

ANALISIS FAKTOR PENYEBAB LONGSOR TEBING DAERAH ALIRAN SUNGAI SERAYU UNTUK PERTIMBANGAN SEBAGAI DAERAH PEMUKIMAN DI KABUPATEN WONOSOBO

Banar Dwi Retyanto^a

^aProgram Studi Pendidikan Fisika Universitas Sains Al-qur'an Jawa Tengah

^aEmail : crushweal@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima : 29 Maret 2016

Disetujui : 26 April 2016

Kata Kunci:

Longsor Tebing, Jenis Tanah, Kecepatan Arus, Kemiringan Tebing, Curah Hujan, Daerah Pemukiman

ABSTRAK

Tujuan umum penelitian ini adalah memberikan bahan pertimbangan kawasan daerah aliran sungai (DAS) Serayu digunakan sebagai daerah pemukiman, untuk tujuan khususnya adalah menganalisis kontribusi faktor faktor penyebab longsor tebing diantaranya jenis tanah, kecepatan aliran air, kemiringan tebing, dan curah hujan). Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan melakukan deskripsi data atau krakter yang diperbandingkan satu dengan yang lainnya untuk mendapatkan kesimpulan. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah data pengukuran Kemiringan lereng, peta jenis tanah dan peta curah hujan dari sumber yang terpercaya, sementara alat yang digunakan adalah Meteran, Botol air mineral dan Stopwatch untuk mengukur kecepatan arus aliran sungai. Wilayah dalam penelitian ini adalah daerah Aliran Sungai Serayu Kecamatan Kejajar, Garung, Mojotengah, Watumalang, Selomerto dan Leksono Kabupaten Wonosobo. Berdasar penelitian yang sudah di laksanakan dapat di simpulkan bahwa pada daerah sekitar aliran sungai Serayu tidak dapat di gunakan sebagai daerah pemukiman, hal ini terlihat dari hasil analisis data penelitian yang menunjukkan 1) sebagian besar tebing yang terdapat pada daerah aliran sungai tergolong tebing curam dan sangat curam; 2) besarnya arus yang mengalir pada aliran sungai Serayu tergolong deras dan sangat deras hal ini dapat mempercepat terjadinya longsor pada tebing; 3) jenis tanah yang ada pada daerah sekitar aliran sungai adalah jenis tanah andosol, regosol, dan podsolik, dimana ketika jenis tanah ini peka dan sangat peka terhadap erosititas; 4) intensitas curah hujan pada daerah aliran sungai tergolong sangat tinggi sehingga faktor ini mendukung pemercepatan terjadinya longsor tebing di daerah aliran sungai Serayu.

ARTICLE INFO

Article History

Received : March 29, 2016

Accepted : April 26, 2016

Key Words :

the slide slope, type of soil, current velocity, slope declivity, rainfall, settlement area

ABSTRACT

The general aim of this research is to give a reference considering of Serayu water flow area which is used as the settlement area, whereas the particular aim is to analyze the contribution of the factors causing slide slope including type of soil, current velocity of water, slope declivity, and rainfall. The research design is descriptive quantitative research that is aimed to describe or characterize the data which is compared one to the other in order to get the conclusion. The used materials in this research are the data of measurement of slope declivity, map of soil type and rainfall from the trusted sources, while the used tool is gage, bottle of mineral water, and stopwatch to measure the current speed of water velocity of river. In this research, the researcher takes place water flow area of Serayu River through the sub districts of Kejajar, Garung, Mojotengah, Watumalang, Selomerto, and Leksono, Wonosobo regency as the object of research. Based on the previous research that has been conducted can be concluded that in area around water flow of Serayu river can not be used as settlement area. It is shown from the result of data analysis of research which is shown 1) mostly; the slope in around of the river flow is categorized as steep and very steep slope. 2) The magnitude of current which flows in the Serayu River is categorized as swift and very swift, as the result it can speed the slide process in slope. 3) The types of soil around the water flow are andosol, regosol, and podsolic where these kinds of soil are sensitive and very sensitive toward erosion. 4) Rainfall intensity in water flow area of river is categorized very high rainfall intensity; as a result this factor supports acceleration of slide slope in water flow area of Serayu River.

1. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Chay, 2002). DAS adalah daerah tertentu yang bentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa sehingga merupakan suatu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai yang melaluinya. Sungai dan anak-anak sungai tersebut berfungsi untuk menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan serta sumber air lainnya. Penyimpanan dan pengaliran air dihimpun dan ditata berdasarkan hukum alam di sekelilingnya sesuai dengan keseimbangan daerah tersebut. Proses tersebut dikenal sebagai siklus hidrologi, Akhir-akhir ini, persoalan seperti erosi, sedimentasi, longsor dan banjir pada DAS intensitasnya semakin meningkat. Persoalan-persoalan tersebut merupakan bentuk respon negatif dari komponen-komponen DAS terhadap kondisi curah hujan (Rahayu *et al*, 2009)

Daerah Aliran Sungai Serayu merupakan salah satu sungai yang terdapat di Wonosobo. Daerah aliran sungai ini umumnya memiliki kemiringan lereng mulai dari datar sampai curam. Sungai Serayu telah sering mengalami perubahan aliran sungai, diantaranya makin melebarnya badan sungai. Beberapa tahun belakangan ini, disepanjang aliran Sungai Serayu ditemukan adanya perubahan alur sungai dan ambblasnya tanah-tanah pada tebingnya. Hal ini tidak hanya ditemukan pada suatu tempat, tetapi pada lokasi yang berbeda. Kondisi tersebut banyak ditemukan dan bahkan memanjang sampai ratusan meter. Akibatnya, terjadi perubahan pada profil sungai yaitu adanya pelebaran dan pendangkalan sungai.

Humas Pemda kabupaten Wonosobo mencatat masih ada 15 wilayah di Wonosobo yang berpotensi longsor dan tanah bergerak pada tahun 2016 ini, tercatat pada daerah dataran tinggi Dieng tercatat lebih dari 10 bencana alam terjadi setiap tahunnya dan salah satu yang paling parah dalam sebelum ini adalah tanah longsor di daerah kecamatan Kejajar kabupaten Wonosobo (Humas

Kabupaten Wonosobo, 2016), dimana daerah Kejajar merupakan daerah yang di lalui oleh aliran sungai Serayu. Secara topografi daerah sekitar aliran sungai serayu di Wonosobo merupakan daerah tebing yang memanjang tercatat tebing curam memanjang dari kecamatan Kejajar, Garung, Mojotengah, Watumalang, Selomerto dan Leksono. (PPE Jateng, 2016), di beberapa lokasi sepanjang aliran sungai Serayu di kabupaten Wonosobo di jadikan lokasi tempat tinggal, akibatnya ancaman bencana tanah longsor dapat menimbulkan korban jiwa dan kerusakan material.

Longsor sendiri terbagi dalam beberapa jenis antara lain: 1) Longsor Translasi, Tanah longsor jenis ini merupakan kondisi dimana bergesernya material tanah pada kondisi tanah yang bertopografi rata atau menggelombang landai. Jadi, pada daerah tanah yang landai pun bisa terjadi tanah longsor ini terutama jika berbagai penyebab tanah longsor sudah mulai nampak. 2) Longsor Rotasi, Jenis tanah longsor yang kedua adalah longsor rotasi. Dinamakan demikian karena longsor ini merupakan pergerakan material tanah yang terjadi di dalam bidang yang berbentuk cekung sehingga seringkali terjadi perputaran atau rotasi di dalam bidang cekung tersebut. Pada bidang cekung yang terkena longsor dapat menjadi hal yang sangat berbahaya apalagi jika ada pemukiman di atasnya karena akan rawa tertimbun dan mengakibatkan korban jiwa. 3) Pergerakan Blok, Agak berbeda dengan jenis tanah longsor yang sudah disebutkan. Pergerakan blok ini merupakan pergerakan batuan yang ada di dalam tanah pada bidang yang datar atau landai. Kondisi ini juga seringkali dinamakan dengan longsor blok batu dengan jumlah batu yang biasanya tidak sedikit. Ini akan sangat berbahaya bagi manusia jika terkena longsor ini karena sebagian besar materialnya adalah batuan. 4) Runtuhan Batu, Tanah longsor jenis ini bukan berarti tanah longsor yang terjadi karena hewan rayap ya. Namun tanah longsor ini terjadi karena adanya rayapan atau pergerakan tanah yang sangat lambat dan halus. Ini biasanya terjadi pada tanah yang memiliki butiran kecil halus dan namun memiliki struktur yang cukup

kasar. Biasanya jenis tanah longsor ini hampir tidak bisa dikenali dan kalau longsor sudah terjadi dalam waktu yang cukup lama baru bisa dikenali dengan miringnya tiang-tiang listrik, rumah dan lainnya yang berada di atasnya. Jika anda mengalami hal ini sebaiknya untuk berhati-hati dan menggunakan pondasi yang cukup kuat untuk menahan tanah longsor tersebut. 5) Aliran Bahan Rombakan, jenis tanah longsor terakhir adalah aliran bahan rombakan dimana kondisi ini terjadi karena adanya pergerakan tanah dan metarialnya yang disebabkan oleh dorongan air yang sangat kuat. Kecepatan dari aliran air sendiri akan sangat tergantung pada kemiringan lereng, volume air, tekanan air, kecepatan air serta jenis material tanahnya itu sendiri apakah mudah terangkut oleh air atau tidak. garakan dari tanah longsor ini lumayan cepat dan bisa mencapai seluruh lembah dengan jarak ratusan meter jauhnya. Bahkan jarak yang bisa ditempuhnya bisa dalam jumlah yang sangat banyak dan jaraknya ribuan meter. Jika ini terjadi bisa merusak berbagai hal yang dilewatinya termasuk juga jika ada pemukiman di lewatinya pasti akan ikut terhanyut. (Aulia, 2014).

Kemiringan tanah adalah salah satu faktor penyebab terjadinya longsor, Kemiringan lereng merupakan ukuran kemiringan lahan relatif terhadap bidang datar yang secara umum dinyatakan dalam persen atau derajat. Kemiringan lahan sangat erat hubungannya dengan besarnya erosi. Semakin besar kemiringan lereng, peresapan air hujan ke

dalam tanah menjadi lebih kecil sehingga limpasan permukaan dan erosi menjadi lebih besar. Klasifikasi kemiringan tanah di klasifikasikan pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Kemiringan Tabel

Kelas Lereng	Kisaran Lereng (%)	Keterangan
1	$0 \leq x < 8$	Datar
2	$8 \leq x < 15$	Landai
3	$15 \leq x < 25$	Agak Curam
4	$25 \leq x < 45$	Curam
5	$x \geq 45$	Sangat Curam

Sumber : Permen PU, 2008

Fakor lainnya adalah Jenis Tanah, Struktur tanah merupakan karakteristik fisik tanah yang terbentuk dari komposisi antara agregat (butir) tanah dan ruang antaragregat. Tanah tersusun dari tiga fase: fase padatan, fase cair, dan fase gas. Fasa cair dan gas mengisi ruang antaragregat. Struktur tanah tergantung dari imbalanced ketiga faktor penyusun ini. Ruang antaragregat disebut sebagai porus (jamak pori). Struktur tanah baik bagi perakaran apabila pori berukuran besar (makropori) terisi udara dan pori berukuran kecil (mikropori) terisi air. Tanah yang gembur (sarang) memiliki agregat yang cukup besar dengan makropori dan mikropori yang seimbang. Tanah menjadi semakin liat apabila berlebihan lempung sehingga kekurangan makropori (Syah, 2013) adapun penggolongan jenis tanah berdasar di tunjukan pada Tabel 2

Tabel 2. Klasifikasi Jenis tanah Berdasar Tingkat Erosivitas

Kelas Tanah	Kelompok Tanah	Kepekaan Terhadap Erosi
1	Aluvial, Tanah, Glei, Planossol, Hidromorf Kelabu, Literite Air Tanah	tidak peka
2	Latosol	Agak Peka
3	Brown Forest Soil, Non Calcic	Kurang Peka
4	Andosol, Laterictic Gromusol, Podsolik	Peka
5	Regosol, Litosol Organosol, Renzine	Sangat Peka

Sumber : Permen PU, 2008

Debet aliran air sungai juga salah satu pendukung terjadinya longsor tebing pada daerah aliran sungai Serayu, Debit merupakan jumlah air yang mengalir di dalam saluran atau sungai per unit waktu. Metode yang umum diterapkan untuk menetapkan debit

sungai adalah metode profil sungai (*cross section*). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air.

$$Q = A.V \tag{1}$$

dimana:

Q=Debit aliran (m³/s);

A=Luas penampang vertikal (m²);

V=Kecepatan aliran sungai (m/s)

Dari rumusan di atas dapat disimpulkan bahwa debit air sungai sebanding dengan kecepatan aliran air, semakin besar kecepatan aliran airnya semakin besar pula debit airnya (Rahayu *et al*, 2009). Kecepatan aliran merupakan hasil bagi antara jarak lintasan dengan waktu tempuh atau dapat dituliskan dengan persamaan:

$$v = \frac{L}{t} \tag{2}$$

dimana:

V = kecepatan (m/detik);

L=panjang lintasan (m);

t = waktu tempuh (detik)

Kecepatan yang diperoleh dari metode ini merupakan kecepatan maksimal sehingga perlu dikalikan dengan faktor koreksi kecepatan. (Rahayu *et al*, 2009). Kecepatan arus ditentukan oleh kemiringan, kekasaran dan kedalaman dasar perairan. Organisme yang dapat bertahan hidup dalam arus deras adalah organisme yang mempunyai adaptasi terhadap arus deras, baik dengan alat bantu maupun tingkah laku untuk menjaga keseimbangan hidup di lingkungan berarus (Odum, 1993). adapun klasifikasi kecepatan aliran air di tunjukan pada tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Kecepatan Aliran Air

Nomer	Kecepatan Arus (cm/s)	Katagori
1	< 10	Sangat Lambat
2	10 < x ≤ 24	Lambat
3	25 < x ≤ 50	Sedang
4	51 < x ≤ 100	Kuat
5	x > 100	Sangat Kuat

Sumber : Odum, 1993

Peran curah hujan sebagai faktor pendukung dalam terjadinya longsor tebing tidak bisa diabaikan, Presipitasi merupakan curahan air dari atmosfer ke permukaan bumi. Sumber utama presipitasi di daerah tropis berasal dari curah hujan. Unsur yang penting dalam presipitasi adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam satuan kedalaman curah hujan (mm) dan intensitas curah dinyatakan dalam jumlah hujan per satuan waktu. (Rahayu *et al*, 2009), adapun intensitas curah hujan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel Klasifikasi Besarnya Curah Hujan

Kelas Intensitas Hujan	Kisaran Curah Hujan (mm/per bulan)	Keterangan
1	0 ≤ x ≤ 100	Rendah
2	101 ≤ x ≤ 300	Menengah
3	301 ≤ x ≤ 400	Tinggi
4	400 >	Sangat Tinggi

Sumber : PMG Staklim, 2011

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan melakukan deskripsi data atau krakter yang diperbandingkan satu dengan yang lainnya untuk mendapatkan kesimpulan. Bahan yang digunakan dalam peneltian adalah Peta Kemiringan lereng, peta jenis tanah dan peta curah hujan, dari sumber yang terpecaya, sementara alat yang digunakan adalah Meteran, Botol air mineral dan Stopwatch untuk mengukur kecepatan arus aliran sungai. Wilayah dalam penelitian ini adalah daerah Aliran Sungai Serayu Kecamatan Kejajar, Garung, Mojotengah, Watumalang, Selomerto dan Leksono Kabupaten Wonosobo.

3. HASIL PENELITIAN

Berdasar hasil pengukuran tebing diperoleh data kemiringan tebing di tunjukan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Kemiringan Tebing

No	Wilayah	Rata-rata Kemiringan (%)	Kreteria
1	Kejajar	44,31	Curam
2	Garung	44,81	Curam
3	Mojotengah	47,35	Sangat Curam
4	Watumalang	48,81	Sangat curam
5	Selomerto	41,27	Curam
6	Leksono	40,36	Curam

Data diambil dengan pengambilan lima sampel secara acak pada setiap Wilayah dengan pertimbangan bentuk muka tebing yang paling banyak di temui pada wilayah tersebut.

Pengambilan data kecepatan arus aliran sungai dilakukan pada daerah yang aman untuk dilakukan pengambilan data pada setiap wilayah, mengingat arus sungai yang rata-rata tergolong kuat. Data kecepatan aliran sungai di tunjukan pada tabel 6.

Tabel 6. Data Kecepatan Aliran Arus Air Sungai Serayu

No	Wilayah	Kecepatan Arus (m/s)	Kreteria
1	Kejajar	1,026	Sangat Kuat
2	Garung	1,013	Sangat Kuat
3	Mojotengah	0,982	Kuat
4	Watumalang	0,980	Kuat
5	Selomerto	0,976	Kuat
6	Leksono	0,971	Kuat

Data keadaan jenis tanah diperoleh dari penelusuran sumber dan reverensi yang valid. Berdasar beberapa sumber di peroleh jenis

tanah pada wilayah kabupaten Wonosobo seperti di tunjukan pada tabel 7.

Tabel 7. Data Jenis Tanah di Wilayah Kabupaten Wonosobo

No	Wilayah	Jenis Tanah	Kreteria
1	Kejajar	Andosol	Peka
2	Garung	Andosol, Regosol	Peka, Sangat Peka
3	Mojotengah	Andosol	Peka
4	Watumalang	Andosol, Regosol	Peka, Sangat Peka
5	Selomerto	Regosol, Podsolik	Sangat Peka, Peka
6	Leksono	Podsolik	Peka

Sumber: Pemkab Wonosobo

Data Intensitas curah Hujan diperoleh dari penelusuran sumber dan reverensi yang valid. Data data mentah curah hujan diperoleh data rata-rata pertahun, sehingga perlu di konversikan dalam hitungan perbulan.

Berdasar beberapa sumber di peroleh intensitas Curah Hujan pada wilayah kabupaten Wonosobo seperti di tunjukan pada tabel 8.

Tabel 8. Intensitas Curah Hujan di Wilayah Wonosobo

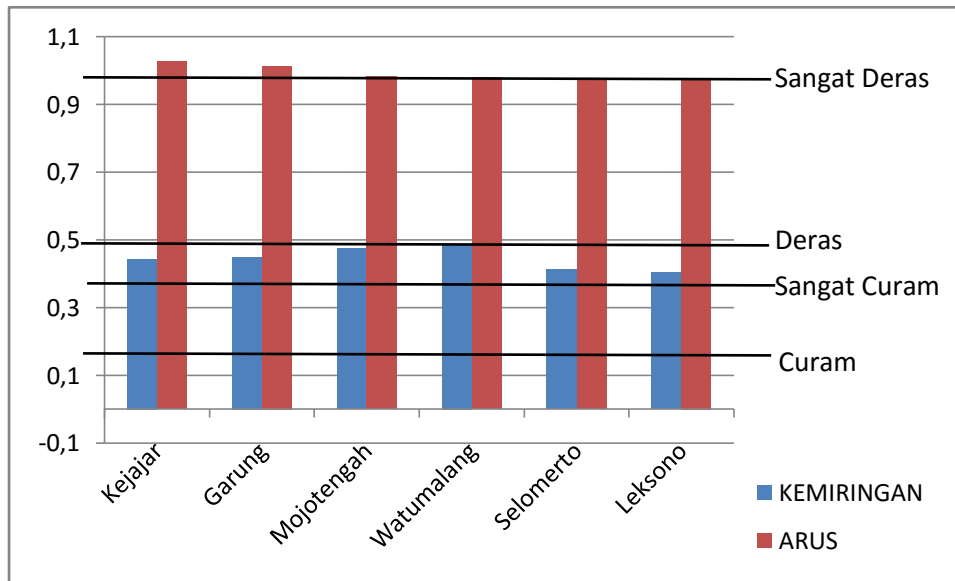
No	Wilayah	Intensitas Rata-Rata (mm/Bulan)	Kreteria
1	Kejajar	570	Sangat Tinggi
2	Garung	537,85	Sangat Tinggi
3	Mojotengah	646,22	Sangat Tinggi
4	Watumalang	160,25	Menengah
5	Selomerto	610,40	Sangat Tinggi
6	Leksono	573,97	Sangat Tinggi

Sumber: Pokja Sanitasi Kab. Wonosobo, 2012

4. PEMBAHASAN

Berdasar analisis data, tebing di wilayah Kabupaten Wonosobo yang berada pada

daerah aliran sungai (DAS) Serayu berpotensi timbul bencana tanah longsor, seperti di jelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Kemiringan dan Kecepatan Arus Air Sungai

Gambar 1 bisa di jelaskna bahwa rata rata kemiringan tebing pada daerah sekitar aliran sungai Serayu tergolong curam dan sangat curam, hal ini sangat berbahaya jika pada permukaan tebing di dirikan bangunan, sesuai dengan prinsip tekanan bahwa tekanan sebanding dengan tekanan dan berbanding terbalik dengan luas penampang, jadi jika ada bangunan di permukaan tebing akan menambah gaya yang bekerja pada tebing, dan luas penampang bawah tebing yang berkatagori curam atau sangat curam menjadikan tebing memiliki luasan penampang yang kecil, sehingga tekanan yang di terima tebing menjadi besar dan dapat membuat tebing menjadi longsor.

Faktor besarnya arus aliran air sungai Serayu berdasar gambar 1 tergolong deras dan sangat deras, diperoleh rata-rata dari ke enam wilayah di kabupaten Wonosobo sebesar 0,991 m/s dengan kategori deras. Hal ini di pengaruhi oleh tingkat kemiringan sungai, materian dasar sungai dan kedalaman sungai, Jika massa jenis air 1 gr/cm³ sehingga bisa di nyatakan bahwa setiap satu liter air memiliki massa 1 kg dan dengan kecepatan air sebesar 0,991 m/s sesuai dengan konsep momentum bahwa $p = mv$ diperoleh besar momentum setiap satu liter air memiliki momentum sebesar 0,991 kg.m/s, terlebih struktur

penyusun tanah pada daerah sekitar aliran sungai Serayu sbagian besar adalah Adosol, Regosol dan Podsolik (tabel 7), dimana ketiga jenis tanah tersebut merupakan tanah yang peka dan sangat peka terhadap terjadinya erosi, sehingga mudah sekali terjadi longsor jenis aliran bahan rombakan. Dimana penyebabnya adalah dorongan air yang secara terus menerus, dengan volume yang besar, tekanan, momentum yang dimiliki oleh air. Tanah tanah jenis ini tidak di anjurkan untuk didirikan bangunan di atasnya, melihat tingkat kepekaan yang begitu tinggi terhadap erosi.

Berdasar dari data curah hujan pada tabel 8 intensitas curah hujan pada wilayah wilayah yang dilalui aliran sungai Serayu tergolong rata-rata sangat tinggi, terutama pada wilayah kecamatan Mojotengah, hal ini mempercepat terjadinya pengikisan lapisan tanah dan menimbulkan erosi, terlebih batuan regosol, andosol dan podsolik terbentuk dari pengendapan abu vulkanik dan terbentuk tidak sempurna menjadikan rapat massanya rendah sehingga mudah terkisi dan erosi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasar penelitian yang sudah di laksanakan dapat di simpulkan bahwa pada daerah sekitar aliran sungai Serayu tidak dapat di gunakan sebagai daerah pemukiman,

hal ini terlihat dari hasil analisis data penelitian yang menunjukkan 1) sebagian besar tebing yang terdapat pada daerah aliran sungai tergolong tebing curam dan sangat curam; 2) besarnya arus yang mengalir pada aliran sungai Serayu tergolong deras dan sangat deras hal ini dapat mempercepat terjadinya longsor pada tebing; 3) jenis tanah yang ada pada daerah sekitar aliran sungai adalah jenis tanah andosol, regosol, dan podsolik, dimana ketika jenis tanah ini peka dan sangat peka terhadap erosititas; 4) intensitas curah hujan pada daerah aliran sungai tergolong sangat tinggi sehingga faktor ini mendukung pemercepatan terjadinya longsor tebing di daerah aliran sungai Serayu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, B. 2014. Jenis Jenis Longsor. *Slide Kuliah Magister Ilmu Kebencanaan*. Aceh. Universitas Syah Kuala
- Chay, A. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Humas Kabupaten Wonosobo. 2016. *Bencana Alam di Wonosobo*. Tersedia di www.wonosobokab.go.id. [di akses 03/02/2016]
- Odum, E.P. 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Terjemahan Tjahjono Samingan. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Pemda Kab. Wonosobo. 2014. Geografis Kabupaten Wonosobo. Online di <http://www.wonosobokab.go.id/index.php/2014-02-01-04-40-52/selayang-pandang/geografis-kabupaten-wonosobo>. [diakses 17/3/2016]
- Permen PU, 2008. *Pedoman Kreteria Teknis Kawasan Budidaya*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Pokja Sanitasi Kab. Wonosobo. 2012. *Buku Putih Sanitasi Kabupaten Wonosobo*. Wonosobo: Pemkab Wonosobo.
- PPE Jateng. 2016. *Das Serayu*. Online di <http://ppejawa.com/ekoregion/das-serayu/>. [diakses 15/04/2016]
- Rahayu, S. R. H. Widodo, M. Van Noordwijk, I. Suryadi, & B. Verbist. 2009. *Monitoring Air di Daerah Sungai*. Bogor : World Agroforestry Centre
- Syah, M. G, & T. Haryanto. 2013. Klasifikasi Kemiringan Lereng Dengan Menggunakan Pengembangan Sistem Informasi Geografis Sebagai Evaluasi Kesesuaian Landasan Pemukiman Berdasarkan Undang-Undang Tata Ruang Dan Metode Fuzzy (Studi Kasus: Donggala, Sulawesi Tengah). *Jurnal Teknik POMITS*. Vol. X, No. X, Hal. 1-6