

KARAKTERISTIK LONGSOR TEBING (*DEBRIS AVALANCHE*) DAN PERUBAHAN MORFOLOGI HULU SUNGAI SENOWO PASCA ERUPSI GUNUNGAPI MERAPI TAHUN 2010

Tiara Handayani
tiarahdyn@gmail.com

Danang Sri Hadmoko
hadmokoo@yahoo.com

Abstract

The aims of the research are to determine the characteristics of riverbank failure (debris avalanche) and the morphological change in the upper part of Senowo River after the eruption of Merapi Volcano in 2010. The methods used are analysis of remote sensing data and field observation. The remote sensing data analyzed are LiDAR data in 2012 and recording results of UAV in 2014. The results showed that there are 116 points of riverbank failure with the dominant typology is flow that consist of material form sand, gravel, and rock. Debris avalanche mostly occurred in segment 1-11. The largest dimension of riverbank failure has volume of 1584 meter³ and the smallest has volume of 0,08 meter³. Morphological change in the upper part of Senowo River (2012-2014) was influenced by the process of erosion, sedimentation and landslide due to lahar. Lahar cause aggradation and degradation, and also some changes on river cross-section, longitudinal cross-section, channel avulsion, river valleys, riverbed, and riverbank.

Keyword : characteristics of riverbank failure, morphological river changes, lahar, upper part of Senowo River

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik longsor tebing (*debris avalanche*) dan perubahan morfologi hulu Sungai Senowo pasca erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010. Metode yang digunakan adalah analisis data penginderaan jauh dan survei lapangan. Data penginderaan jauh yang dianalisis adalah data LiDAR tahun 2012 dan data hasil perekaman UAV tahun 2014. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 1) Longsor tebing pada hulu Sungai Senowo berjumlah 116 kejadian. Longsoran yang ada didominasi tipe *flow* dengan material berupa pasir, kerikil, dan batuan. Longsoran *debris avalanche* banyak terdapat pada segmen 1 hingga 11. Longsoran terbesar memiliki volume material longsoran sebesar 1584 meter³ dan volume longsoran terkecil sebesar 0,08 meter³. 2) Perubahan morfologi hulu Sungai Senowo pada kurun waktu dua tahun (2012-2014) dipengaruhi oleh proses erosi, sedimentasi dan longsor tebing akibat lahar. Lahar menyebabkan adanya agradasi dan degradasi, serta perubahan penampang melintang, penampang memanjang, alur sungai, lembah sungai, dasar sungai, dan tebing sungai.

Kata kunci : karakteristik longsor tebing sungai, perubahan morfologi sungai, lahar, hulu Sungai Senowo

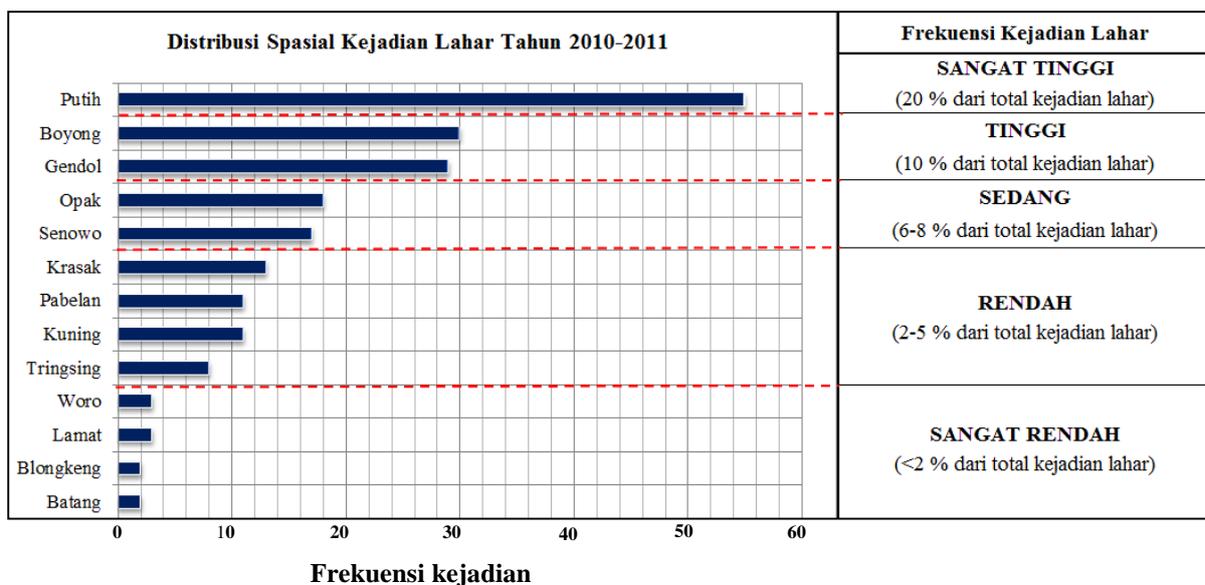
1. Pendahuluan

Gunungapi Merapi hingga saat ini masih aktif mengalami letusan dari skala rendah hingga skala tinggi. Erupsi Gunungapi Merapi dengan skala besar terakhir terjadi pada tahun 2010. Kala itu material piroklastik yang dihasilkan akibat letusan mencapai ± 130 juta m^3 dengan kategori menengah (Kusumosubroto, 2013). Erupsi Gunungapi Merapi yang terjadi pada tahun 2010 merupakan erupsi dengan skala *Volcanic Explosivity Index* (VEI) 4 terbesar selama abad ke 20 (Surono dkk, 2012).

Material piroklastik yang dikeluarkan akibat erupsi Gunungapi Merapi berupa bom, lapilli, pasir, dan kerikil. Material ini kemudian memicu terjadinya lahar yang mengalir di sekitar lingkungan Gunungapi Merapi. Lahar merupakan material campuran yang berasal dari adanya aktivitas vulkanik dan dipicu oleh kondisi iklim yaitu hujan (Lavigne, 1999). Kejadian lahar di Gunungapi Merapi telah

terekam dari letusan tahun 1500-an sampai tahun 2000, setidaknya ada 61 letusan yang menyebabkan terjadinya lahar (Lavigne dkk, 2000).

Dampak fisik erupsi Gunungapi Merapi akibat aliran lahar dapat diidentifikasi melalui perubahan lingkungan dari sungai-sungai yang berhulu di Gunungapi Merapi. Menurut De Bélizal, dkk (2013) setidaknya terdapat 13 sungai yang terkena dampak aliran lahar dari erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 dan salah satunya adalah Sungai Senowo yang berada di Kabupaten Magelang. Sungai Senowo merupakan salah satu anak Sungai Pabelan yang juga berhulu di Gunungapi Merapi. Dari 13 sungai yang terdampak tersebut, distribusi deposit lahar terbesar akibat erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 adalah Sungai Putih, sedangkan terendah adalah Sungai Batang dan Sungai Blongkeng seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Distribusi lahar pada sungai yang berhulu di Gunungapi Merapi akibat erupsi tahun 2010 (De Bélizal, dkk 2013)

Di antara 13 sungai yang berhulu di Gunungapi Merapi, Sungai Senowo tergolong sungai yang memiliki panjang dan luas sungai lebih rendah dibandingkan sungai yang lain. Meskipun begitu, keberadaan Sungai Senowo di bagian atas yaitu pada zona proksimal dengan gradien sungai yang relatif miring menyebabkan sungai ini mengalami dampak erupsi Gunungapi Merapi yang cukup besar. Pasca erupsi Gunungapi Merapi yang terjadi tahun 2010, Sungai Senowo mengalami gangguan pada sistem sungai dan kondisi morfologi sungainya. Aliran lahar yang intensif ini memicu besarnya

proses erosi yang terjadi pada dasar sungai dan tebing sungai. Terjadinya peristiwa ini kemudian memicu adanya longsor tebing sungai. Longsoran yang terjadi pada Sungai Senowo sebagian besar memiliki material berupa debris yang disebut dengan *debris avalanche*. *Debris avalanche* tergolong dalam longsor skala besar karena ukuran materialnya hasil letusan yang besar dengan konsentrasi bahan padat mencapai > 60 % (Lavigne dan Thouret, 2002). Selain dua peristiwa tersebut, material lahar juga menyebabkan adanya sedimentasi pada dasar sungai.

Penelitian mengenai morfodinamika Sungai Senowo difokuskan pada proses longsor tebing di bagian hulu sungai serta perubahan morfologi bagian hulu sungai. Perubahan morfologi sungai terjadi melalui mekanisme erosi pada tebing sungai (*riverbank erosion*), erosi pada dasar sungai (*riverbed erosion*), perubahan alur sungai (*channel avulsion*), penambahan material dasar sungai, dan luapan aliran (*overbank* maupun *overflow*) (Tanarro dkk, 2010).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik longsor tebing hulu Sungai Senowo pasca erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 dan mengetahui perubahan morfologi hulu Sungai Senowo pasca erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010. Kajian mengenai dampak aliran lahar di Sungai Senowo menjadi sangat penting sebagai salah satu upaya mitigasi bahaya erupsi Gunungapi Merapi. Hal ini melihat aktivitas Gunungapi Merapi yang hingga saat ini masih aktif terus mengalami erupsi meskipun dengan skala rendah. Selain itu, masih banyaknya material vulkanik hasil erupsi tahun 2010 serta kondisi iklim di sekitar Gunungapi Merapi berpotensi menyebabkan aliran lahar di Sungai Senowo masih mungkin terjadi. Keadaan ini juga dapat memicu terjadinya longsor tebing yang semakin besar serta berpengaruh terhadap morfologi Sungai Senowo.

2. Metode Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari instansi dan data primer hasil pengukuran. Pengumpulan data primer dilakukan melalui pengamatan, pengukuran, dan pencatatan hasil lapangan serta berdasarkan olah data sekunder (olah data penginderaan jauh). Pengumpulan data ini dilakukan untuk mendapatkan data berdasarkan fokus penelitian yaitu data longsor tebing (*debris avalanche*) serta data morfologi sungai.

Pengumpulan data untuk penelitian ini didasarkan pada data spasial multi temporal (pada dua waktu kejadian) yaitu data tahun 2012 dan 2014 pasca erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010. Data tahun 2012 didapatkan melalui data LiDAR (*Light Detection and Ranging*) yang direkam sekitar akhir tahun 2012 yang berupa data DEM dan *image*, sedangkan data tahun

2014 berdasarkan kegiatan lapangan pada bulan Oktober tahun 2014 dan hasil perekaman UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) pada bulan Juni tahun 2014.

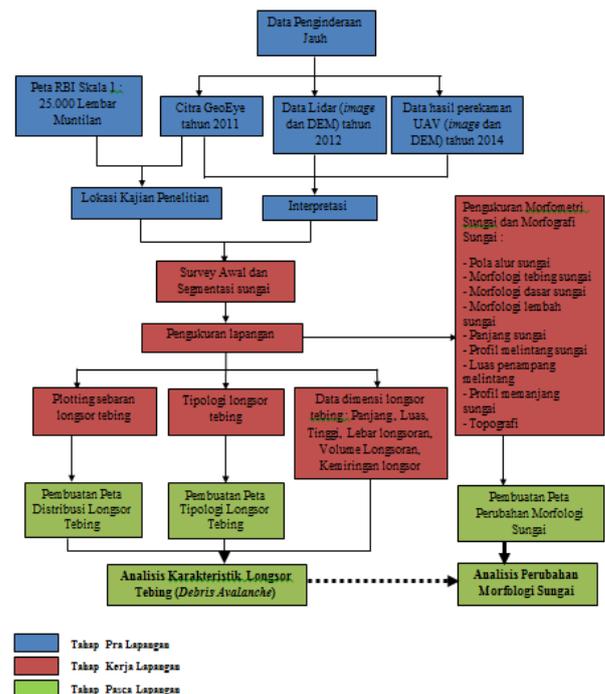
Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan mengolah data penginderaan jauh dan hasil pengukuran lapangan. Pengolahan data penginderaan jauh meliputi pengolahan data LiDAR dan hasil perekaman UAV yang kemudian diekstraksi menjadi *image* dan data DEM (*Digital Elevation Model*). Pengolahan data *image* dan data DEM dilakukan dengan melakukan mosaic dari *image*, pengolahan warna, kontras, dan ketajaman. Ekstraksi titik ketinggian menjadi data DEM dilakukan dengan *software* Global Mapper 13 dan ArcGIS 10.2.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan mengenai karakteristik longsor tebing adalah analisis deskriptif kualitatif, sedangkan teknik analisis untuk perubahan morfologi sungai adalah analisis deskriptif kualitatif dan analisis komparatif.

Alur penelitian mengenai karakteristik longsor tebing dan perubahan morfologi hulu Sungai Senowo pasca erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 disajikan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

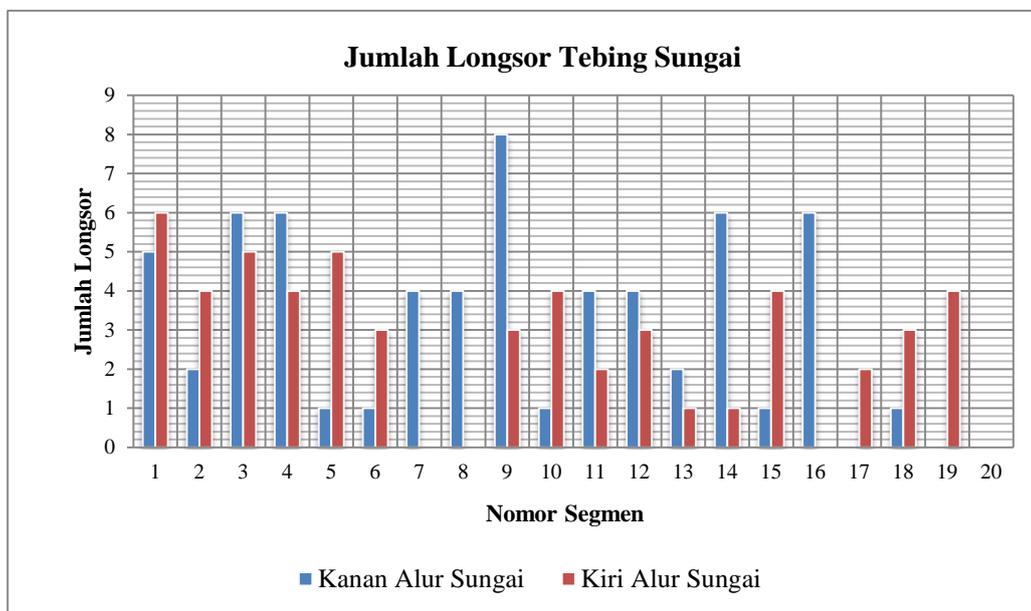
3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Longsor Tebing Sungai

a. Distribusi Longsor Tebing Sungai

Distribusi longsor tebing di hulu Sungai Senowo tersebar merata dari hulu bagian atas hingga hulu bagian bawah dan berada di kanan-kiri alur sungai. Hasil pengamatan longsor tebing sungai di hulu Sungai Senowo berjumlah 116 kejadian longsor. Jumlah longsor pada tebing sungai sisi kanan lebih banyak dibandingkan tebing sungai sisi kiri. Kejadian longsor yang terjadi pada tebing sungai sisi kanan berjumlah 62 kejadian, sedangkan pada sisi kiri berjumlah 54 kejadian. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kerawanan longsor pada tebing sebelah kanan lebih besar. Jumlah longsor yang lebih banyak di tebing sisi kanan ini karena sebagian besar material

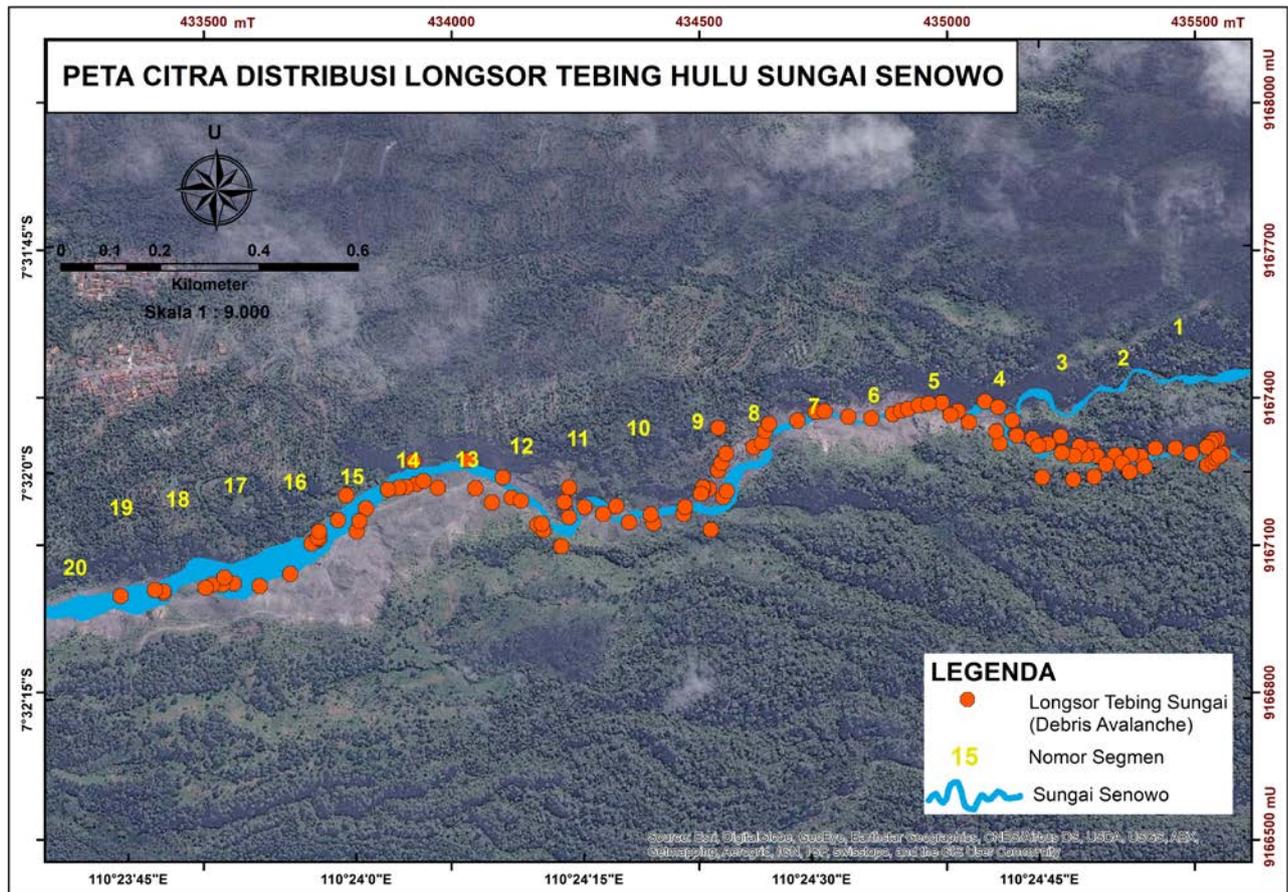
yang ada lebih kering dan lepas-lepas, sedangkan pada tebing sisi kiri terdapat beberapa tebing yang memiliki material masih terkonsolidasi. Selain itu, adanya pengaruh meander sungai yang mana sebagian besar longsor di tebing sisi kanan berada pada meander sungai luar. Sebagian besar tebing sisi kanan juga memiliki kemiringan tebing lebih curam. Beban tebing di sisi kanan juga lebih berat dibandingkan tebing sisi kiri. Hal ini dapat diketahui melalui pemanfaatan lahan di atas tebing. Tebing sisi kiri dimanfaatkan untuk daerah konservasi yaitu berupa hutan lindung, sedangkan pada tebing sisi kanan dimanfaatkan untuk semak belukar yang mana terdapat adanya akses jalan untuk menuju sungai sehingga beban tebing menjadi sangat dinamis. Grafik sebaran longsor tebing tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Distribusi Longsor Tebing Hulu Sungai Senowo Eksisting (Sumber : Survey Lapangan, 2014 dan Interpretasi Orthophoto (UAV), 2014)

Sebagian besar kejadian longsor yang terjadi di bagian atas (segmen 1-11) merupakan longsor dengan material debris atau *debris avalanche*. Keberadaan *debris avalanche* di hulu Sungai Senowo ini semakin ke bawah atau mendekati hilir jumlahnya semakin sedikit. Hal ini dikarenakan semakin mendekati hilir material endapan lahar sudah terkompaksi sehingga lebih sulit mengalami guguran akibat material yang sudah tersementasi. Material yang sudah tersementasi tersusun oleh fragmen, matrik, dan semen. Adanya semen menyebabkan material lebih resisten terhadap air sehingga beban lereng tidak semakin berat.

Berdasarkan Gambar 3 dan uraian di atas, terdapat kecenderungan bahwa jumlah longsor di bagian atas lebih banyak dibandingkan bagian bawah. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin landai morfologinya maka jumlah longsornya semakin menurun. Selain itu, pelebaran lembah juga menyebabkan jumlah longsor semakin menurun. Lembah yang lebar memungkinkan aliran lahar atau air tidak mudah menerjang tebing sungai sehingga tidak memicu terjadinya longsor. Sebaran longsor tebing sungai di Sungai Senowo bagian hulu secara lebih detail ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Citra Distribusi Longsor Tebing Sungai Hulu Sungai Senowo

Berdasarkan jumlah tersebut diketahui rata-rata longsor per segmen untuk tebing sungai sisi kanan maupun tebing sungai sisi kiri adalah 3 kejadian longsor. Dengan demikian didapatkan hasil kerapatan longsor di tebing hulu Sungai Senowo sebesar 3 kejadian longsor per 120 meter atau 1 kejadian longsor per 40 meter pada tebing sungai sisi kanan dan sisi kiri. Hal ini menunjukkan bahwa erosi, aktivitas gunungapi, serta intensitas curah hujan di sekitar lokasi penelitian masih tergolong tinggi. Hasil perhitungan kerapatan longsor di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kerapatan Longsor Tebing Hulu Sungai Senowo

Posisi Tebing	Jumlah Longsor	Kejadian Longsor per segmen	Kerapatan Longsor (jumlah/m)
Sisi Kanan	62	3	1/40
Sisi Kiri	54	3	1/40

Sumber : Hasil Perhitungan, 2015

b. Tipologi Longsor Tebing Sungai

Longsor adalah gerak massa tanah atau material kasar yang memiliki ciri dan

karakteristik yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut dapat dicirikan oleh cara bergerak dan material yang dibawa. Identifikasi mengenai tipologi longsor sangat perlu dilakukan untuk lebih mendetailkan karakteristik longsor tebing. Hal ini mengingat longsor tebing sungai yang ada di lokasi penelitian didominasi material debris yang sebagian besar longsor merupakan *debris avalanche*. Klasifikasi longsor di hulu Sungai Senowo berdasarkan gerak longsor disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah dan Tipe Longsor di Hulu Sungai Senowo berdasarkan Cara Bergerak

No	Tipe Longsor	Jumlah
1	Fall (Jatuhan)	17
2	Flow (Aliran)	91
3	Slide (Luncuran)	5
4	Topple (Ambrukan)	3
Total		116

Sumber : Survey Lapangan, 2014 dan Interpretasi Orthophoto (UAV), 2014

Berdasarkan Tabel 2. dapat diketahui bahwa terdapat empat jenis longsor yang

terjadi di tebing Sungai Senowo bagian hulu. Tipe *flow* (aliran) adalah tipe longsor yang paling banyak ditemui di lokasi kajian dengan jumlah 91 titik atau 78,4%. Tipe *flow* mencirikan bahwa dominasi material longsor berupa material yang lepas-lepas. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar longsor di hulu Sungai Senowo terjadi pada bagian tebing yang tersusun oleh material kasar yaitu pasir, kerikil, dan batu tanpa adanya kompaksi.

c. Dimensi Longsor Tebing Sungai

Pengukuran dimensi longsor tebing sungai meliputi panjang, tinggi, lebar, kedalaman dan luas material hasil longsor, volume permukaan longsor serta kemiringan

longsor. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan dimensi longsor, dimensi longsor yang ada di hulu Sungai Senowo memiliki ukuran yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh aliran lahar, proses erosi yang bekerja, serta kondisi alur sungai. Terdapat 4 longsor tipe *flow* yang memiliki ukuran sangat besar dibandingkan dengan longsor tipe *flow* yang lain maupun longsor dengan tipe lainnya. Longsor terbesar di lokasi penelitian memiliki volume material longsor sebesar 1.584 meter³ dan longsor terkecil memiliki volume longsor sebesar 0,08 meter³. Longsor dengan dimensi terbesar di hulu Sungai Senowo ditunjukkan pada Gambar 5.

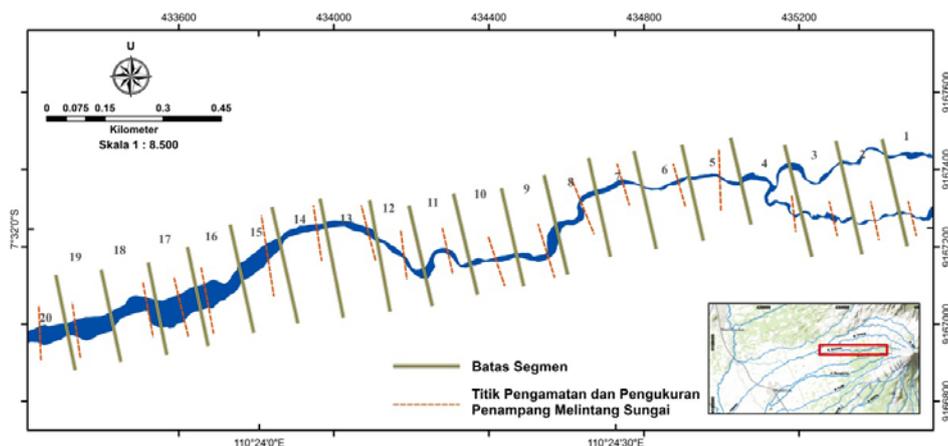


Gambar 5. Longsor dengan Dimensi Terbesar (Tipe *Flow* di Segmen 11)
(Sumber : Orthophoto UAV, 2014 dan Foto Lapangan, 2014)

Perubahan Morfologi Sungai

Identifikasi morfologi bagian hulu Sungai Senowo pasca erupsi tahun 2010 dilakukan pada 20 titik pengamatan dan pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Titik pengamatan dan pengukuran ditentukan pada lokasi yang memiliki anomali kejadian lahar atau morfologi sungai, seperti adanya meander, luapan lahar, maupun endapan lahar pada lembah sungai.

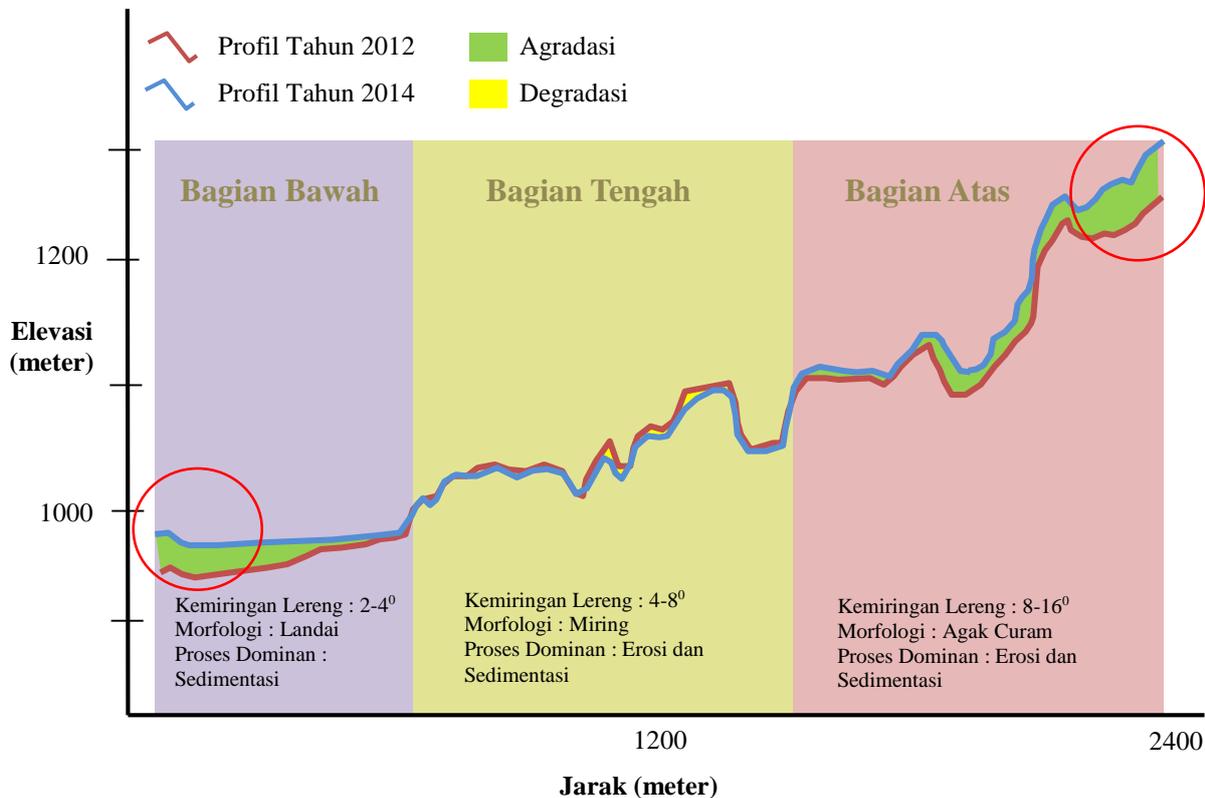


Gambar 6. Sebaran Titik Pengamatan dan Pengukuran Morfologi Sungai

a. Perubahan Profil Memanjang dan Melintang Sungai

Profil sungai dapat dibuat secara memanjang maupun melintang sesuai dengan kebutuhan analisis. Profil memanjang akan menggambarkan bentuk permukaan bumi searah atau sejajar arah lereng. Dalam analisis morfologi sungai, konfigurasi ini akan memperlihatkan adanya perbedaan pada bagian

upstream hingga *downstream* sehingga bisa digunakan untuk mengetahui proses-proses yang dapat terjadi pada zona tersebut. Perubahan morfologi hulu Sungai Senowo yang ditunjukkan dengan profil memanjang tahun 2012 dan 2014 menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang cukup besar pada hulu bagian atas dan hulu bagian bawah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Profil Memanjang Hulu Sungai Senowo

Secara umum berdasarkan profil memanjang sungai tersebut, bagian hulu Sungai Senowo dibagi ke dalam 3 bagian. Bagian pertama merupakan bagian atas dengan morfologi agak curam yaitu pada pengamatan segmen 1 hingga 7, bagian tengah dengan morfologi miring yaitu pada segmen 8 hingga 15, dan bagian bawah yang landai di segmen 16 hingga 20. Pada bagian atas, bentuk permukaan bumi cenderung bergelombang dengan bentuk lereng cekung dan cembung. Berbeda halnya dengan bagian bawah yang cenderung memiliki bentuk lereng lurus. Perbedaan konfigurasi tersebut mulai berubah pada elevasi 1000 mdpal. Pada ketinggian 1000 mdpal ke atas bentuk lereng mulai mengalami variasi bentuk lereng yang beragam. Hal ini disebabkan oleh banyaknya sedimen lahar yang masih tertampung pada bagian tersebut dengan jumlah

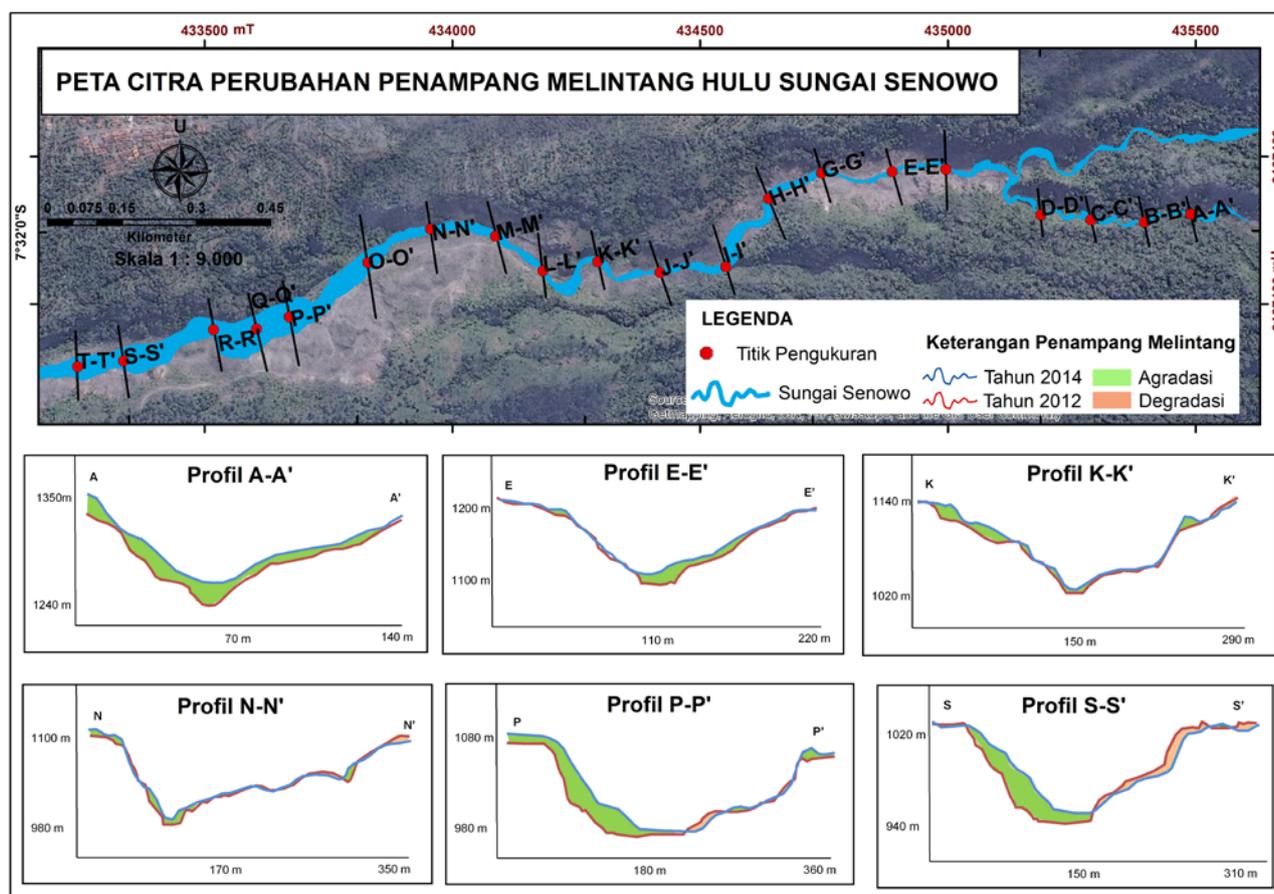
yang cukup banyak. Bentuk igir pada profil tersebut menggambarkan tumpukan sedimen lahar atau tanggul sungai, sedangkan bentuk lembah menggambarkan adanya erosi atau penggerusan sungai.

Perubahan elevasi yang cukup besar terjadi pada bagian atas dan bagian bawah hulu sungai. Menurut hasil analisis data pada tahun 2012 bagian atas sungai terletak pada ketinggian 1260 meter dan mengalami agradasi sekitar 50 meter menjadi 1310 meter untuk tahun 2014. Bagian bawah juga mengalami agradasi mencapai 34 meter, yaitu tahun 2012 memiliki ketinggian 947 meter dan tahun 2014 menjadi 981 meter. Hal tersebut selain dipengaruhi oleh lahar juga dikarenakan adanya perbedaan tingkat akurasi data saat pengukuran. Tingkat akurasi pada data tahun 2014 lebih kecil karena kurangnya titik kontrol pada proses pemotretan

foto udara. Seharusnya dengan kondisi morfologi hulu Sungai Senowo yang heterogen, penggunaan titik kontrol haruslah detail sehingga semua titik dapat terpetakan untuk mendapatkan data ketinggian yang mampu merepresentasikan morfologi daerah tersebut.

Profil melintang hulu Sungai Senowo dibuat berdasarkan segmen sungai yaitu terdapat 20 profil melintang yang digunakan untuk mengetahui konfigurasi penggal sungai secara melintang. Profil melintang Sungai Senowo bagian hulu dalam kurun waktu 2 tahun menunjukkan adanya perubahan. Perubahan ini disebabkan lahar yang mengakibatkan adanya proses agradasi dan degradasi pada sungai.

Melalui profil melintang juga diketahui bentuk lembah di hulu Sungai Senowo. Morfologi bagian atas dan tengah yang bergelombang serta proses geomorfik yang intensif menyebabkan adanya variasi bentuk lembah “V” maupun “U”, sedangkan pada bagian bawah memiliki bentuk lembah “U”. Pada bentuk lembah “V” menunjukkan bahwa adanya erosi vertikal pada dasar sungai, sedangkan bentuk lembah “U” menunjukkan adanya sedimentasi yang lebih dominan khususnya pada lembah sungai. Peta citra perubahan penampang melintang pada beberapa penggal sungai di hulu Sungai Senowo ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta Citra Perubahan Profil Melintang Sungai

Perubahan morfologi profil memanjang dan melintang pada hulu Sungai Senowo secara umum dipengaruhi oleh 3 faktor, yaitu lahar, proses geomorfik (erosi, sedimentasi, dan longsor), dan adanya aktivitas manusia seperti penambangan pasir. Ketiga faktor tersebut menyebabkan adanya perbedaan karakteristik dari hulu bagian atas hingga hulu bagian bawah serta adanya perubahan penampang melintang. Berdasarkan perubahan morfologi penampang

melintang, perubahan yang paling terlihat yaitu pada lembah dan tebing sungai.

b. Perubahan Luas Penampang

Dalam kurun waktu 2 tahun adanya perubahan morfologi hulu Sungai Senowo juga dapat diketahui melalui perbedaan luas penampang melintang. Perubahan luas penampang melintang menunjukkan adanya perluasan maupun penyempitan lembah sungai.

Hasil perhitungan perubahan luas penampang melintang dari tahun 2012 dan tahun 2014 menunjukkan bahwa 7 sampel penggal sungai mengalami perluasan lembah sungai dan 13 sampel lainnya mengalami penyempitan lembah sungai. Hasil perhitungan luas penampang melintang dari segmen 1-20 disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan Luas Penampang Melintang Hulu Sungai Senowo

No	Luas Penampang Melintang (meter ²)			Keterangan
	Tahun 2012	Tahun 2014	Selisih	
1	4460	8200	3740	Perluasan lembah
2	4480	3800	- 680	Penyempitan lembah
3	3920	4400	480	Perluasan lembah
4	7500	9000	1500	Perluasan lembah
5	10500	8000	- 2500	Penyempitan lembah
6	13300	12000	- 1300	Penyempitan lembah
7	14700	13000	- 1700	Penyempitan lembah
8	15120	8500	- 6620	Penyempitan lembah
9	15125	10800	- 4325	Penyempitan lembah
10	15810	15500	- 310	Penyempitan lembah
11	16740	11600	- 5140	Penyempitan lembah
12	9350	10400	1050	Perluasan lembah
13	12375	13600	1225	Perluasan lembah
14	15300	17600	2300	Perluasan lembah
15	22500	25200	2700	Perluasan lembah
16	16800	16400	- 400	Penyempitan lembah
17	15840	11520	- 4320	Penyempitan lembah
18	14620	10400	- 4220	Penyempitan lembah
19	10560	10200	- 360	Penyempitan lembah
20	12160	9200	- 2960	Penyempitan lembah

Sumber : Hasil Perhitungan, 2015

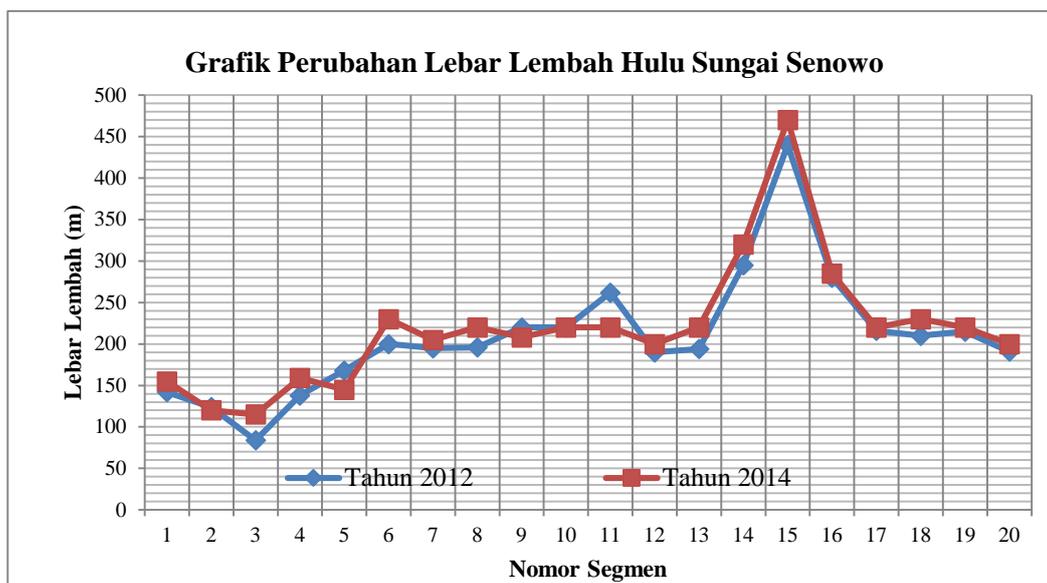
Perluasan lembah terjadi karena adanya proses pengikisan bagian dasar sungai, teras sungai maupun tebing sungai selama dalam kurun waktu 2 tahun. Penyempitan lembah

sungai terjadi akibat adanya pengendapan material baik berupa endapan lahar maupun endapan hasil material longsor. Perluasan lembah sungai terbesar ada pada penggal sungai di segmen 1 sebesar 3.740 meter². Penggal sungai di segmen 10 memiliki penyempitan lembah terkecil sebesar 310 meter², sedangkan penyempitan lembah terbesar terjadi pada segmen 8 sebesar 6.620 meter², segmen 11 sebesar 5.140 meter², segmen 9 sebesar 4.325 meter², dan segmen 17 sebesar 4.320 meter².

c. Perubahan Morfologi Lembah Sungai

Parameter morfologi lembah sungai dapat diketahui melalui bentuk lembah dan lebar lembah. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bentuk lembah di hulu Sungai Senowo bervariasi dari “V” dan “U”. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi morfologi Sungai Senowo bagian hulu sangat dinamis dan mudah terpengaruh baik oleh tenaga endogen maupun eksogen. Morfologi hulu Sungai Senowo secara keseluruhan dikontrol oleh aktivitas Gunungapi Merapi sehingga adanya kejadian lahar akan mampu mempengaruhi perubahan bentuk lembah.

Hasil perhitungan perubahan lebar lembah hulu Sungai Senowo berdasarkan penampang melintang sungai menunjukkan bahwa terdapat 4 lembah sungai yang mengalami penyempitan lembah, 15 lembah sungai yang mengalami pelebaran lembah dan, 1 lembah yang memiliki lebar tetap. Grafik perbandingan lebar lembah dalam kurun waktu dua tahun dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perubahan Lebar Lembah Hulu Sungai Senowo

(Sumber : Interpretasi Orthophoto LiDAR, 2012 dan UAV, 2014 serta Survey Lapangan, 2014)

Berdasarkan grafik tersebut, penggal sungai yang tidak mengalami perubahan lembah sungai dalam kurun waktu 2 tahun adalah pada segmen 10 yaitu dengan 220 meter. Hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya proses yang mendominasi pada lembah sungai sehingga besarnya erosi dan sedimentasi yang terjadi memiliki pengaruh yang sama. Perubahan lebar lembah yang terjadi rata-rata sekitar 18 meter. Lembah sungai terlebar pada sampel pengukuran morfologi sungai terjadi pada segmen 15 yang terletak pada tekuk lereng dan meander sungai yaitu mencapai 470 meter.

Perubahan lebar lembah sungai pada sungai yang dialiri aliran lahar sangat

dipengaruhi oleh luapan lahar. Lahar merupakan salah satu tenaga yang memiliki daya rusak besar sehingga material sungai akan mudah terkikis dengan aliran lahar yang cepat dan kemudian menyebabkan degradasi pada sungai. Perubahan lebar sungai akibat aliran lahar juga menyebabkan penyempitan lembah. Hal ini dikarenakan setelah mengikis badan sungai, sebagian lahar mengalami pengendapan menjadi endapan lahar. Dalam kurun waktu 2 tahun di Sungai Senowo banyak terdapat endapan lahar yang baru saja terbentuk dan kemudian membentuk teras sungai maupun mempengaruhi tebing sungai seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Endapan lahar di salah satu penggal sungai yang mempengaruhi tebing sungai dan membentuk teras sungai
(Sumber : Foto Lapangan, 2014)

d. Perubahan Morfologi Alur Sungai

Perubahan morfologi alur sungai di Sungai Senowo bagian hulu masih sangat dinamis. Hal ini dikarenakan kondisi topografi yang bergelombang dan proses geomorfik yang masih intensif serta curah hujan yang tinggi menyebabkan perubahan alur sungai pada daerah ini sangat mungkin terjadi. Besarnya erosi dan sedimentasi pada sungai berpengaruh terhadap kondisi alur sungai yang kemudian juga mempengaruhi fungsi dan kapasitas daya tampung air dan sedimen pada alur sungai. Alur sungai yang melebar dikarenakan adanya erosi pada dasar sungai sehingga aliran air yang mengalir akan lebih lebar. Erosi vertikal pada dasar sungai juga dapat menyebabkan adanya percabangan alur sungai.

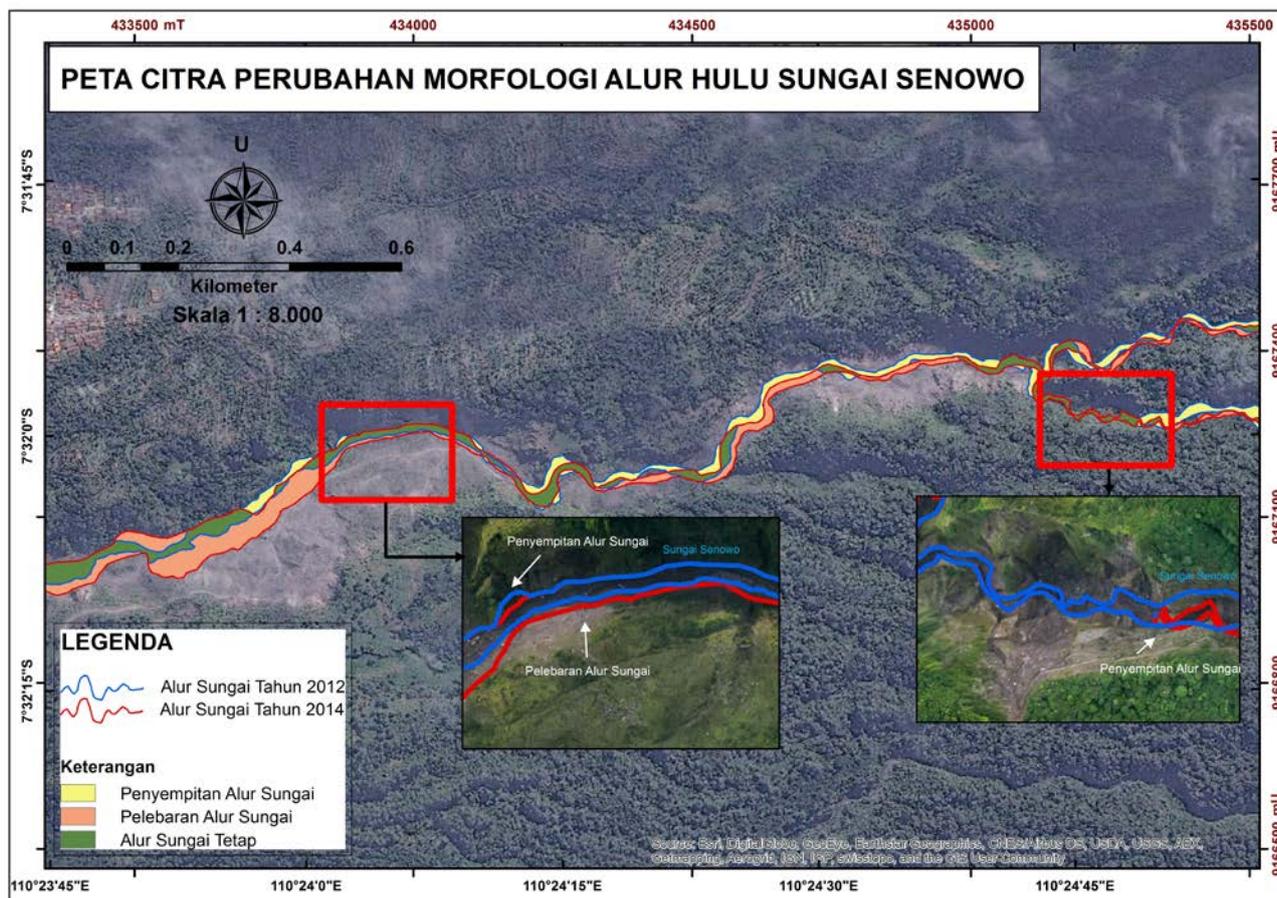
Perubahan alur sungai berdasarkan lebar alur menyebabkan adanya penyempitan dan pelebaran alur sungai. Pada kurun waktu 2 tahun alur Sungai Senowo bagian hulu yang

mengalami penyempitan alur seluas 24.431 meter² dan yang mengalami pelebaran alur seluas 34.120 meter². Perubahan alur Sungai Senowo baik penyempitan maupun pelebaran terdapat di sepanjang alur dari atas hingga bawah. Meskipun begitu, masih ada penggal sungai yang memiliki alur sungai tetap yaitu seluas 29.009 meter². Berdasarkan luas perubahan alur tersebut, perubahan alur di bagian hulu Sungai Senowo dari tahun 2012 ke tahun 2014 yang paling banyak terjadi adalah pelebaran alur sungai. Pelebaran alur sungai ini besar terjadi pada bagian bawah hulu Sungai Senowo.

Perubahan alur sungai hulu bagian atas menunjukkan adanya penyempitan alur dan pelebaran alur sungai. Meskipun begitu, penyempitan dan pelebaran alur yang terjadi di bagian atas tidaklah besar karena bentuk sungai yang cenderung sempit. Pada hulu sungai bagian tengah proses penyempitan dan pelebaran alur

sungai cukup besar. Hal ini dikarenakan alur ini aktif dialiri oleh lahar dengan morfologi bergelombang sehingga proses sedimentasi dan erosi sangat intensif. Pada hulu sungai bagian

bawah didominasi adanya pelebaran alur sungai yang cukup besar. Perubahan morfologi alur sungai hulu Sungai Senowo ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Peta Citra Perubahan Morfologi Alur Sungai

e. Perubahan Morfologi Dasar Sungai

Perubahan dasar sungai dapat diketahui melalui kondisi dasar sungai yaitu berdasarkan menghilangnya dasar sungai sebelum adanya lahar dan munculnya dasar sungai baru karena adanya endapan material lahar (Hadmoko, dkk., 2013). Hasil perhitungan perubahan dasar sungai menggunakan data DEM hulu Sungai Senowo memperlihatkan bahwa nilai degradasi maksimum adalah sebesar 2,1 meter dan nilai aggradasi maksimum adalah 9,4 meter. Nilai tersebut menunjukkan proses degradasi dan aggradasi yang terjadi di hulu Sungai Senowo tergolong tinggi karena kondisi sungai yang dinamis menyebabkan morfologi dasar Sungai Senowo mudah terusik.

Pengamatan dasar sungai yang terletak di zona atas hulu Sungai Senowo didominasi oleh proses aggradasi. Seperti pada penjelasan terkait perubahan lembah sungai dan alur sungai, pada bagian atas terjadi penambahan material yang

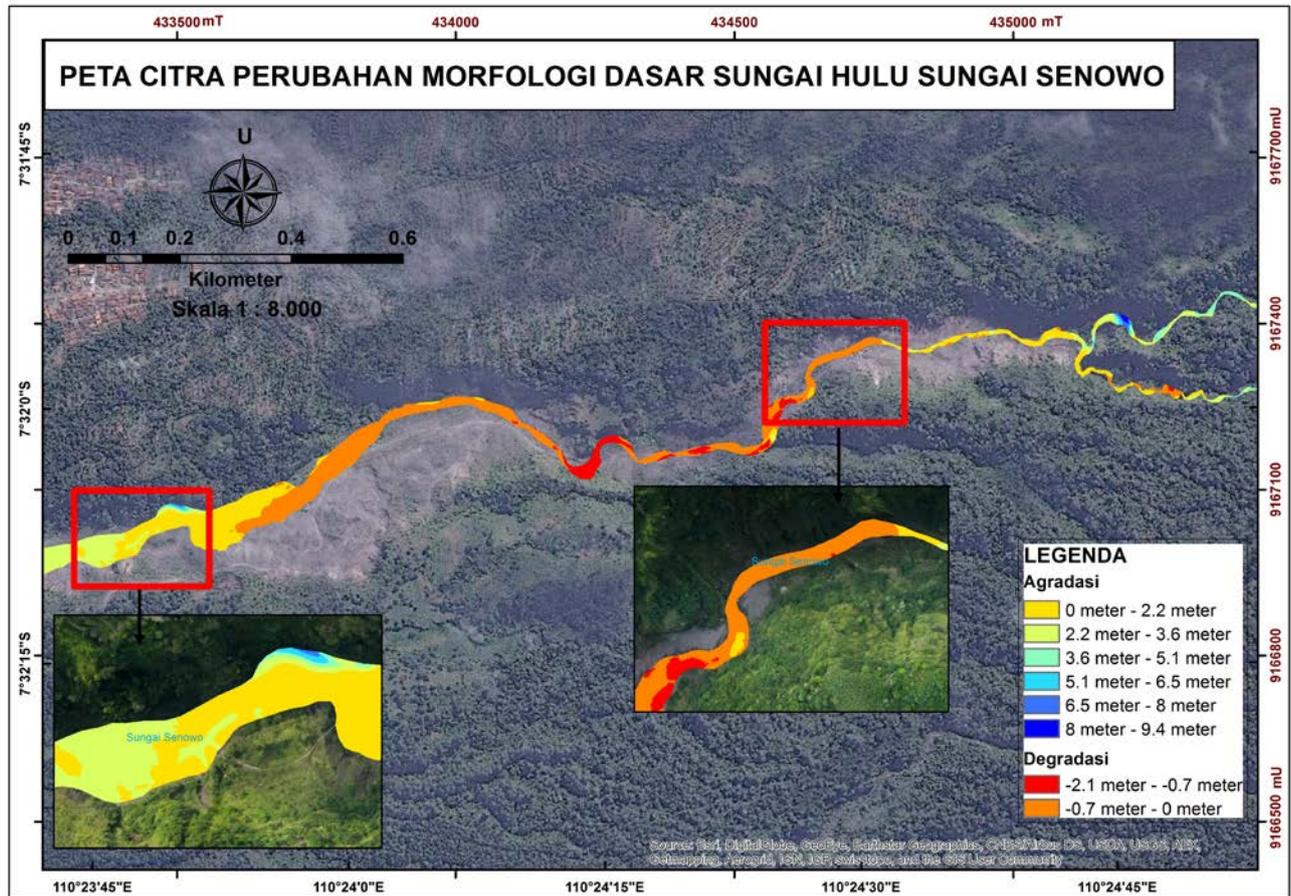
diduga selain hasil endapan lahar juga merupakan hasil endapan material longsoran tebing. Meskipun begitu, pada cabang sungai proses aggradasi semakin ke bawah semakin berkurang. Hal ini dikarenakan pada cabang sungai ini alur dan dasar sungai sangatlah sempit sehingga akan terjadi erosi dasar sungai. Anomali ini juga terjadi akibat kedua data DEM yang digunakan untuk analisis perubahan dasar sungai memiliki perbedaan akurasi sehingga terjadi penyimpangan pada bagian atas dengan nilai aggradasi mencapai 2,2 hingga 8 meter.

Dasar sungai bagian tengah hulu Sungai Senowo didominasi oleh proses degradasi. Proses degradasi bagian tengah ini cukup besar, yaitu berkisar antara 0 hingga 2,1 meter. Degradasi yang cukup besar ini menunjukkan adanya erosi vertikal yang besar dan cepat pada bagian hulu sungai dengan gradien sungai yang relatif miring. Kenaikan tingkat degradasi pada dasar sungai dikarenakan adanya morfologi

sungai yang bermeander sehingga memperbesar proses erosi vertikal yang terjadi.

Berdasarkan konsep kecepatan lahar semakin menuju ke bawah akan semakin rendah. Kecepatan lahar yang semakin rendah menyebabkan material endapan pada bagian bawah yang semakin banyak. Hal ini dikarenakan gaya gesek dan daya rusak lahar

yang menurun sehingga material bagian atas akan terendapkan di bagian bawah. Konsep ini berlaku pada hasil analisis dasar sungai di hulu Sungai Senowo bagian bawah yang menunjukkan adanya proses agradasi yang semakin besar yaitu mencapai 2,2 meter - 6,5 meter. Peta perubahan dasar sungai ditunjukkan pada Gambar 12.



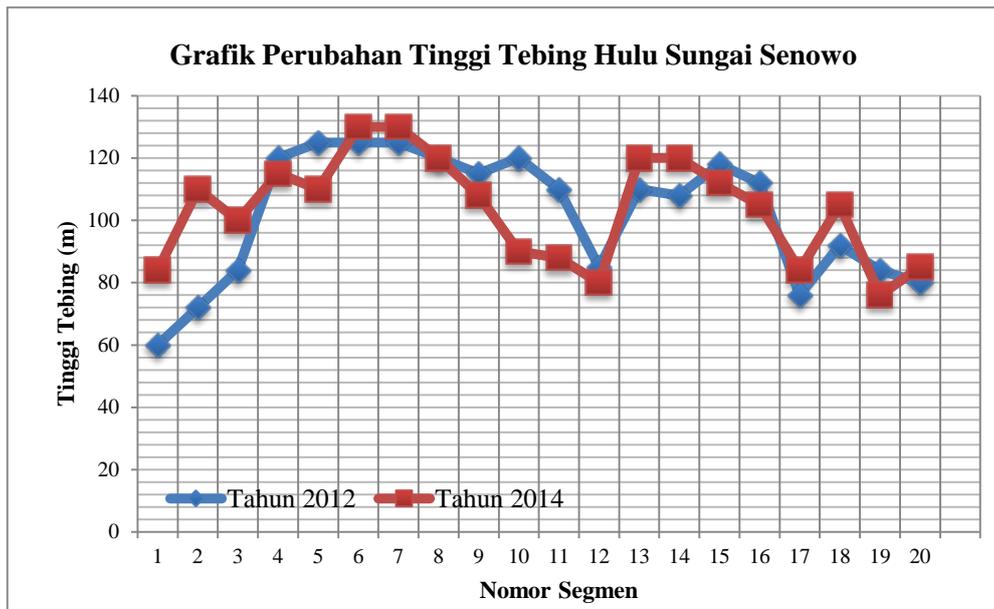
Gambar 12. Peta Citra Perubahan Morfologi Dasar Sungai

f. Perubahan Morfologi Tebing Sungai

Morfologi tebing sungai bagian hulu Sungai Senowo dipengaruhi oleh lahar dan erosi tebing yang menyebabkan longsoran tebing sungai. Kondisi tebing yang dapat diidentifikasi untuk mengetahui perubahan morfologi adalah tinggi tebing dan lebar tebing. Kedua parameter ini dapat mencirikan proses dominan yang terjadi penyebab perubahan morfologi sungai.

Tinggi tebing hulu Sungai Senowo terhitung cukup tinggi, rata-rata berkisar antara 60 meter – 130 meter. Dari hasil pengukuran tinggi tebing pada tahun 2012 dan 2014 perubahan yang terjadi dapat bertambah, berkurang, ataupun tetap. Selisih pertambahan perubahan tinggi paling besar terjadi di segmen 2, yaitu terjadi penambahan tinggi sebesar 38

meter. Penambahan ini diakibatkan oleh erosi yang menyebabkan pendalaman alur atau lembah. Alur atau lembah yang semakin dalam akan menyebabkan tebing menjadi semakin tinggi. Penambahan tinggi tebing cenderung terjadi di segmen bagian atas dan bagian bawah daerah pengukuran. Berbeda halnya dengan pengurangan tinggi tebing yang cenderung diakibatkan oleh sedimentasi. Akibatnya akan terjadi pendangkalan lembah sehingga tebing akan menjadi semakin rendah. Pengurangan tinggi tebing paling besar terjadi pada segmen 10, yaitu berkurang 30 meter. Hanya terdapat satu sampel yang memiliki tinggi yang sama, yaitu pada segmen 8 setinggi 120 meter. Hasil pengukuran perubahan tinggi tebing dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Perubahan Tinggi Tebing Hulu Sungai Senowo

(Sumber : Interpretasi Orthophoto LiDAR, 2012 dan UAV, 2014 serta Survey Lapangan, 2014)

Parameter lain yang dapat mencirikan perubahan tebing sungai adalah lebar tebing atau jarak tebing antara kanan-kiri sungai. Perubahan ini tentunya akan mempengaruhi juga lebar lembah sungai. Berdasarkan hasil pengukuran lebar lembah, posisi tebing banyak mengalami perubahan antara tahun pengukuran 2012 dan tahun 2014. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa cenderung lebih terjadi pelebaran lembah sungai dibandingkan dengan penyempitan lembah sungai. Dalam selisih dua tahun telah terjadi pelebaran tebing sungai seluas 98.845 meter², sedangkan terjadi penyempitan tebing sungai seluas 19.355 meter² dan juga terdapat tebing sungai yang tetap artinya tidak mengalami penyempitan maupun pelebaran.

Perubahan posisi tebing sangat dipengaruhi oleh proses geomorfologi yang terjadi, utamanya adalah erosi dan sedimentasi. Tebing sungai yang melebar terjadi akibat adanya erosi dan longsor tebing sehingga material tersebut berpindah ke bagian bawah tebing sungai. Kejadian ini kemudian mengakibatkan adanya penambahan material pada lembah sungai. Penambahan pada lembah sungai menyebabkan lembah sungai semakin lebar dan semakin luas. Pergeseran garis tebing sungai banyak terjadi pada sungai yang berkelok karena proses erosi yang terjadi lebih besar. Sebaliknya dengan penyempitan lembah sungai terjadi akibat adanya proses sedimentasi yang besar. Endapan material yang terus menumpuk di kanan kiri alur sungai akan menyebabkan

terbentuknya tebing baru. Aliran air maupun lahar akan lebih cepat mengerosi dinding sungai yang berkelok dengan lembah yang sempit dibandingkan pada sungai yang lurus dengan lembah sungai yang lebar. Secara umum adanya pergeseran garis tebing Sungai Senowo juga terjadi pada hulu bagian atas karena proses erosi dan sedimentasi akibat lahar masih sangat intensif terjadi.

4. Kesimpulan

Longsor tebing di bagian hulu Sungai Senowo terjadi akibat adanya aliran lahar, erosi tebing, hujan dan terpaan angin. Longsoran di hulu Sungai Senowo tersebar dari hulu bagian atas hingga hulu bagian bawah dengan jumlah 116 kejadian longsor. Longsoran yang terjadi dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu *flow*, *fall*, *slide*, dan *topple* dengan dominasi tipe *flow* yang merupakan longsoran *debris avalanche* bermaterial pasir, kerikil, dan batuan. Longsoran di hulu Sungai Senowo ini memiliki dimensi yang berbeda-beda, dari yang terbesar 1584 m³ hingga yang terkecil 0,08 m³.

Longsoran tebing, erosi, dan sedimentasi akibat lahar mempengaruhi kondisi morfologi hulu Sungai Senowo. Kondisi sungai yang dinamis menyebabkan adanya perubahan morfologi sungai pada kurun waktu dua tahun (2012-2014). Kejadian lahar menyebabkan adanya agradasi dan degradasi sehingga mempengaruhi bentuk dan luas penampang

melintang, penampang memajang, dasar sungai, alur sungai, lembah sungai, dan tebing sungai. Agradasi yang terjadi mencapai 9,4 meter dan degradasi mencapai 2,1 meter. Perubahan morfologi terbesar terjadi pada hulu bagian atas dan hulu bagian bawah. Perubahan morfologi ini mengakibatkan dimensi Sungai Senowo menjadi sangat dinamis dan berimplikasi terhadap besarnya daya tampung lahar pada masa yang akan datang.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui dan menilai dampak erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 pada Sungai Senowo bagian hulu. Penelitian ini dilakukan dalam rangka penyelesaian tugas akhir untuk memperoleh gelar Kesarjanaan S1 Tiara Handayani pada tahun 2015. Dr. Danang Sri Hadmoko, M.Sc. dalam hal ini adalah promotor yang telah memberikan saran, masukan, dukungan, arahan, dan bimbingan dari mulai penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh jajaran keluarga besar Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada. Terima kasih khusus kepada Dr. Djati Mardiatno, M.Si. dan Dr. Estuning Tyas Wulan Mei, M.Si. yang telah bersedia memberikan saran, masukan dan koreksinya. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dan Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian (BPPTK) atas data-data yang diberikan guna menunjang penelitian ini. Terimakasih banyak kepada teman-teman Jurusan Geografi Lingkungan UGM (M. Ngainul, Igor Yoga, Aldhila, Rahadian Andre, Zulhan Effendy, M. Rifqi, Santi Adhiatmi, Puspa Chattra, Annisa Ayu, dkk) yang telah membantu dalam kegiatan lapangan. Terakhir kami berterima kasih kepada tim UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) Fakultas Geografi UGM untuk pemotretan foto udara lokasi penelitian.

Referensi

De Bélizal, E., Lavigne, F., Hadmoko, D.S., Degeai, J.P., Dipayana, G.A., Mutaqin, B.W., Marfai, M.A., Coquet, M., Le Mauff, J.B., Robin, A.K., Vidal, C., Cholik, N., Aisyah, N. (2013). Rain-

triggered lahars following the 2010 eruption of Merapi volcano, Indonesia: A major risk. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 261 : 330–347.

Hadmoko, D.S., Dibiyosaputro, S., dan Widiyanto. (2013). *Banjir Lahar : Pembentukan, Proses, Dampak dan Mitigasinya*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Kusumosubroto, H. Ir. Dip., HE. (2013). *Aliran Debris dan Lahar : Pembentukan, Pengaliran, Pengendapan, dan Pengendaliannya*. Cetakan Pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Lavigne, F. (1999). Lahar Hazard Micro-Zonation and Risk Assessment in Yogyakarta City, Indonesia. *GeoJournal* 49 : 173–183.

Lavigne, F., Thouret, J.C., Voight, B., Suwa, H., Sumaryono, A. (2000). Lahars at Merapi volcano: an overview. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 100 : 423–456.

Lavigne, F. and Thouret, J.-C. (2002). Sediment transportation and deposition by rain-triggered lahars at Merapi volcano, Central Java, Indonesia. *Geomorphology* 49 : 45–69.

Surono, Jousset, P., Pallister, J., Boichu, M., Buongiorno, M.F., Budisantoso, A., Costa, F., Andreastuti, S., Prata, F., Schneider, D., Clarisse, L., Humaida, H., Sumarti, S., Bignami, C., Griswold, J., Carn, S., Oppenheimer, C., Lavigne, F. (2012). The 2010 explosive eruption of Java's Merapi volcano — a '100-year' event. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 241–242, 121–135.

Tanarro, L.M., Andrés, N., Zamorano, J.J. Palacios D. , Renschler, C.S. (2010). Geomorphological evolution of a fluvial channel after primary lahar deposition: Huiloac Gorge, Popocatepetl volcano (Mexico). *Geomorphology* 122 : 178–190.