabel 5.</i>		16.641	25.925	44.025	6		86.597	2,32
		1.167	9.930	126.348	34.836	238	172.520	<b>3,13</b>
6	Kikim	1.844	25.628	86.732	36.882	241	151.326	<b>3,05</b>
7	Komering	90.386	235.579	338.551	222.142	28719	915.377	<b>2,85</b>

8	Lakitan	18.335	77.355	175.967	26.518		298.175	<b>2,71</b>
9	Lematang	52.982	154.945	488.064	174.753	6536	877.281	<b>2,92</b>
10	Medak	12.796	25.686	114.119	144		152.745	<b>2,67</b>
11	Musi Hulu	2.162	13.136	170.189	152.873	6804	345.164	<b>3,43</b>
12	Ogan	83.554	243.441	545.910	60.908	3035	936.848	<b>2,63</b>
13	Rawas	52.351	76.618	430.996	26.868		586.834	<b>2,74</b>
14	Semangus	1.454	113.505	146.993	9.893		271.845	<b>2,61</b>
	DAS Musi	344.126	1.160.192	3.051.122	747.626	45573	5.348.641	<b>2,81</b>

Keterangan: (1) Sangat Tinggi/Sangat Rentan/Sangat terdegradasi (nilai >4,3), (2) Tinggi/ Rentan/ Terdegradasi (3,5 – 4,3), (3) Sedang/Agak Rentan/Agak terdegradasi (2,6 – 3,4), (4) Rendah/ Sedikit Rentan/Sedikit terdegradasi (1,7 - 2,5), dan (5) Sangat Rendah/Tidak Rentan/Tidak terdegradasi (< 1,7).



Gambar 5. Distribusi spasial tingkat kerentanan lahan terhadap degradasi di DAS Musi

#### KESIMPULAN

1. Dengan pemanfaatan SIG, teridentifikasi hubungan perwilayahan alami DAS/Sub-DAS dengan wilayah administrasi.
2. Mengingat hutan primer dan sekunder hanya menempati luasan 7% dan 5% dari DAS Musi, maka kegiatan reboisasi maupun rehabilitasi lahan di wilayah DAS Musi terutama di bagian hulu perlu ditingkatkan. Hal ini juga mengingat di bagian hulu DAS mempunyai tingkat kerentanan lahan terhadap degradasi yang tergolong tinggi sebagai akibat wilayahnya yang berbukit dan bergunung dengan vegetasi penutup yang tidak bagus. Selain itu konversi hutan untuk penggunaan lain harus dicegah.
3. Walaupun luas wilayah DAS Musi yang masuk Propinsi Bengkulu hanya 4% dari 5.348.641 ha, namun wilayah tersebut menjadi sangat penting untuk pengendalian banjir di bagian hilir karena bagian hulu mempunyai topografi yang berbukit dan bergunung yang seharusnya mempunyai tutupan vegetasi permanen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Croft, H., Kuhn, N.J., Anderson, K., 2012. On the use of remote sensing techniques for monitoring spatio-temporal soil organic carbon dynamics in agricultural systems. *Catena* 94: 64 – 74.
- Foody, G.M., D.S. Boyd, and M.E.J. Cutler. 2003. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between region. *Remote Sensing of Environment*, 85: 463-474.
- Lu, D., E. Moran, and M. Batistella. 2003. Linear mixture model applied to Amazonian vegetation classification. *Remote Sensing of Environment* 87: 456-469.
- Ndomba, P.M., Mtalo, F., Killingveit, A. 2009. Estimating gully erosion contribution to large catchment sediment yield rate in Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth* 34: 741 – 748.
- Ojigi, L.M., 2006. Analysis of spatial variations of Abuja Land use and land cover from image classification algorithms. ISPRS Commission VII Mid-Term Symposium, 8 – 11<sup>th</sup> May 2006. Enschede, The Netherlands.
- Olthof, I. and R.H. Fraser. 2007. Mapping northern land cover fractions using Landsat ETM+. *Remote Sensing of Environment* 107: 496 – 509.
- Paimin, Sukresno, dan Purwanto. 2010. Sidik Cepat Degradasi Sub DAS. Edisi kedua. Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Paimin, I.B. Pramono, Purwanto, dan D.R. Indrawati. 2012. Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Puslitbang Konservasi dan Rehabilitasi. Badan Litbang Kehutanan. Kementerian Kehutanan
- Rosenqvist, Å., A. Milne, R. Lucas, M. Imhoff, and C. Dobson. 2003. A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol. *Environmental Science & Policy* 6: 441-455.
- Taruvinga, K., 2006. Gully mapping using remote sensing: Case study in KwaZulu-Natal, South Africa. MSc thesis. Univ. Waterloo, Canada.
- Vrieling, A., 2006. Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review. *Catena* 65: 2 – 18.
- Yuan, F., K.E. Sawaya, B.C. Loeffelholz, and M.E. Bauer. 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 98: 317 – 328.