

## **TIPOLOGI LAHAN DALAM RESTORASI DAS SEBAGAI PENDEKATAN KOMPREHENSIF RESTORASI SUNGAI STUDI KASUS DI DAS SERANG**

**Pamungkas Buana Putra & Irfan Budi Pramono**

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS; Surakarta

E-mail: [pamungkas\\_buanaputra@yahoo.co.id](mailto:pamungkas_buanaputra@yahoo.co.id)

### **ABSTRAK**

Restorasi sungai tidak dapat dipisahkan dari restorasi DAS secara komprehensif dikarenakan kondisi hidrologi suatu sungai merupakan cerminan kondisi DAS. Tujuan penelitian ini adalah melakukan studi dalam upaya merestorasi sungai Serang melalui pendekatan restorasi DAS Serang dalam aspek lahan. Upaya pemulihan sungai dan DAS Serang penting dilakukan karena peran strategis dalam menyangga kehidupan masyarakat di Jawa Tengah bagian tengah dimana mencakup wilayah seluas 401.223 Ha meliputi 10 kabupaten. Formula tipologi DAS dari aspek lahan dapat digunakan untuk mendukung pekerjaan restorasi sungai yaitu sebagai metode dalam melakukan identifikasi lahan rusak sebagai sumber-sumber erosi. Hasil analisis tipologi lahan menunjukkan bahwa secara umum kondisi DAS Serang tidak mengkhawatirkan karena berada pada kategori rendah-sedang. Namun demikian secara fakta kondisi sungai di DAS Serang pada kondisi mengkhawatirkan. Hal ini berarti perlu diperhatikan dalam memahami peta tipologi lahan tidak hanya sebatas kuantifikasi kerentanan lahan tetapi sebarannya juga. Dimana Daerah *upland* pada sub DAS Lusi Hulu ternyata berpotensi dalam menyumbang erosi. Demikian juga untuk daerah *upland* lainnya seperti pada sub DAS Serang Hulu Atas. Selain itu erosi tebing sungai maupun lahan yang berbatasan dengan tubuh sungai perlu diperhatikan karena bisa juga sebagai penyumbang material sedimentasi. Terlihat bahwa di sub DAS Lusi Bawah banyak terdapat lahan dengan tutupan lahan kering dan sawah yang langsung bersinggungan dengan tubuh sungai. Pemulihan kondisi DAS Serang harus dilakukan melalui perbaikan tutupan lahan sesuai dengan fungsinya bersamaan dengan pembuatan bangunan konservasi tanah dan air. Melalui perbaikan kondisi lahan DAS yang rusak diharapkan berperan terhadap upaya pemulihan Sungai Serang.

Kata Kunci: restorasi sungai, restorasi DAS, tipologi DAS, kerusakan lahan, konservasi tanah dan air.

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Sungai dan DAS adalah satu kesatuan yang utuh, dimana menurut Asdak (2002) sungai merupakan suatu sistem pengatusan dari DAS yang bersangkutan. Sungai mempunyai keterikatan yang erat dengan DAS. Besar kecilnya sungai tergantung dengan luas DAS yang bersangkutan (Heinrich dan Hergt, 1999 dalam Maryono 2005).

Kondisi sungai berhubungan dengan kondisi DAS. Karakteristik hidrologi sungai yang berupa karakteristik aliran (kualitas dan kuantitas air) dan karakteristik material (sedimen, nutrisi dan bahan organik) merupakan luaran atas tanggapan dari suatu unit prosesor yang disebut DAS (Beschta, 1997; Asdak, 2002; Maryono, 2003; Paimin et al, 2006 dalam Putra & Paimin, 2012).

Erosi dan polusi yang terjadi di lahan akan terbawa oleh air larian permukaan masuk ke dalam tubuh sungai yang berdampak terhadap penumpukan sedimentasi dan polutan di sungai (Auliyani & Wijaya, 2017). Sedimen tersuspensi dalam aliran sungai berhubungan

erat dengan lahan terbuka dalam DAS. Semakin luas lahan yang terbuka maka aliran tanah tersuspensi dari proses erosi yang masuk ke tubuh sungai semakin meningkat demikian juga sebaliknya (Maryono, 2003).

Karakteristik dan permasalahan dalam pengelolaan lahan menjadi sangat penting diketahui dalam kerangka pengelolaan DAS untuk upaya restorasi sungai. Pendekatan tipologi lahan yang dikembangkan oleh (Paimin, Pramono, Purwanto, & Indrawati, 2012) dapat digunakan untuk menilai kerentanan lahan oleh erosi dalam skala DAS.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi dalam upaya merestorasi sungai Serang melalui pendekatan restorasi DAS Serang dalam aspek lahan. Hal ini sebagai upaya penanganan restorasi sungai secara komprehensif dengan mengetahui kondisi dan permasalahan DAS secara menyeluruh.

## **METODE**

### *a. Lokasi*

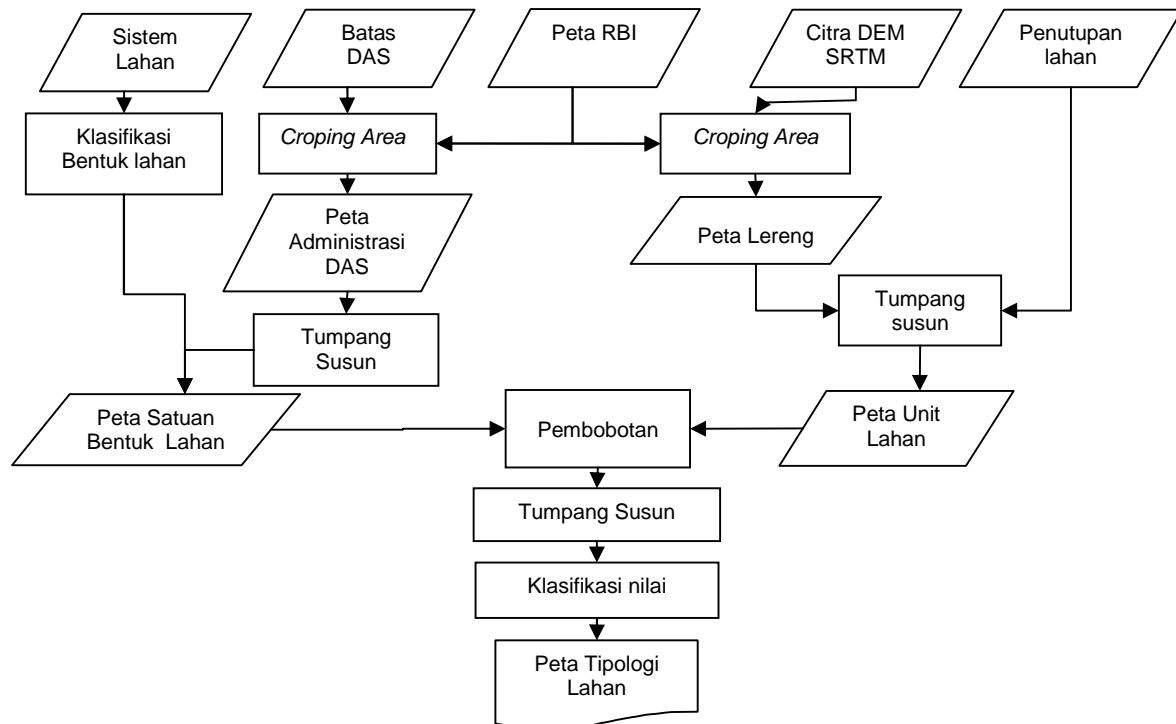
Lokasi penelitian dilaksanakan di DAS Serang. DAS Serang dipilih sebagai lokasi penelitian ini dikarenakan peran strategis DAS Serang dalam menyangga kehidupan masyarakat di Jawa Tengah bagian tengah. Wilayah DAS Serang meliputi 10 (sepuluh) kabupaten, yaitu: Blora, Rembang, Grobogan, Sragen, Semarang, Boyolali, Pati, Demak, Kudus dan Jepara (Putra & Pramono, 2013). DAS Serang terdiri dari 2 (dua) sistem sungai yaitu Serang dan Lusi. Kedua sistem aliran sungai ini bertemu dan ditampung dalam Bendung Klambu yang kemudian bermuara ke laut utara Jawa yang dialirkan melalui Sungai Wulan dan juga sudetan dengan aliran melalui Sungai Juana (Pradana, Nugroho, Suharyanto, & Kurniani, 2015; Kanza, Ahmada, Darsono, & Atmodjo, 2017; Marhendi, Wardhana, Nurhadi, & Bramanti, 2017).

### *b. Bahan dan Alat*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) tahun 2006; 2) peta *Regional Physical Planning Programme for Transmigration* (RePPPProT) tahun 1987 skala 1:250.000; 3) peta topografi; 4) Citra Digital Elevation Model (DEM) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM); 5) peta penutupan lahan tahun 2011. Beberapa peralatan yang digunakan adalah perangkat *Geographic Information System* (GIS) dengan software Arc GIS 9.3, GPS dan alat survey lapangan.

### *c. Pengumpulan dan Analisis Data*

Penelitian ini bersifat deskriptif dengan melakukan analisis data primer dan data sekunder. Analisis data menggunakan pendekatan Formula Tipologi Lahan yang dikembangkan oleh Paimin et al. (2012) dengan diagram alir penelitian tersaji pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir analisis tipologi lahan  
 Sumber: Paimin et al. (2012)

Data sistem lahan DAS Serang diperoleh dari peta RePPProT tahun 1987 skala 1:250.000. Data sistem lahan tersebut memuat parameter bentuk lahan (*landform*) yang diperlukan untuk menyusun peta satuan bentuk lahan DAS Serang. Masing-masing bentuk lahan diklasifikasi dan diberi nilai sesuai dengan Tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi dan pembobotan bentuk lahan

No	Klasifikasi bentuk lahan	Nilai
1	Rawa-rawa, pantai, jalur kelokan	1
2.	dataran aluvial, lembah aluvial	2
3.	Dataran	3
4.	Kipas dan lahar, teras-teras	4
5.	Pegunungan dan perbukitan	5

Sumber: Paimin et al. (2012)

Penutupan lahan diperoleh dari pengolahan data peta Citra Landsat 2008. Parameter penutupan lahan selanjutnya diklasifikasi ke dalam 6 kelompok bentuk penutup lahan dan diberi nilai (Tabel 2).

**Tabel 2.** Klasifikasi dan pembobotan penutupan lahan.

No	Klasifikasi penutupan lahan	Nilai
1.	Air payau, air tawar dan gedung	1
2.	Hutan lindung, hutan konservasi	1
3.	Hutan produksi, perkebunan	2
4.	Sawah, rumput, semak/belukar	3
5.	Pemukiman	4
6.	Tegal, tanah berbatu	5

Sumber: Paimin et al. (2012)

Selanjutnya, menggunakan formula kerentanan lahan untuk menyusun tipologi kerentanan lahan (Tabel 3). Formula ini merupakan interaksi dari pembobotan parameter bentuk lahan

dengan pembobotan parameter penutupan lahan. Nilai hasil perhitungan kerentanan lahan diklasifikasi untuk mengetahui tipologi kerentanan lahan (Tabel 4).

**Tabel 3. Formula kerentanan lahan.**

Bentuk/Sistem Lahan*	Penutupan Lahan*					
	Air Payau, Tawar, Gedung (1)	Hutan lindung, Hutan Konserv (1)	Hut Prod/ Perkebunan (2)	Sawah, Rumput, Semak/ Belukar (3)	Pemuk- kiman (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

\*= nilai dari hasil klasifikasi tiap kelompok parameter.

Sumber: Paimin *et al.* (2012)

**Tabel 4. Klasifikasi tipologi kerentanan lahan.**

Nilai	Tingkat Kerentanan/Degradasi
> 4,3	Sangat tinggi
3,5 - 4,3	Tinggi
2,6 - 3,4	Sedang
1,7 - 2,5	Rendah
< 1,7	Sangat rendah

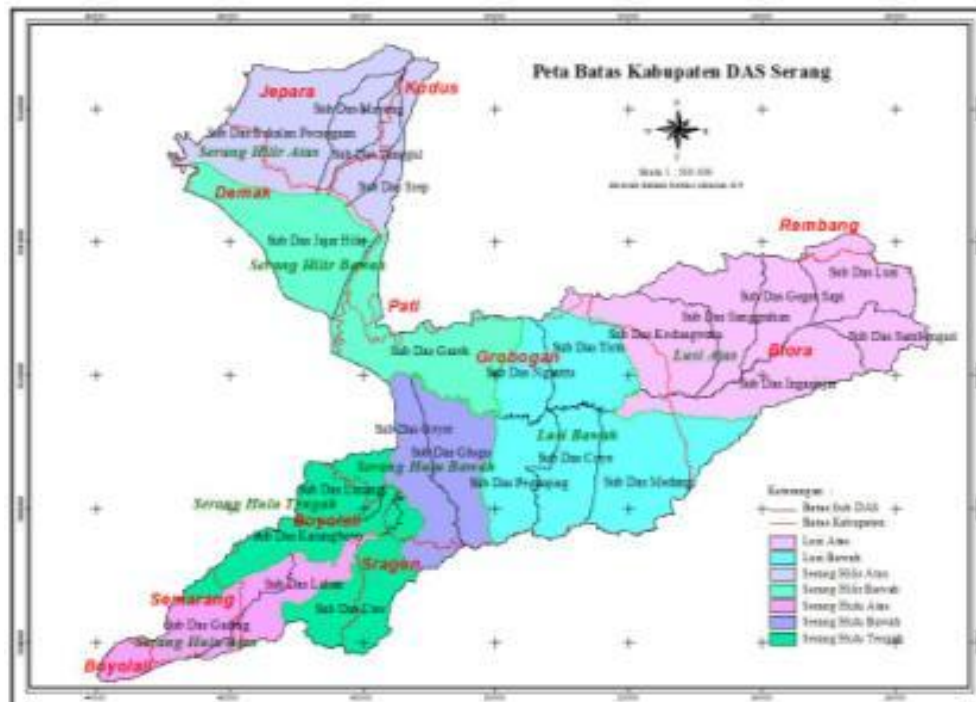
Sumber: Paimin *et al.* (2012)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Wilayah DAS Serang

Wilayah DAS Serang terdiri dari 2 sistem wilayah sungai yaitu Sungai Lusi dan Sungai Serang (Pradana *et al.*, 2015) (Kanza *et al.*, 2017) (Marhendi *et al.*, 2017). DAS Serang meliputi luas 401.235 ha dimana berdasarkan pada hasil deliniasi-sinkronisasi antara satuan daerah tangkapan air yang mengacu pada ekosistem DAS (Asdak, 2002) dengan wilayah administrasi kabupaten dapat dikelompokkan ke dalam 7 sub DAS.

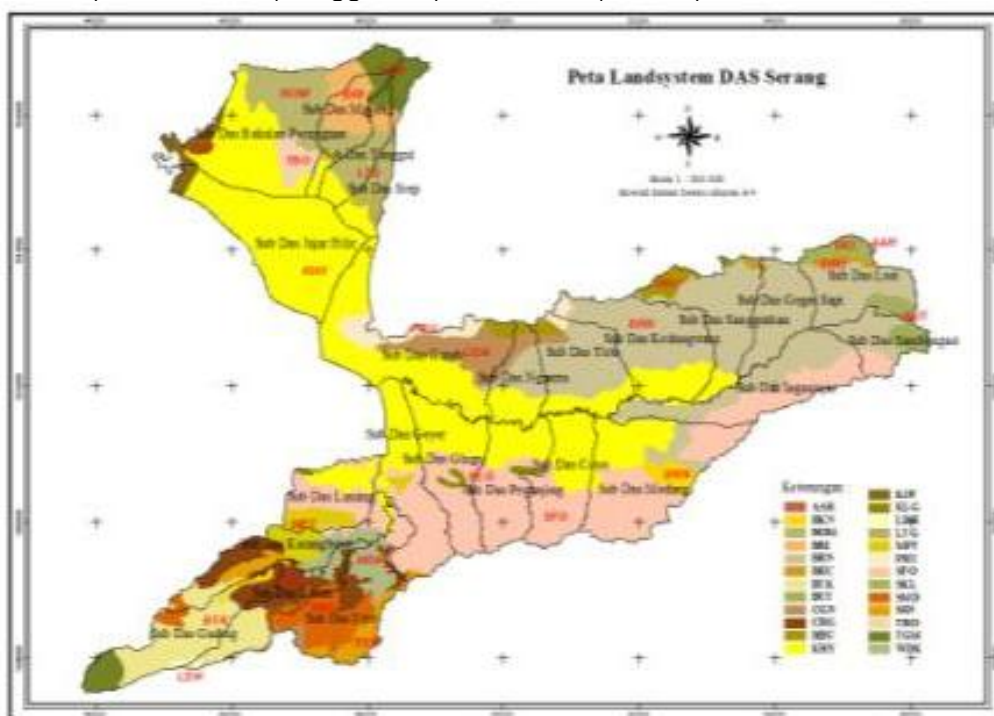
Ketujuh sub DAS Serang tersebut adalah: 1) Lusi Atas, 2) Lusi Bawah, 3) Serang Hulu Atas, 4) Serang Hulu Tengah, 5) Serang Hulu Bawah, 6) Serang Hilir Atas, 7) Serang Hilir Bawah. Sub DAS Lusi Atas dan sub DAS Lusi Bawah masuk dalam sistem wilayah **Sungai Lusi**. Sub DAS Serang Hulu Atas, sub DAS Serang Hulu Tengah dan sub DAS Serang Hulu Bawah masuk dalam sistem wilayah **Sungai Serang**. Sub DAS Serang Hilir Atas dan sub DAS Serang hilir bawah masuk dalam sistem wilayah **Sungai Wulan**. Di sub DAS Serang Tengah terdapat Waduk Kedung Ombo, sementara itu di sub DAS Serang Hilir Bawah terdapat Bendung Klambu yang merupakan pertemuan antara Sungai Serang dengan Sungai Lusi.



Gambar 2. Peta DAS Serang berdasarkan hasil deliniasi-sinkronisasi antara satuan daerah tangkapan air dengan wilayah administrasi kabupaten.

**b. Sistem Lahan DAS Serang**

Bersumber dari peta RePPPOT tahun 1987, menyebutkan bahwa DAS Serang tersusun dari 25 sistem lahan (Gambar 3), yaitu: AAR (Awarawar), BKN (Bakunan), BOM (Bombong), BRI (Bonto sapiri), BRN (Bogoran), BRU (Beru), BTK (Barongtomkok), BUT (Butuk), CGN, CRG, HBU (Hiliboru), KHY (Kahayan), KJP (Kajapah), KLG (Kalung), LDH (Lidah), LTG (Lantang), MPT (Maput), PRU, SFO (Sungai Fauro), SKL (Sikali), SMD (Sungai Madang), SSN (Susukan), TBO, TGM (Tanggamus), dan WDK (Waduk).



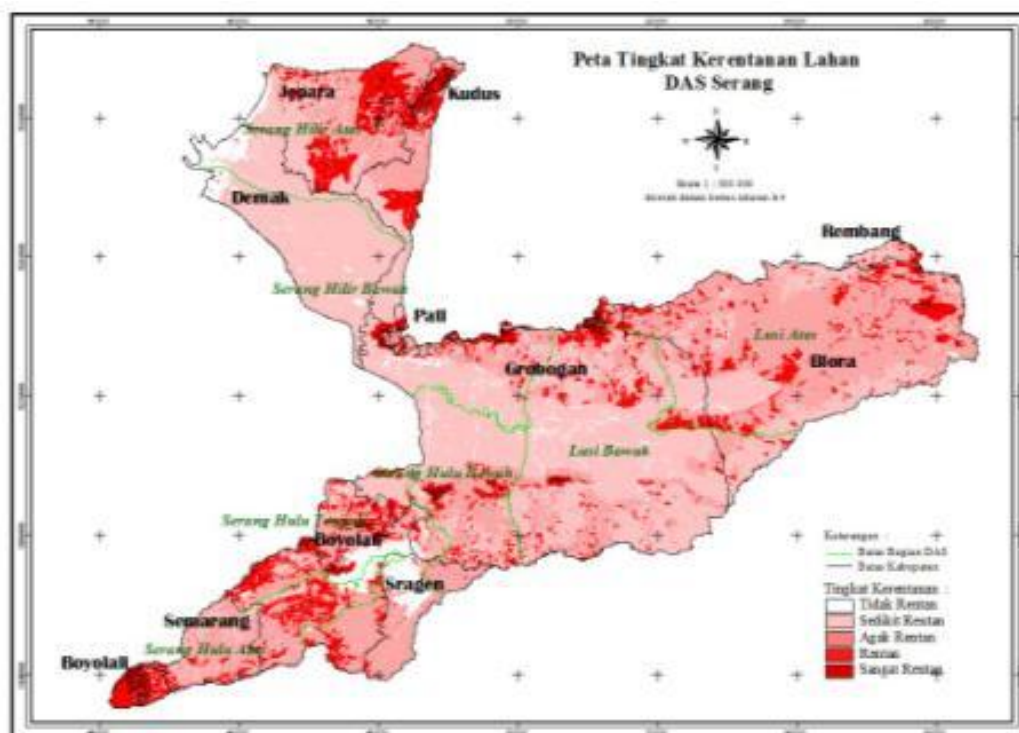
Gambar 3. Peta sistem lahan DAS Serang



#### d. Tipologi Lahan

Hasil analisis kerentanan lahan DAS Serang yang diperoleh dari hasil interaksi parameter bentuk lahan dan parameter penutupan lahan menunjukkan bahwa lahan DAS Serang secara umum mempunyai tipologi lahan yang baik. Lahan di DAS Serang seluas 48,37% mempunyai skor pada kelas yang tidak rentan-sedikit rentan/rendah (skor 1-2,5) dan lahan seluas 36,73% pada kategori agak rentan/sedang (skor 2,6-3,4). Sebesar 14,9 % lahan di DAS Serang berada dalam kategori rentan dan sangat rentan.

Walaupun daerah yang mempunyai kategori rentan dan sangat rentan tergolong sedikit namun tetap memerlukan perhatian dikarenakan beberapa lokasi tersebut berada di wilayah hulu (*upland*). Hal ini seperti terlihat pada lahan di sub DAS Serang Hilir Atas yang menunjukkan kondisi rentan erosi tertinggi yakni seluas 12.439,5 ha dalam kategori "rentan" dan 2.360,2 ha dalam kategori "sangat rentan". Di sub DAS Lusi Atas juga memiliki lahan rentan erosi yang luasnya setara dengan sub DAS Serang Hilir Atas tetapi dibandingkan dengan luas daerah tangkapan airnya, kondisi rentan erosi sub DAS Serang Hilir Atas memiliki prosentase yang tinggi. Kerentanan lahan di Serang Hulu terutama sub DAS Serang Hulu Atas dan Serang Hulu Tengah perlu diwaspadai karena aliran airnya masuk dalam Waduk Kedung Ombo dan beberapa spot di bawah outlet Kedung Ombo juga terindikasi rentan sehingga berpotensi masuk dalam sistem Sungai Serang.



Gambar 6. Peta sebaran kerentanan lahan DAS Serang.

**Tabel 5.** Luas tingkat kerentanan lahan setiap Sub DAS di DAS Serang.

No	Sub DAS	Luas Tingkat Kerentanan Lahan DAS Serang (Ha)					Jumlah	
		<1,7	1,7 – 2,5	2,6 – 3,4	3,5 – 4,3	> 4,3		
		Tidak Rentan	Sedikit Rentan	Agak Rentan	Rentan	Sangat Rentan		
1	Lusi Atas	496,47	2.3389,34	56.008,10	12.467,29	675,56	93.036,76	
2	Lusi Bawah	1.712,51	5.4867,59	19.759,75	5.793,25	637,21	82.770,30	
<b>Jumlah Sub Das Lusi</b>		<b>2.208.983</b>	<b>78.256.931</b>	<b>75.767.847</b>	<b>18.260.54</b>	<b>13.12.765</b>	<b>175.807.07</b>	
3	Serang Hulu Atas	1.652,64	4.489,96	13.383,11	7.620,92	1.210,00	28.356,63	
4	Serang Hulu Tengah	7.106,24	8.514,61	21.474,68	8.297,48	1.356,72	46.749,72	
5	Serang Hulu Bawah	922,95	17.371,78	11.435,61	2.886,89	517,24	33.134,47	
<b>Jumlah Serang Hulu</b>		<b>9.681.829</b>	<b>30.376.352</b>	<b>46.293.401</b>	<b>18.805.28</b>	<b>3.083.958</b>	<b>108.240.82</b>	
6	Serang Hilir Bawah	3.484,23	44.993,90	6.732,99	1.963,91	1.569,67	58.744,70	
7	Serang Hilir Atas	4.504,32	20.558,90	18.579,59	<b>12.439,53</b>	<b>2.360,22</b>	58.442,56	
<b>Jumlah Serang Hilir</b>		<b>7.988.6</b>	<b>65.552.8</b>	<b>25.312.6</b>	<b>14.403.4</b>	<b>3.929.9</b>	<b>117.187,3</b>	
<b>Jumlah Total</b>		<b>Ha</b>	<b>19.879,36</b>	<b>174.186,08</b>	<b>147.373,83</b>	<b>51.469,26</b>	<b>8.326,61</b>	<b>401.235,14</b>
		<b>%</b>	<b>4,95</b>	<b>43,41</b>	<b>36,73</b>	<b>12,83</b>	<b>2,08</b>	<b>100</b>

Sumber: hasil analisis data.

## PEMBAHASAN

Merujuk pada hasil analisis tipologi lahan (Gambar 6 dan Tabel 5) bahwa kerentanan lahan di DAS Serang secara umum tidak menunjukkan kondisi yang mengkhawatirkan bila melihat pada keluasannya. Hal tersebut menjadi kontra dengan kondisi yang ada bahwa Sungai Lusi yang merupakan pengatusan dari sub DAS Lusi Atas dan sub DAS Lusi bawah dilaporkan oleh Savitri, Indriawan, Wahyuni, & Darsono (2015) mengalami sedimentasi yang parah serta terjadinya bencana banjir. Kementerian Pekerjaan Umum (2010) dalam Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Jratunseluna menyampaikan bahwa genangan banjir yang disebabkan oleh Sungai Serang, Lusi, dan Wulan tersebar meliputi Kabupaten Blora, Grobogan, dan Kudus dengan luas genangan sekitar 43.500 ha.

Kondisi tersebut menjadi peringatan untuk kewaspadaan dalam memahami peta kerentanan lahan tidak hanya sebatas pada keluasan saja namun juga pada sebarannya. Bahaya sedimentasi bersumber dari erosi daerah *upland* dan erosi tebing sungai. Daerah *upland* pada sub DAS Lusi Hulu ternyata berpotensi dalam menyumbang erosi. Demikian juga untuk daerah *upland* lainnya seperti pada sub DAS Serang Hulu Atas. Selain itu erosi tebing dan lahan yang berbatasan dengan tubuh sungai perlu diperhatikan karena bisa juga sebagai penyumbang material sedimentasi (Dave & Mittelstet, 2017). Terlihat bahwa di sub DAS Lusi Bawah banyak terdapat lahan dengan tutupan lahan kering dan sawah yang langsung bersinggungan dengan tubuh sungai.

Lahan dengan kategori rentan tersebut terindikasi terjadi kerusakan lahan dengan kondisi lahan berlereng terjal sampai sangat terjal yang seharusnya namun penutupan lahan berupa tegalan, sawah tadah hujan, dan semak belukar. Pemulihan kondisi DAS Serang harus dilakukan melalui perbaikan tutupan lahan sesuai dengan fungsinya. Daerah hulu DAS Serang di kawasan Gunung Merbabu yang berada di wilayah Kabupaten Boyolali dengan penutupan aktual semak belukar perlu direboisasi menggunakan pepohonan jenis-jenis tanaman asli secara multi strata. Di Sub DAS Lusi Hulu yang termasuk dalam Kabupaten Blora dengan penutupan lahan sawah tadah hujan maupun kebun perlu dilakukan pembuatan bangunan konservasi tanah dan air seperti teras, roak dan kolam detensi



(jebakan air) seperti hasil penelitian (Pradana et al., 2015; Savitri et al., 2015). Wilayah DAS Serang bagian tengah yang terletak di Kabupaten Grobogan dengan penutupan lahan tegalan perlu dilakukan pengaturan tanaman melalui *multiple cropping*, pengaturan pola tanam tanaman semusim dan tahunan serta pemberian tanaman penutup tanah (*cover crop*) dengan jenis-jenis *leguminosa*. Selain itu pada area riparian di seluruh DAS perlu dilakukan rehabilitasi. Melalui perbaikan kondisi lahan DAS yang rusak diharapkan berperan terhadap upaya pengurangan sedimentasi dan pemulihan Sungai Serang.

## KESIMPULAN

Hasil analisis tipologi lahan DAS Serang menunjukkan bahwa secara umum pada kondisi kategori rendah-sedang, namun tetap perlu diperhatikan adalah sebaran lahan dengan kerentanan diatas sedang yang berada di *upland*. Formula tipologi lahan dapat dipergunakan untuk membantu upaya pekerjaan restorasi sungai melalui deteksi kerusakan lahan sebagai sumber erosi.

## PENGHARGAAN

Terima kasih dan penghargaan yang setingginya-tingginya kami ucapkan atas segala dedikasi kepada seluruh peneliti dan teknisi yang terlibat yaitu alm. Ir. Paimin, M.Sc, Ir. Purwanto, Sdr. Ragill B.W.M.P, Sdr. Agus S dan Sdr. Asep. Tak lupa kepada segenap civitas BPPTPDAS.

## REFERENSI

- Asdak, C. (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* (Kedua). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Auliyani, D., & Wijaya, W. W. (2017). Perbandingan Prediksi Hasil Sedimen Menggunakan Pendekatan Model Universal Soil Loss Equation Dengan Pengukuran Langsung. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 1(1), 61–71.
- Beschta, R. L. (1997). Allowing Watersheds to Function - A Riparian/Aquatic Perspective. In P. W. Adams, K. M. Boula, D. Edge, L. Hardesty, L. Hartmann, P. Howell, ... J. Tanaka (Eds.), *Riparian & watershed management in the interior Northwest: an interdisciplinary perspective*. La Grande, Oregon: Eastern Oregon University. Retrieved from <https://digital.osl.state.or.us/islandora/object/osl%3A22936/datastream/OBJ/view>
- Dave, N., & Mittelstet, A. R. (2017). Quantifying effectiveness of streambank stabilization practices on Cedar River, Nebraska. *Water (Switzerland)*, 9(12), 1–14. <https://doi.org/10.3390/w9120930>
- Kanza, R., Ahmada, A., Darsono, S., & Atmodjo, P. S. (2017). Pengendalian Banjir Sungai Wulan, Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(4), 300–308. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). Pola Pengelolaan sumber daya air wilayah sungai jratunseluna (2010). Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 588/KPTS/M/2010. Republik Indonesia
- Marhendi, T., Wardhana, P. N., Nurhadi, S., & Bramanti, I. (2017). Analisis Penyebab Banjir Kali Juana. *Techno*, 18(1), 15–22.
- Maryono, A. (2003). *Pembangunan Sungai Dampak dan Restorasi Sungai*. (A. Maryono, B. Widiastuti, & B. E. Purnomo, Eds.). Yogyakarta: Magister Sistem Teknik Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.
- Maryono, A. (2005). *Eko-Hidrologik Pembangunan Sungai*. (Rifqiyanti, Ed.) (Kedua). Yogyakarta: Magister Sistem Teknik Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.
- Paimin, Pramono, I. B., Purwanto, & Indrawati, D. R. (2012). *Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. (H. Santoso & Pratiwi, Eds.). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi.
- Pradana, S. R., Nugroho, A., Suharyanto, & Kurniani, D. (2015). Pengendalian Debit Banjir Sungai Lusi Dengan Kolam Detensi Di Kecamatan Tawangharjo Kabupaten Grobogan.

- Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4(4), 471–476. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts%0APENGENDALIAN>
- Putra, P. B., & Paimin. (2012). Sistem perencanaan kehutanan dalam perspektif sistem perencanaan pengelolaan Sub DAS - Studi Kasus di Sub DAS Progo Hulu. In Pratiwi, A. F. Mas'ud, I. W. S. Dharmawan, & S. Suharti (Eds.), *Riset Pengelolaan DAS Menuju Kebutuhan Terkini, Surakarta, 27-28 Juni 2011* (pp. 146–174). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi.
- Putra, P. B., & Pramono, I. B. (2013). Sistem Perencanaan Kehutanan Sebagai Pendukung Perencanaan Pengelolaan DAS - Studi Kasus Di DAS Serang. In Pratiwi, Murniati, I. W. S. Dharmawan, & I. Heriansyah (Eds.), *Seminar Nasional Penelitian dan Pengembangan Pengelolaan DAS 2012* (pp. 18–39). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi.
- Savitri, A., Indriawan, A. W., Wahyuni, S. E., & Darsono, S. (2015). Pengendalian Banjir Di Sungai Lusi Menggunakan Check Dam Kayu Di Sungai Orde 1 Dan 2. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4(4), 85–95. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>