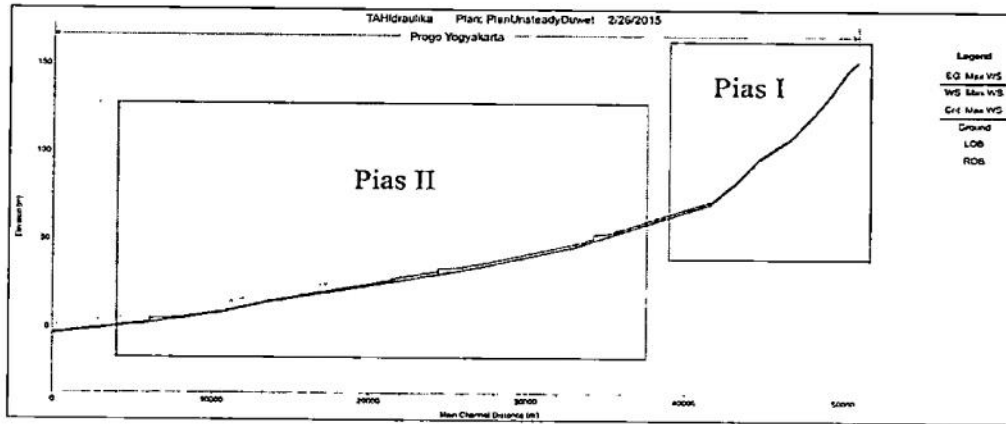


## BAB VI

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil simulasi permodelan aliran dengan *unsteady flow* dan *sediment transport* selanjutnya dilakukan analisa hidrolika yang terjadi pada pias Sungai Progo yang diteliti. Hal ini dilakukan dalam upaya mendapatkan informasi tentang elevasi muka air, kecepatan aliran dan tegangan geser yang terjadi. Permodelan hidrolika yang biasanya dilakukan saat ini menggunakan kondisi *unsteady flow* tanpa memperhatikan perubahan dasar saluran atau sungai karena proses agradasi dan degradasi terhadap waktu. Sedangkan kenyataan dilapangan menunjukkan bahwa pergerakan sedimen akan memberikan pengaruh terhadap parameter hidrolika yang terjadi pada suatu pias sungai atau saluran. Penelitian ini akan membandingkan hasil simulasi antara model hidrolika pada kondisi *unsteady flow* dengan kondisi yang memperhatikan *sediment transport* pada suatu aliran menggunakan *software* HEC-RAS versi 4.1.0.

Analisa pada studi ini dibuat dari potongan memanjang profil dasar sungai pada tiap bulan. Analisa dilakukan pada debit rata-rata yang terjadi setiap bulan dari Oktober 2010 hingga Juni 2011. Analisa dibedakan menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah pias sungai dari Jembatan Kebun Agung II hingga ke hulu dengan kemiringan cukup curam yaitu 0.007. Selanjutnya dalam pembahasan disebut Pias I. Bagian yang kedua adalah dari Jembatan Kebun Agung II hingga bagian hilir, termasuk bangunan infrastruktur didalamnya seperti Jembatan Ngapak, Jembatan Bantar, Bendung Sapon dan Jembatan Srandakan. Di bagian hilir dari jembatan-jembatan tersebut terdapat bangunan *groundsill* yang berfungsi sebagai bangunan pengendali sedimen yang mengalir melalui pias Sungai Progo. Kemiringan dasar pada sungai bagian ini berkisar 0,0018. Selanjutnya dalam pembahasai ini disebut Pias II. Pada penelitian ini, hanya bangunan *groundsill* yang disimulasikan pada permodelan. Pembagian nama pias dalam pembahasan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 6.1

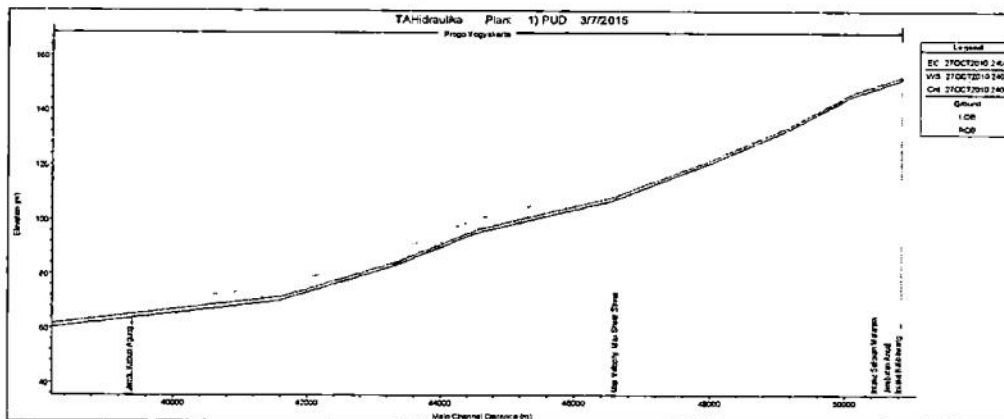


Gambar 6.1 Pembagian nama pias dalam pembahasan

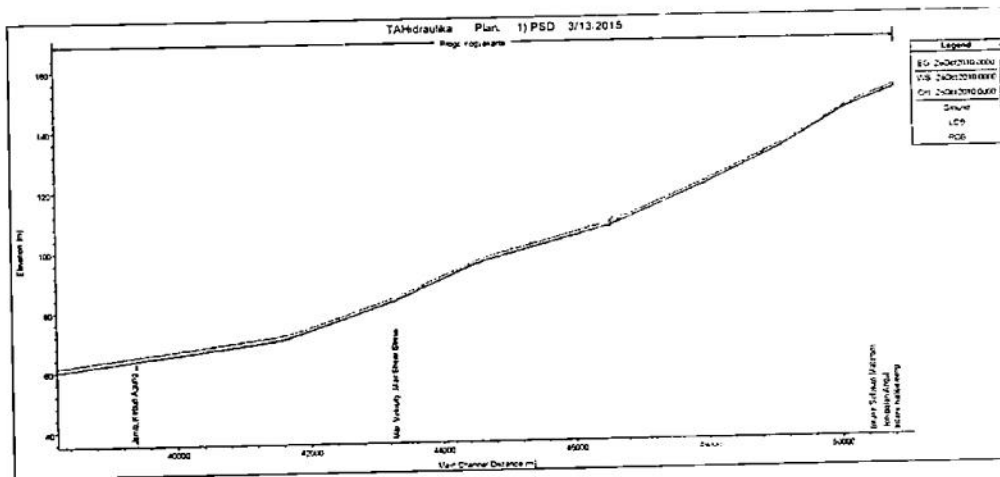
### A. Morfologi Sungai Pias I

Perbandingan hasil simulasi *unsteady flow* dengan *sediment transport* ditunjukkan pada Gambar 6.2 s/d Gambar 6.19. Pada awal Oktober kondisi aliran sungai belum memperoleh sedimen suplai dari lahar dingin (Gambar 6.1). Tanggal 26 Oktober 2010 terjadi erupsi Gunung Merapi. Setelah dua hari dari letusan, diasumsikan lahar sudah mulai masuk Sungai Progo.

Berdasarkan hasil simulasi dengan *unsteady flow* dapat dilihat pada gambar bahwa kecepatan aliran maksimum dan tegangan geser maksimum dengan debit rerata tiap bulan selalu terjadi pada titik yang sama. Sedangkan hasil simulasi dengan *sediment transport* menunjukkan perubahan titik kedalaman maksimum, kecepatan aliran maksimum dan tegangan geser maksimum. Perubahan ini terjadi seiring dengan berubahnya morfologi dasar sungai akibat suplai sedimen dari lahar dingin erupsi Gunung Merapi.

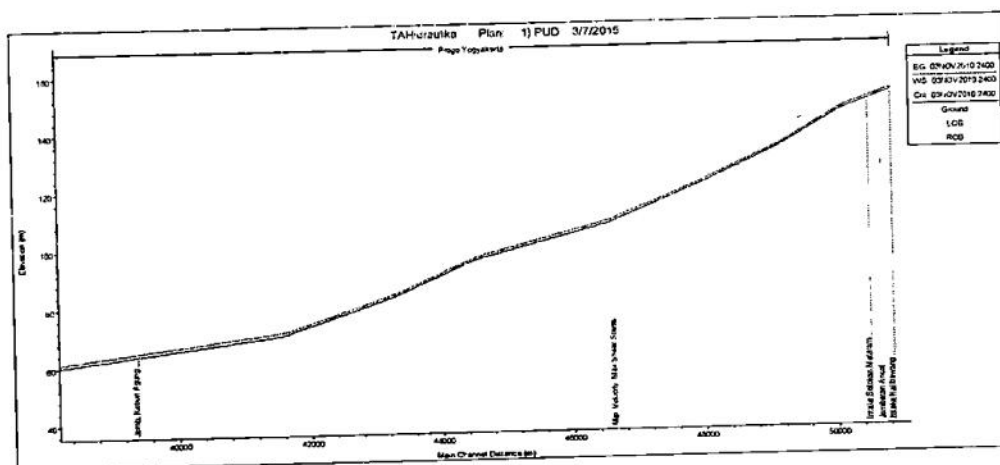


Gambar 6.2 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Oktober 2010 Pias I

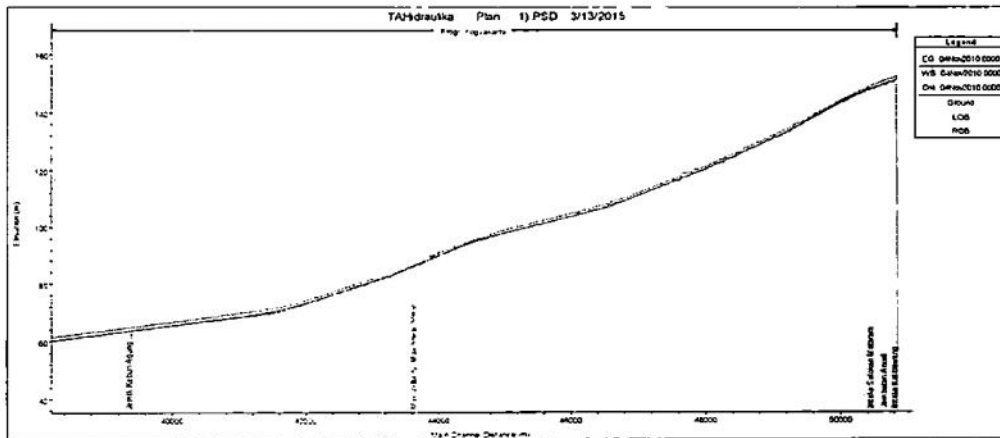


Gambar 6.3 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Oktober 2010 Pias I

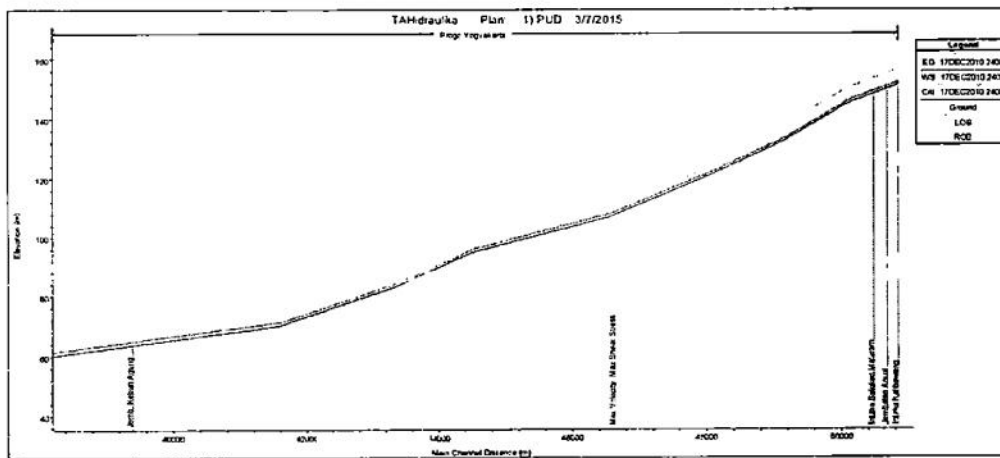
Dari hasil simulasi dengan *sediment transport* terlihat bahwa morfologi sungai sudah mulai berubah akibat sedimen suplai berlebih dari banjir lahar. Beberapa lokasi cenderung sudah menampakkan terjadinya sedimentasi. Hal ini juga akan memberikan pengaruh pada perubahan hidrolika di sepanjang aliran. Sedangkan simulasi *unsteady flow* tidak menunjukkan adanya perubahan elevasi dasar sungai, sehingga parameter hidrolika hanya terpengaruh dari debit aliran yang terjadi pada penampang model. Selanjutnya hasil simulasi pada tiap bulannya disajikan pada gambar berikut :



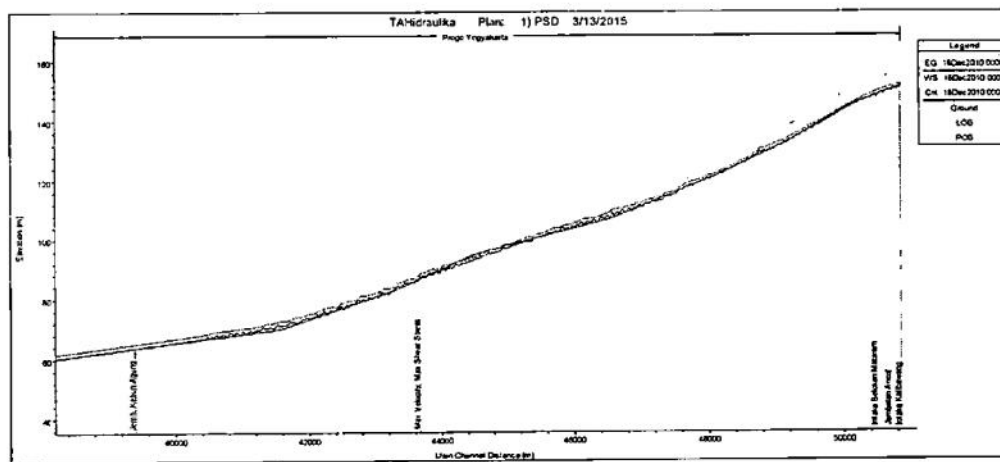
Gambar 6.4 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan November 2010 Pias I



Gambar 6.5 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan November 2010 Pias I

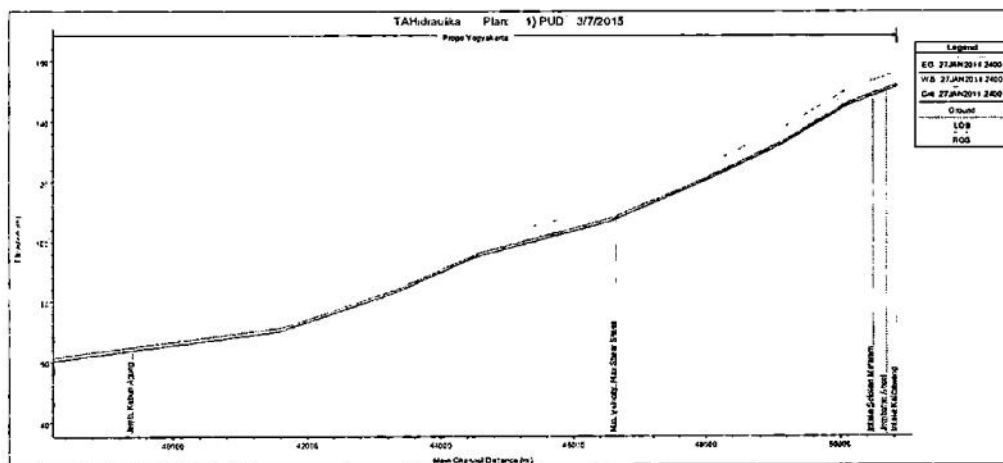


Gambar 6.6 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Desember 2010 Pias I

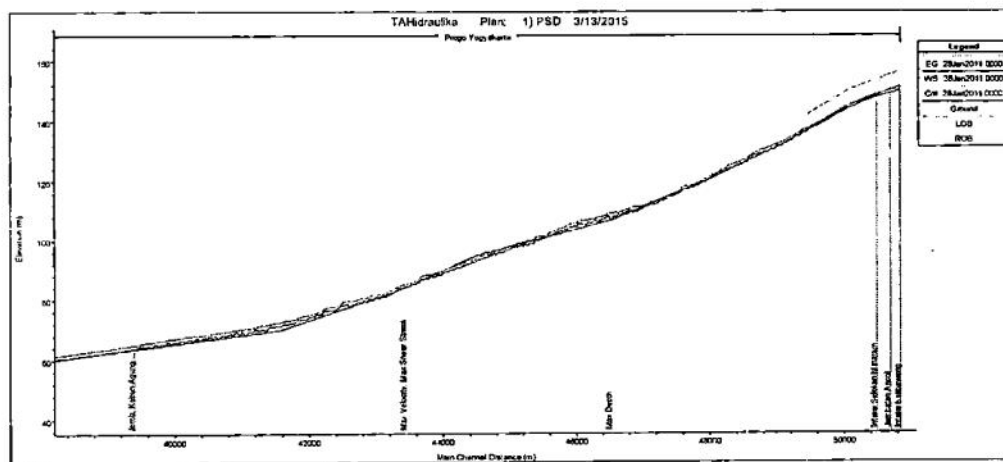


Gambar 6.7 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Desember 2010 Pias I

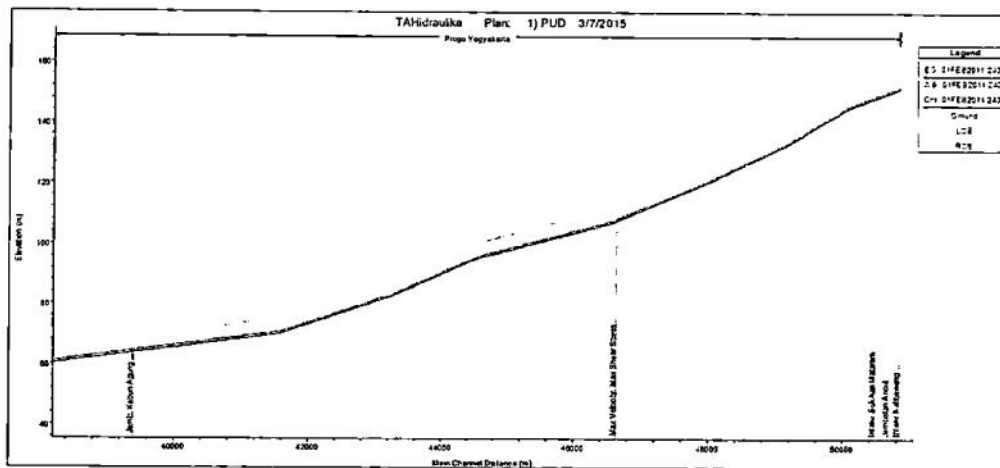
Gambar 6.6 dan 6.7 menunjukkan kondisi hidrolika Sungai Progo pada bagian hulu di bulan Desember 2010. Pada simulasi *sediment transport*, jumlah muatan sedimen akibat lahar dingin berakhir pada akhir bulan ini. Kemudian muatan sedimen tersebut mulai bergerak menuju hilir bersama debit aliran. *Sediment load* pada bulan Januari hingga Juni 2011 menggunakan kondisi *equilibrium*. Yaitu kondisi muatan sedimen yang masuk pada pias sungai sama dengan jumlah sedimen yang keluar. Kondisi ini juga menunjukkan keadaan volume gerusan sama dengan volume endapan yang terjadi pada suatu aliran di dalam suatu pias sungai atau saluran.



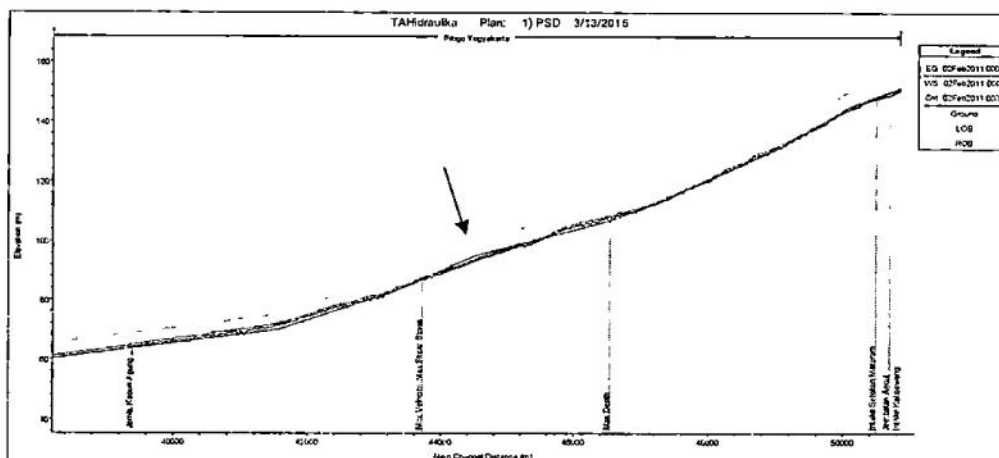
Gambar 6.8 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Januari 2011 Pias I



Gambar 6.9 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Januari 2011 Pias I

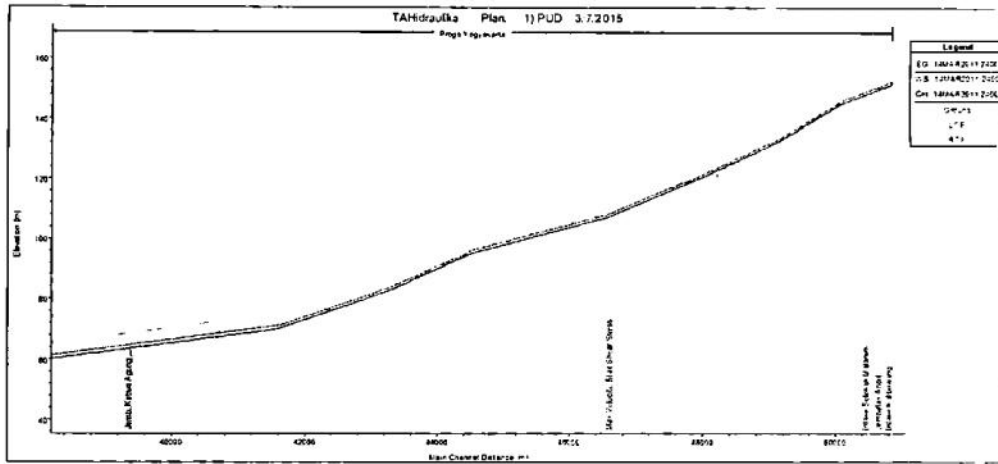


Gambar 6.10 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Februari 2011 Pias I

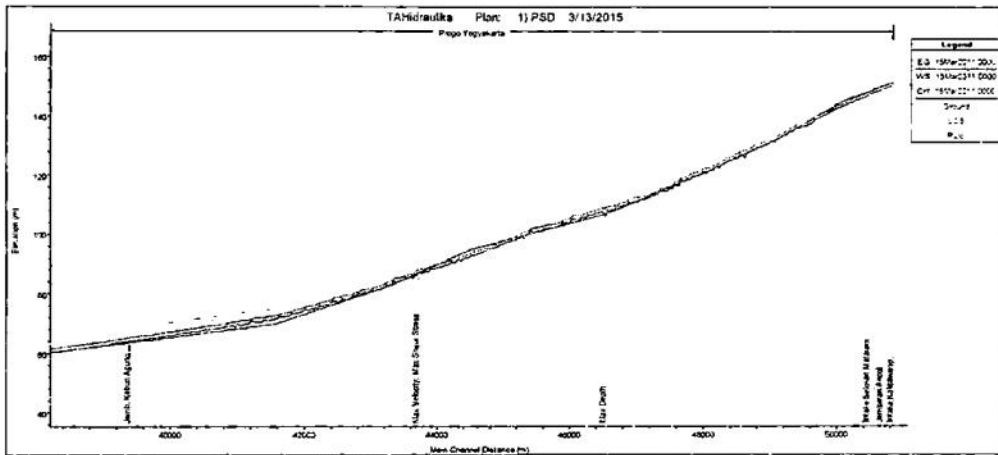


Gambar 6.11 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Februari 2011 Pias I

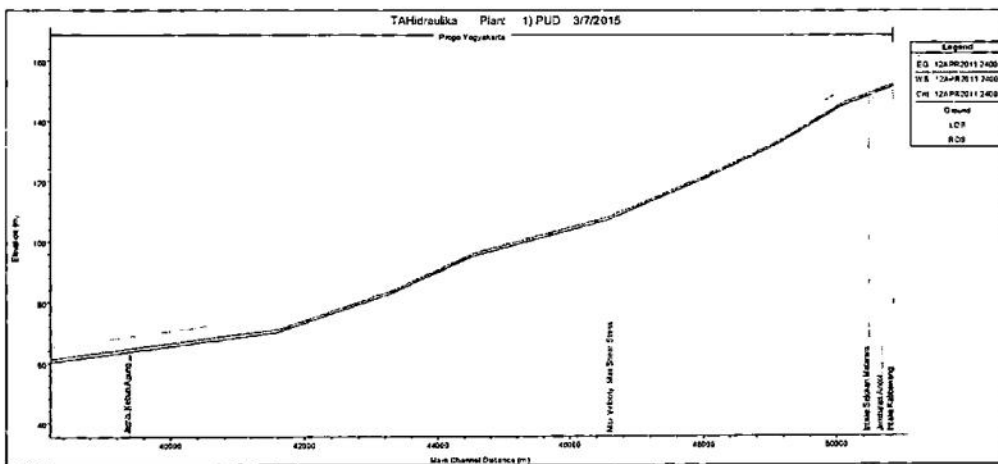
Dari gambar di atas, terlihat pada bagian hulu Jembatan Kebun Agung II mengalami sedimentasi untuk simulasi *sediment transport*. Sedangkan beberapa pias di antara titik kedalaman maksimum dengan kecepatan aliran dan tegangan geser telah terjadi degradasi (seperti ditunjukkan oleh anak panah). Proses degradasi dapat diketahui bahwa elevasi muka air pada waktu tersebut berada di bawah elevasi dasar sungai kondisi awal. Proses degradasi tersebut terus berlanjut sampai dengan bulan Juni. Semakin lama daerah yang mengalami degradasi akan semakin dalam dan besar. Proses degradasi sungai tersebut mengidentifikasi bahwa sedimen suplai dari lahar dingin adalah kecil atau sudah tidak ada lagi.



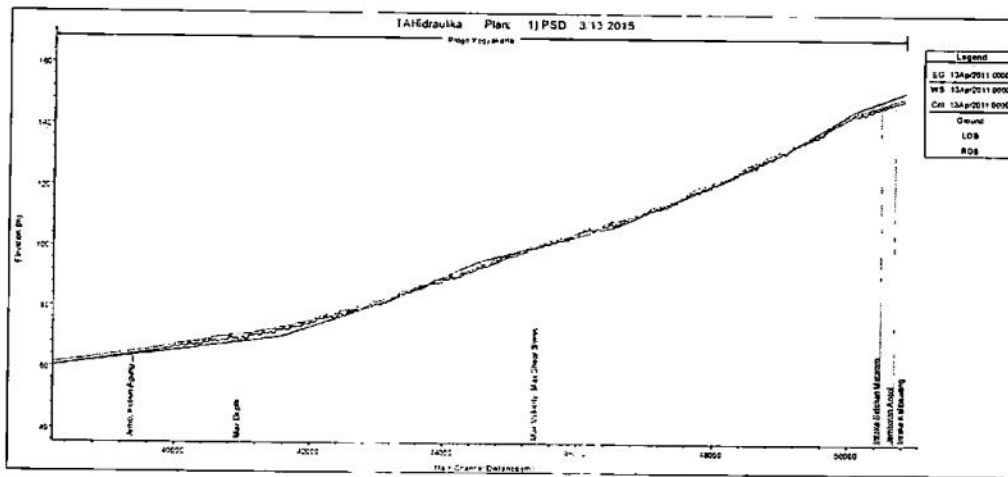
Gambar 6.12 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Maret 2011 Pias I



Gambar 6.13 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Maret 2011 Pias I

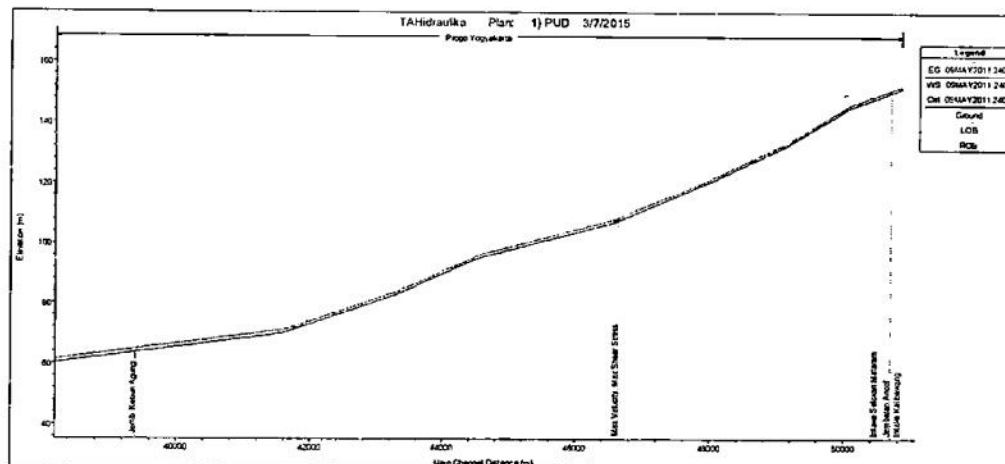


Gambar 6.14 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan April 2011 Pias I



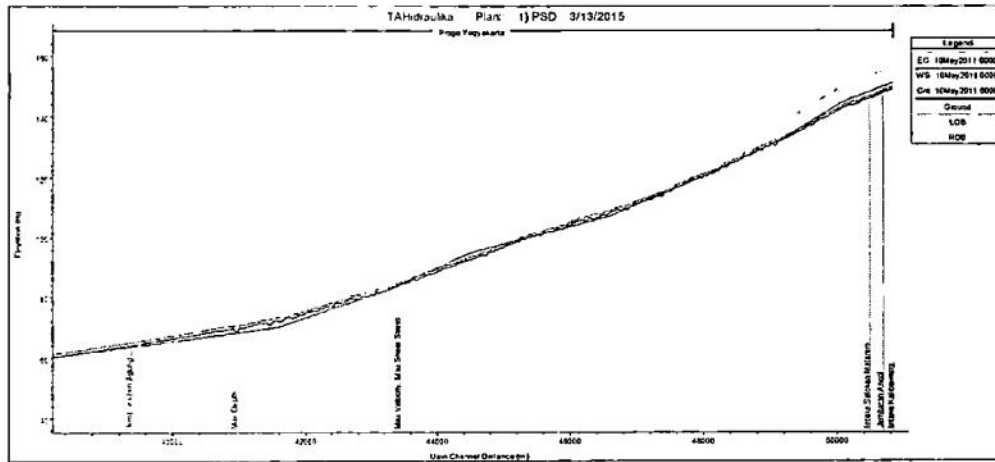
Gambar 6.15 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan April 2011 Pias I

Pada bulan April 2011 berdasarkan data pengukuran pada stasiun hidrologi Duwet, jumlah debit aliran yang terjadi pada pias Sungai Progo mulai mengalami penurunan. Intensitas hujan yang terjadi di wilayah daerah aliran Sungai Progo pada daerah hulu menjadi berkurang dari bulan-bulan sebelumnya sehingga limpasan langsung yang mengalir menuju pias Sungai Progo juga menjadi lebih sedikit. Hal ini menunjukkan perubahan musim dari musim penghujan ke musim kemarau. Meskipun jumlah debit aliran sedikit, muatan sedimen, proses agradasi dan degradasi pada pias Sungai Progo yang diteliti masih tetap berlangsung. Gambar 6.16 dan 6.17 menunjukkan aliran yang terjadi di Sungai Progo pada Pias I bulan Mei 2011.

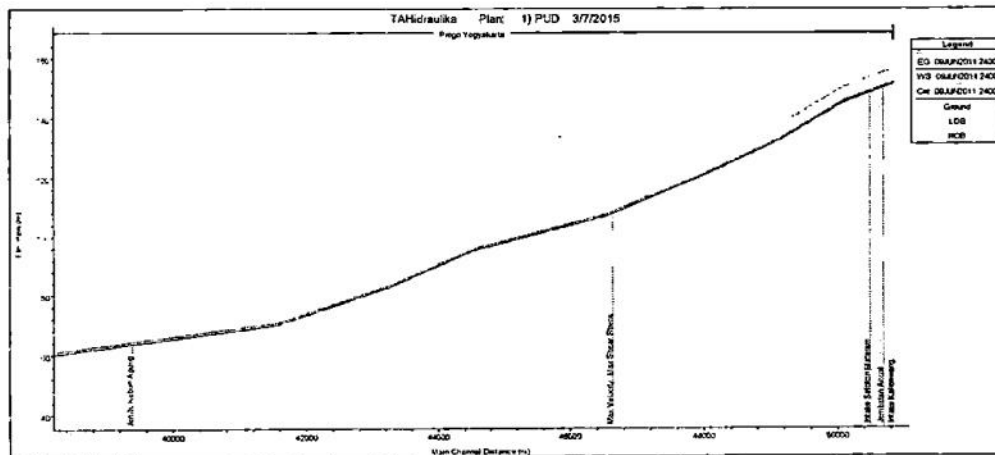


Gambar 6.16 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Mei 2011 Pias I

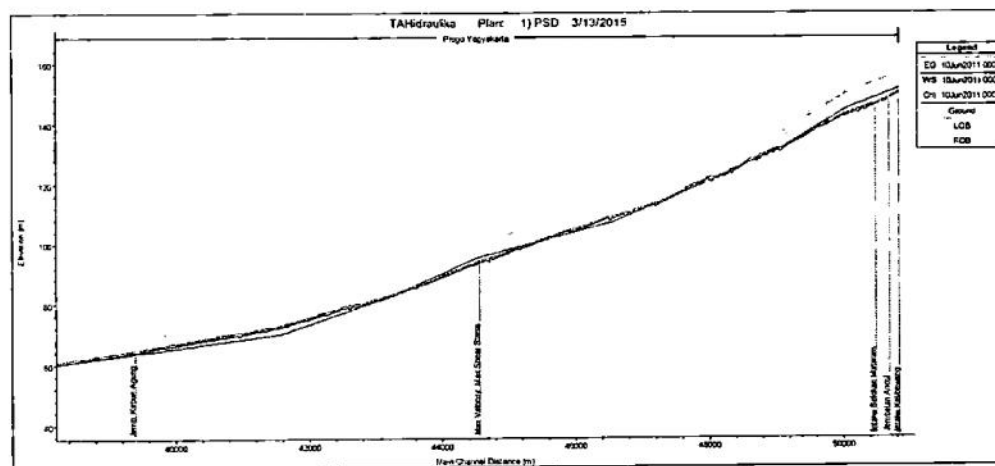




Gambar 6.17 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Mei 2011 Pias I



Gambar 6.18 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Juni 2011 Pias I



Gambar 6.19 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Juni 2011 Pias I

Sedimen suplai yang berlebih dari lahar tidak memberikan efek sedimentasi yang berlebih pada pias Sungai Progo dari Jembatan Kebon Agung II ke arah hulu. Akan tetapi setelah sedimen suplai dihentikan maka yang terjadi adalah proses aggradasi dasar sungai yang berlebih. Hal ini mengindikasikan dengan jelas bahwa dengan tidak adanya sedimen suplai dari atas, maka dasar sungai akan selalu tergerus. Hal ini juga disebabkan oleh kemiringan sungai yang cukup tinggi pada pias sungai tersebut.

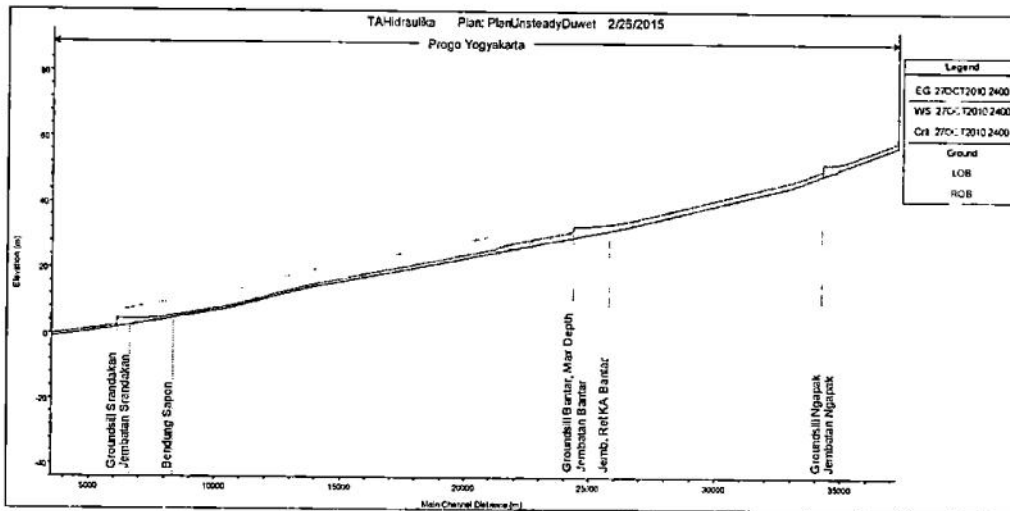
Perubahan penampang akan mempengaruhi kondisi hidrolika yang berbeda dari kondisi penampang awal. Titik terjadinya kecepatan aliran maksimum dan tegangan geser maksimum akan lebih dinamis mengikuti perubahan bentuk penampang yang terjadi pada simulasi *sediment transport*. Dari hasil simulasi tersebut di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa analisa hidrolika dengan memperhatikan pergerakan sedimen akan lebih mendekati dengan kondisi sebenarnya yang terjadi dilapangan. Pada kondisi ini perubahan morfologi dasar sungai akibat bencana seperti aliran lahar dingin dapat dimodelkan.

### **B. Morfologi Sungai Pias II**

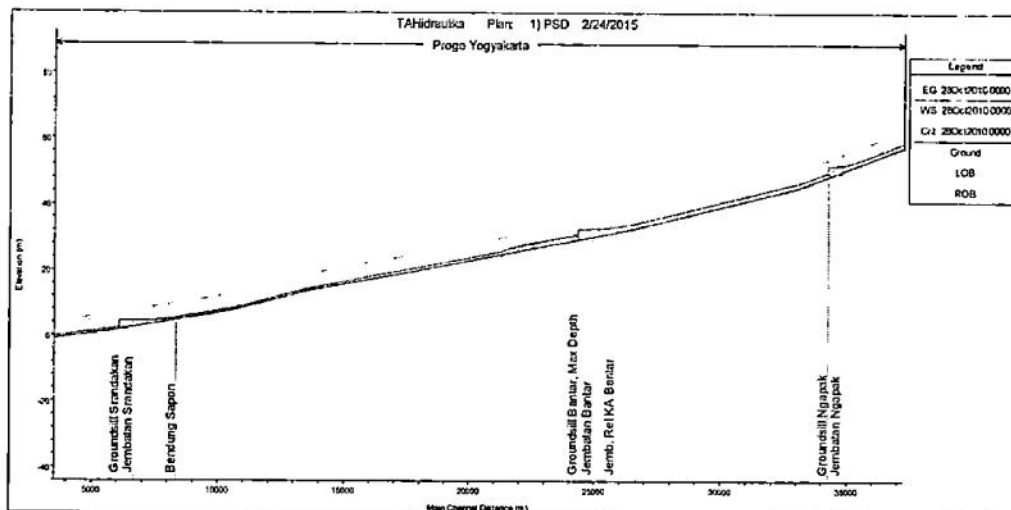
Morfologi sungai pada Pias II memiliki kemiringan lebih landai daripada sungai pada Pias I. Pada Pias II juga terdapat bangunan *groundsill* yang digunakan sebagai pelindung pilar jembatan dari proses degradasi dasar sungai. Setelah terjadinya letusan Gunung Merapi, awal November penggunaan *groundsill* sudah memberikan efek pada proses aggradasi dasar sungai di bagian hulu *groundsill*. Hal tersebut terus berlangsung sampai dengan akhir simulasi pada bulan Juni. Proses degradasi dasar sungai pada Pias II ini hampir bisa dikatakan tidak terjadi. Dengan demikian bahwa efek dari konstruksi *groundsill* hanya berpengaruh pada aggradasi di hulu *groundsill*. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi *groundsill* adalah digunakan untuk mempertahankan kemiringan sungai, atau untuk mencegah terjadinya degradasi dasar sungai.

Perubahan morfologi dasar sungai pada Pias II akibat pergerakan sedimen tidak terjadi begitu signifikan. Sehingga perbedaan kondisi hidrolika pada simulasi *unsteady flow* dan *sediment transport* yang terjadi juga tidak akan

berbeda jauh. Pada Pias II, kedalaman maksimum terjadi di sekitar bangunan *ground sill*. Hal ini sudah dapat dipahami dengan baik bahwa pembendungan pada aliran air dengan bangunan *ground sill* selain dapat menahan pergerakan sedimen juga dapat meninggikan elevasi muka air pada bagian hulu *ground sill*. Hasil simulasi dengan HEC-RAS pada Pias II ditunjukkan pada Gambar 6.20 s/d Gambar 6.37.

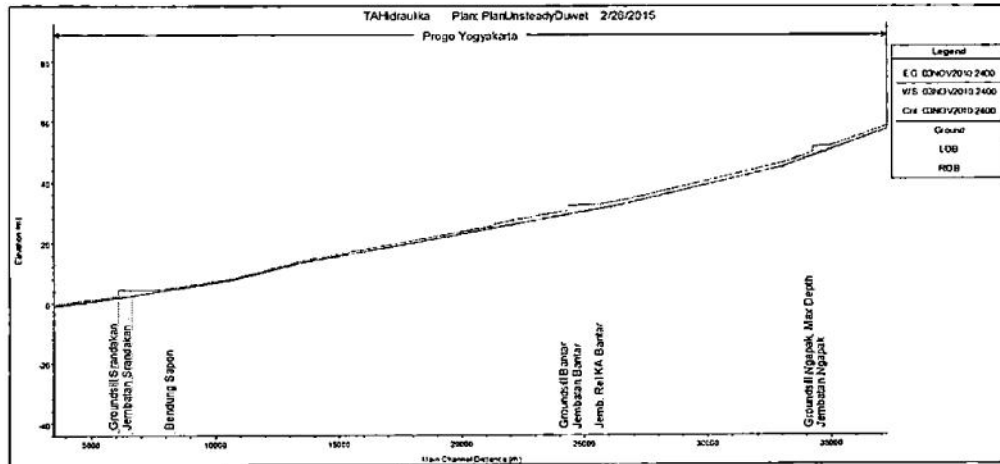


Gambar 6.20 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Oktober 2010 Pias II

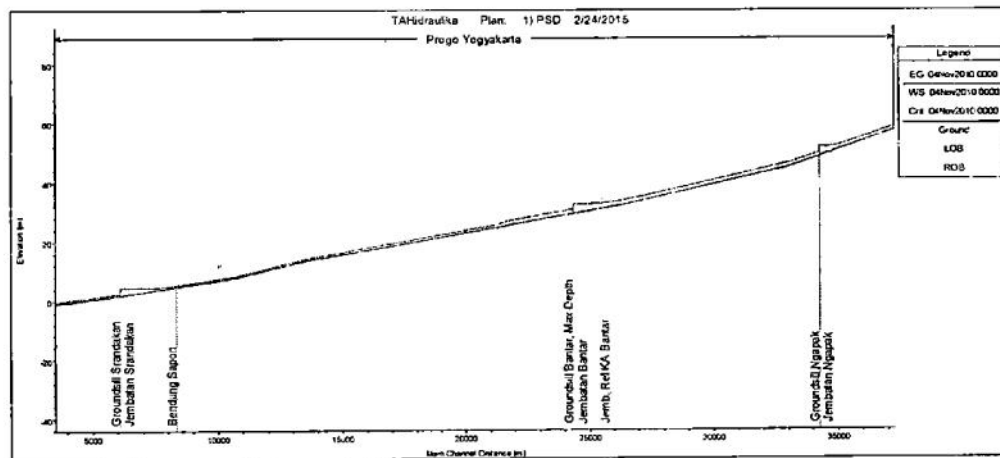


Gambar 6.21 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Oktober 2010 Pias II

Hasil simulasi pada bulan Oktober hingga November 2010 belum menunjukkan adanya *sediment load* yang mengalir pada Pias II. Endapan sedimen mulai terlihat pada bulan Desember di bagian hulu *Groundsill* Ngapak.

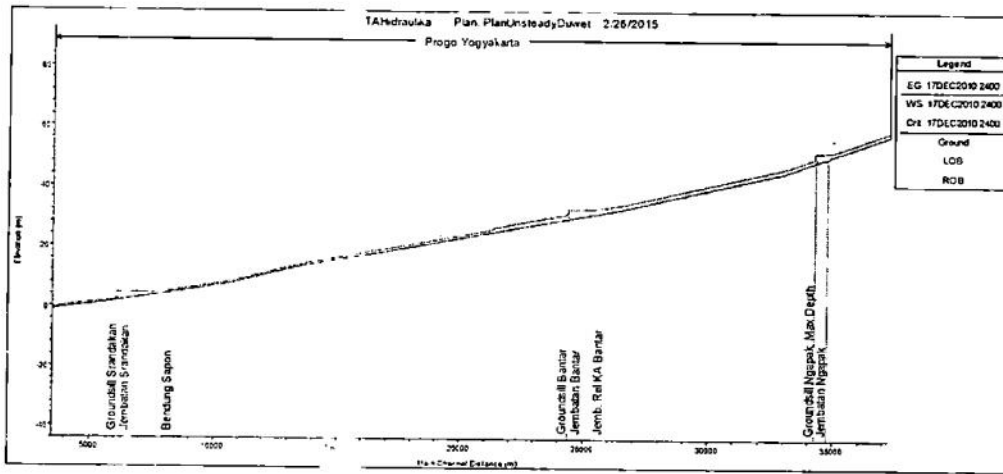


Gambar 6.22 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan November 2010 Pias II

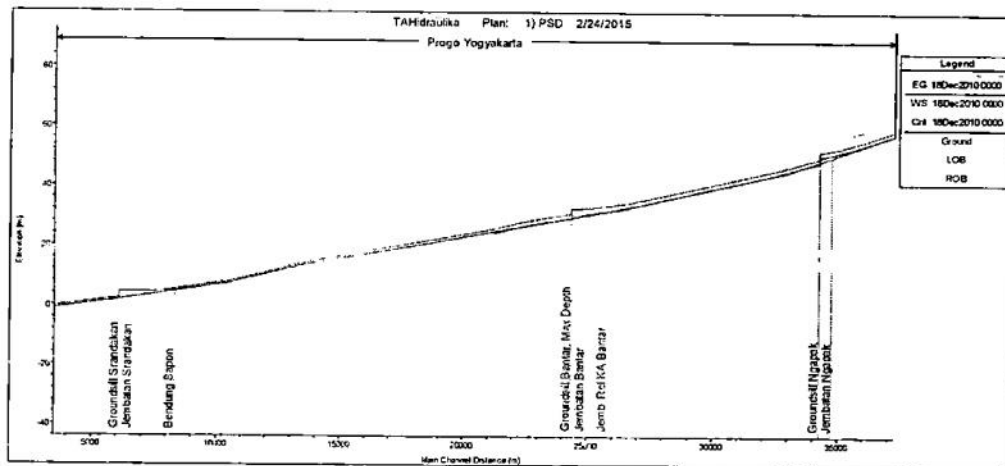


Gambar 6.23 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan November 2010 Pias II

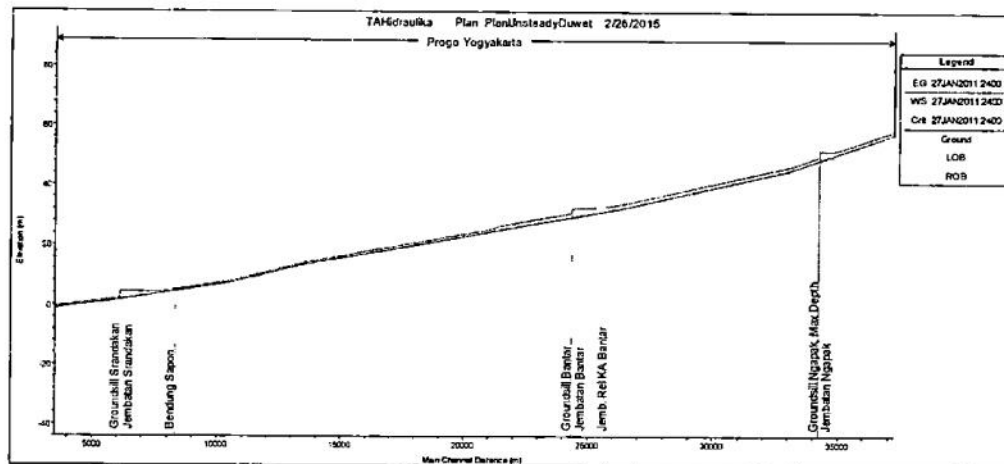
Gambar di atas menunjukkan hasil simulasi pada bulan November 2010 di Pias II. Kedalaman maksimum pada simulasi *unsteady flow* berada dibagian hulu *groundsill* Ngapak. Sedangkan pada simulasi *sediment transport* kedalaman aliran maksimum berada pada bagian hulu *groundsill* Bantar. Perbedaan titik kedalaman maksimum menunjukkan adanya perbedaan elevasi muka air yang terjadi pada kondisi simulasi yang dilakukan.



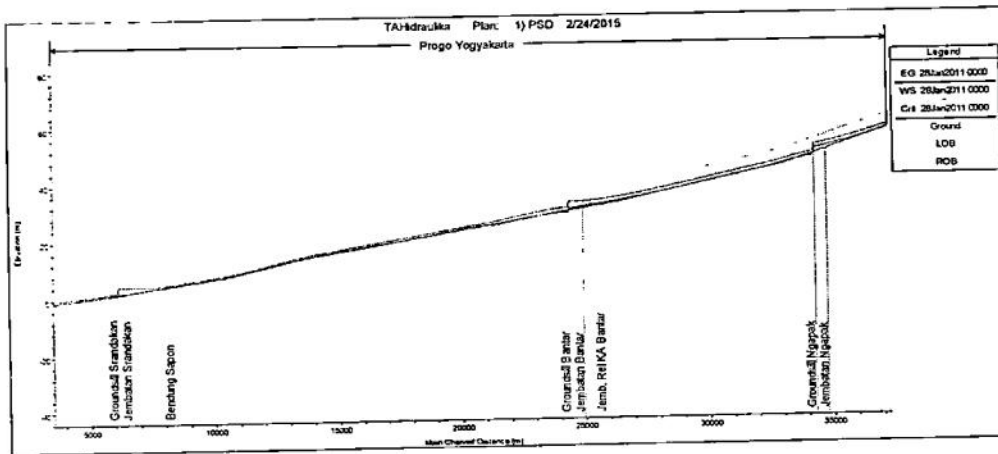
Gambar 6.24 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Desember 2010 Pias II



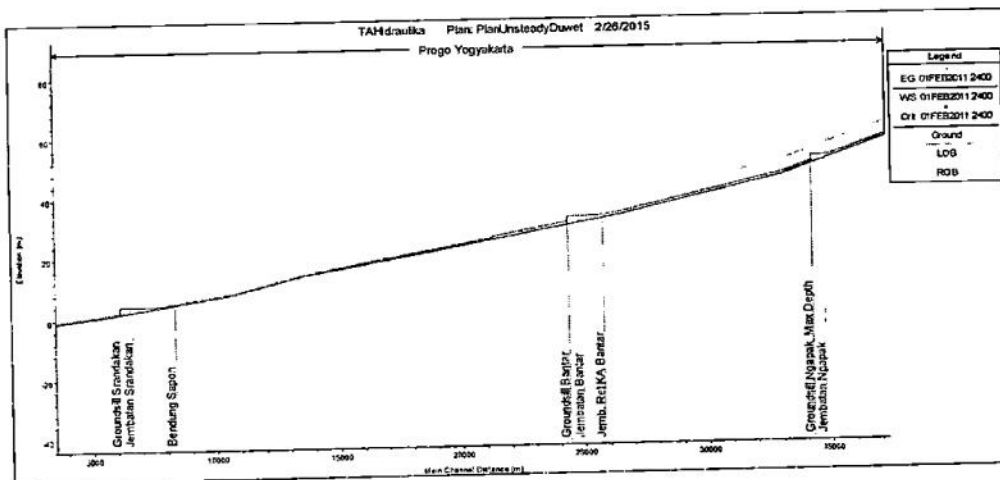
Gambar 6.25 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Desember 2010 Pias II



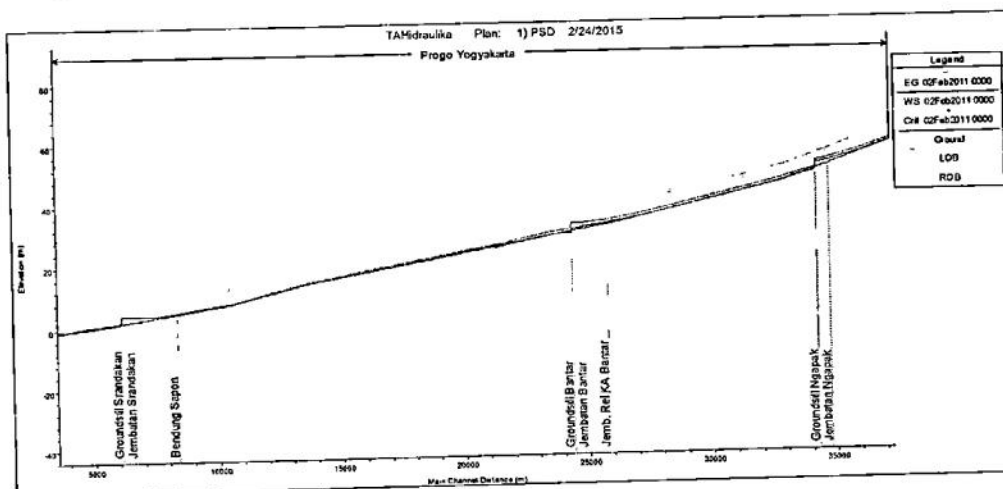
Gambar 6.26 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Januari 2011 Pias II



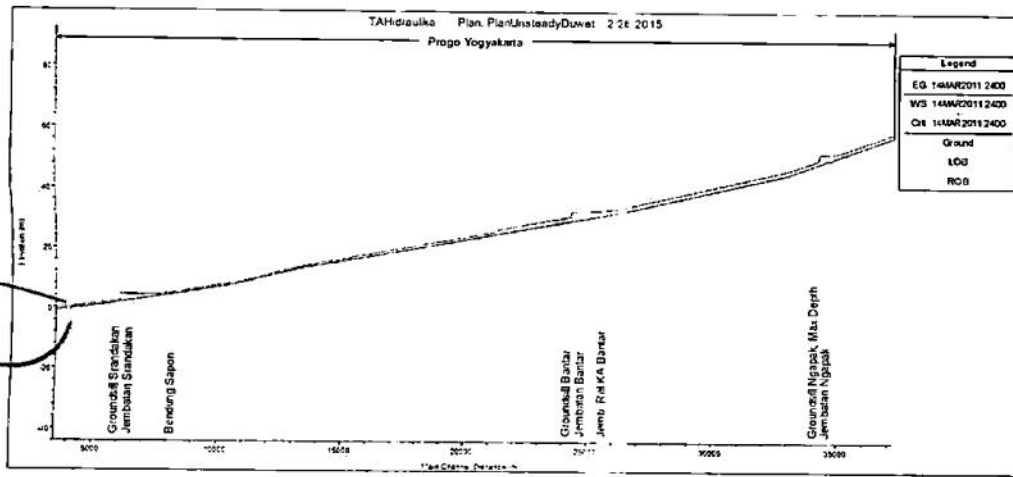
Gambar 6.27 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Januari 2011 Pias II



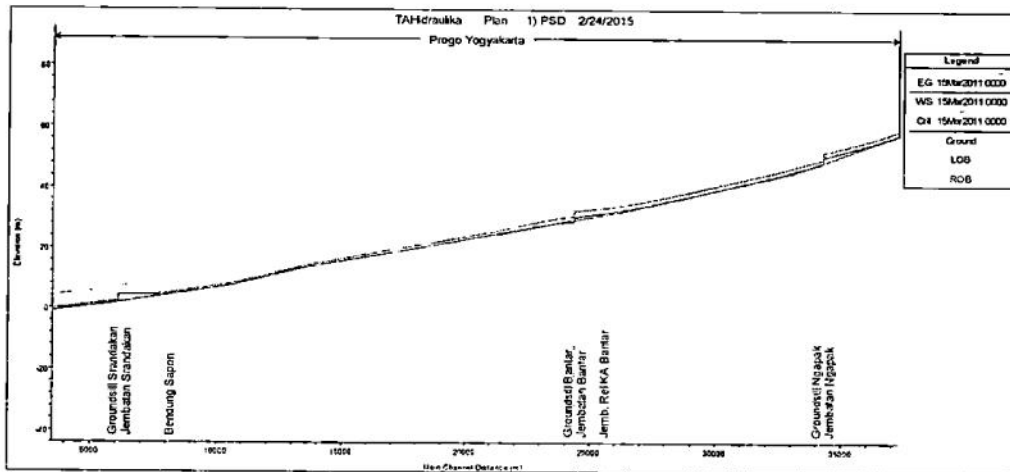
Gambar 6.28 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Februari 2011 Pias II



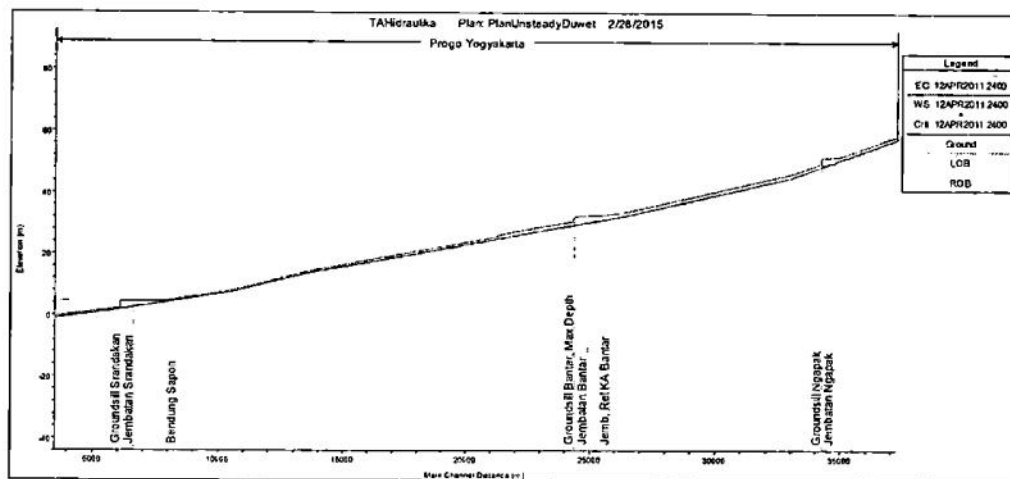
Gambar 6.29 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Februari 2011 Pias II



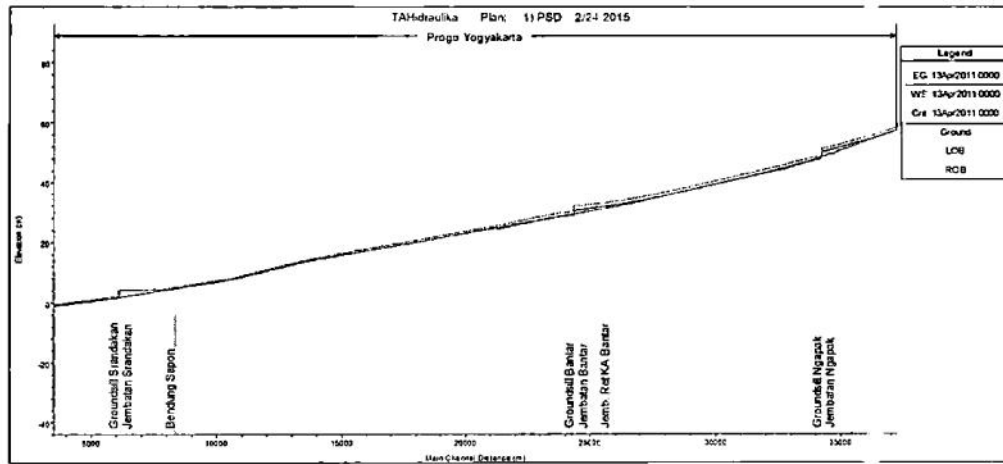
Gambar 6.30 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Maret 2011 Pias II



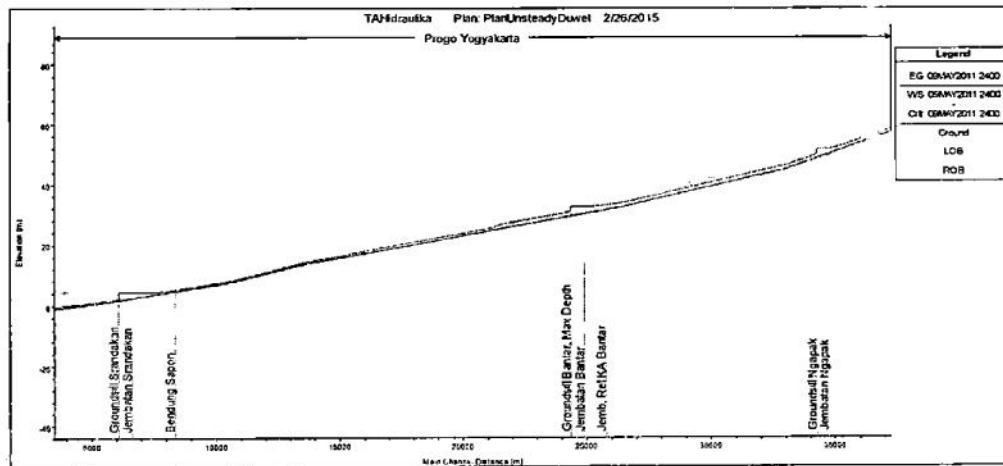
Gambar 6.31 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Maret 2011 Pias II



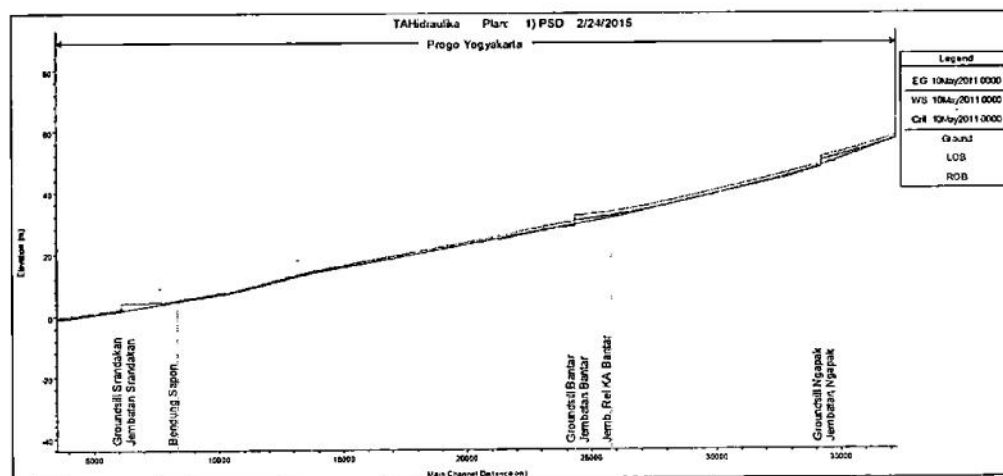
Gambar 6.32 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan April 2011 Pias II



Gambar 6.33 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan April 2011 Pias II

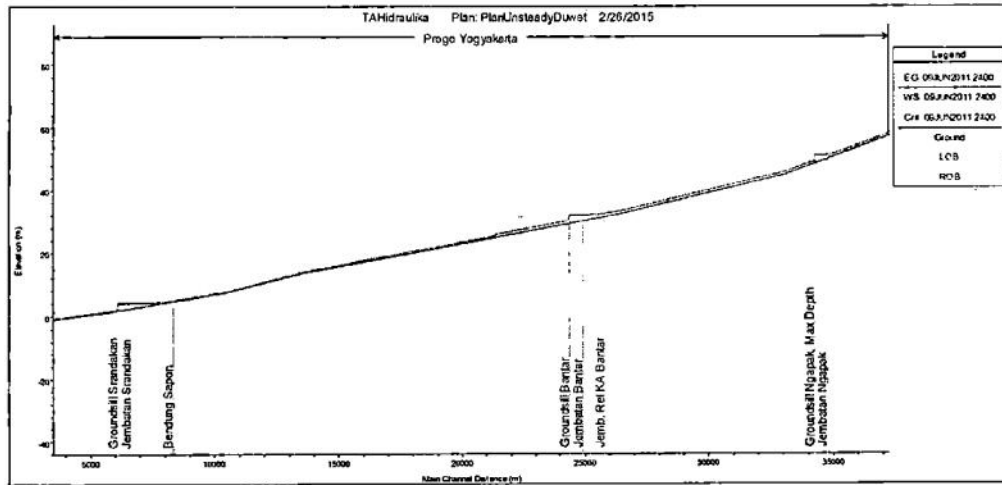


Gambar 6.34 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Mei 2011 Pias II

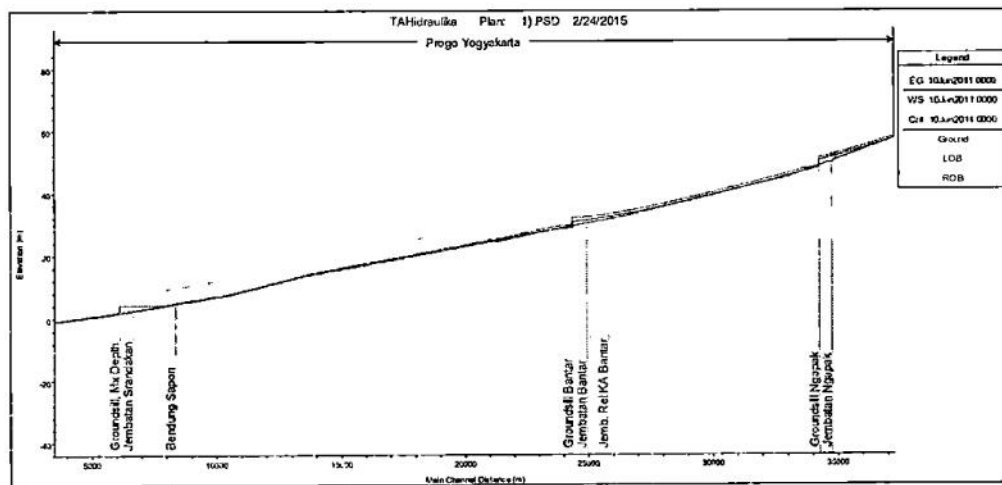


Gambar 6.35 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Mei 2011 Pias II





Gambar 6.36 Hasil simulasi *unsteady flow* pada bulan Juni 2011 Pias II

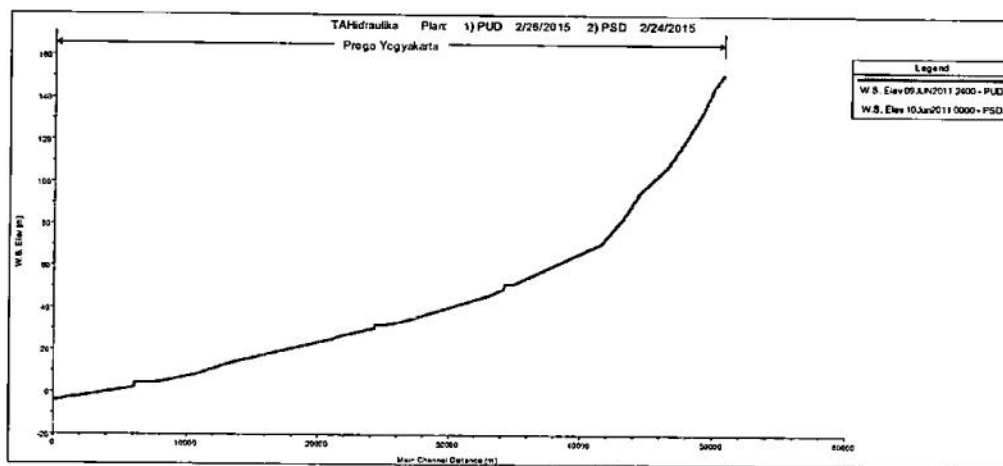


Gambar 6.37 Hasil simulasi *sediment transport* pada bulan Juni 2011 Pias II

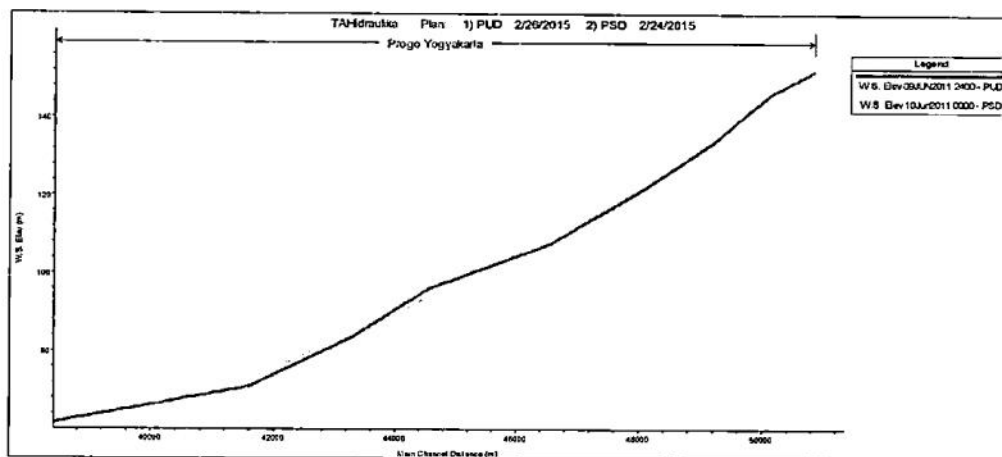
Dari hasil simulasi HEC-RAS pada Pias II dapat dilihat pengaruh sedimen lahar dingin akibat erupsi merapi tidak memberikan perubahan morfologi dasar sungai yang signifikan dibandingkan dengan Pias I. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan kemiringan dasar saluran yang berbeda. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa dampak yang diberikan oleh banjir lahar dingin paska erupsi Gunung Merapi berpengaruh lebih cepat pada bagian hulu dengan kemiringan dasar sungai yang lebih curam. Pada dasarnya perubahan morfologi dasar sungai atau bentuk penampang aliran, juga akan memberikan pengaruh pada perubahan kondisi hidrolika pada pias tersebut.

### C. Kondisi Muka Air

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara perubahan elevasi muka air dari hasil simulasi. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh banjir lahar dingin terhadap elevasi muka air pada pias Sungai Progo yang diteliti. Gambar 6.38 menunjukkan potongan memanjang secara menyeluruh perbedaan elevasi muka air pada simulasi kondisi *unsteady flow* dengan simulasi kondisi *sediment transport* yang dilakukan di bulan Juni 2011.



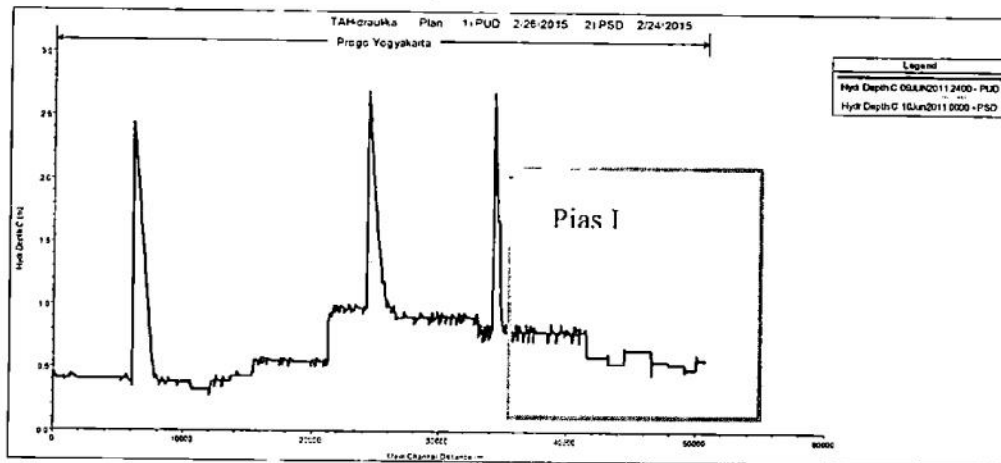
Gambar 6.38 Grafik perbedaan elevasi muka air hasil simulasi



Gambar 6.39 Grafik perbedaan elevasi muka air hasil simulasi pada Pias I.

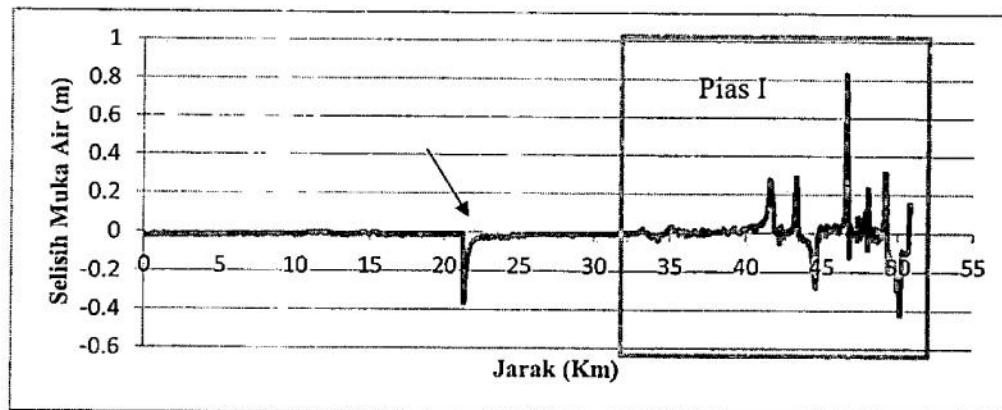
Perbedaan elevasi muka air terlihat lebih jelas pada bagian hulu, Pias I, dengan kemiringan dasar saluran yang lebih curam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.39. Garis tebal memanjang menunjukkan elevasi muka air pada kondisi *unsteady flow*, sedangkan garis putus-putus menunjukkan elevasi muka air pada

kondisi *sediment transport*. Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui elevasi muka air lebih rendah pada pias sungai yang mengalami gerusan erosi dan lebih tinggi pada pias yang terdapat endapan sedimen. Perbedaan kedalaman aliran pada kedua simulasi di bulan Juni di tunjukkan oleh Gambar 6.40.



Gambar 6.40 Grafik hubungan kedalaman aliran dengan jarak sungai

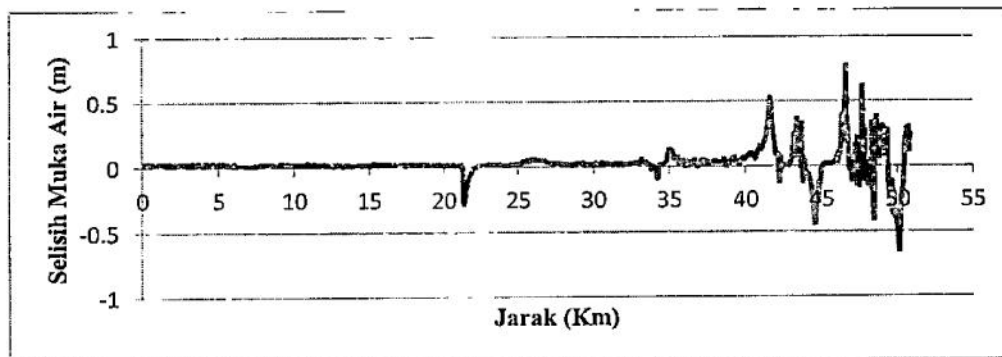
Berdasarkan gambar di atas, pada Pias I terdapat perbedaan secara signifikan untuk kedalaman aliran antara simulasi *unsteady flow* dengan *sediment transport*. Kedalaman aliran pada Pias I dengan simulasi *sediment transport* dipengaruhi oleh perubahan morfologi dasar sungai karena proses aggradasi dan degradasi yang terjadi. Setelah itu, dari bagian tengah ke hilir hasil perbandingan menunjukkan simulasi *unsteady flow* memiliki aliran yang lebih dalam. Selisih elevasi muka air hasil simulasi *unsteady flow* dengan *sediment transport* pada debit rerata bulan Oktober 2010 diperlihatkan oleh Gambar 6.41.



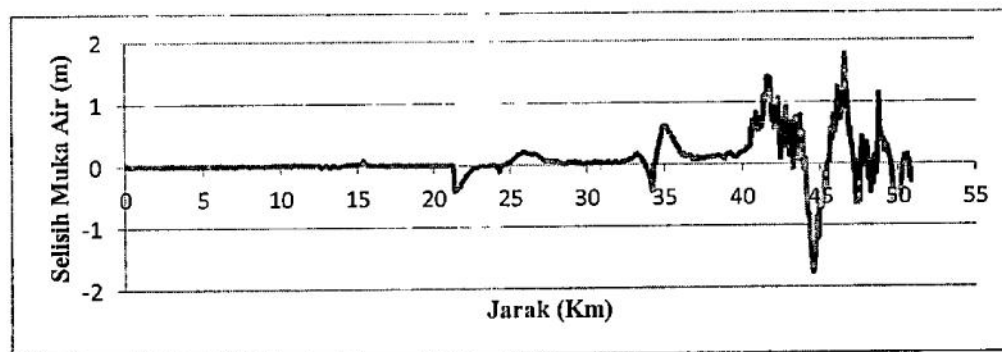
Gambar 6.41 Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 28 Oktober 2010.

Pada Gambar 6.41 dapat dilihat selisih muka air sangat besar terjadi pada bagian hulu dengan kemiringan dasar sungai yang curam 0.007, Pias I. Selisih muka air yang bernilai positif menunjukkan elevasi muka air hasil simulasi *sediment transport* lebih tinggi dari *unsteady flow*, dan sebaliknya nilai negatif menunjukkan bahwa *unsteady flow* memiliki elevasi muka air yang lebih tinggi.

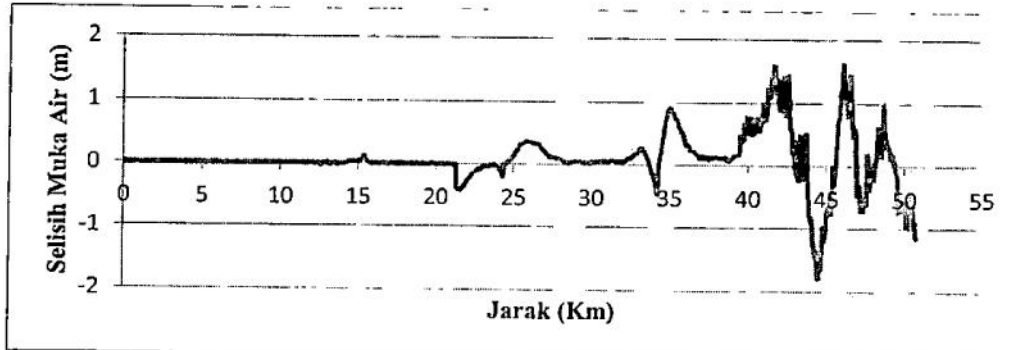
Pada jarak 21,270 km dapat dilihat selisih perubahan elevasi dasar sungai terjadi secara mendadak sebesar 0.37 m (lihat tanda panah pada Gambar 6.41). Kondisi ini dikarenakan pada jarak tersebut terdapat penyederhanaan bentuk penampang melintang sungai yang dimodelkan. Perubahan penampang melintang terjadi dari bentuk penampang bagian hulu dengan lebar 88.671 m ke bentuk penampang peralihan 1 dengan lebar 225.115 m. Hal ini menunjukkan perubahan bentuk penampang yang mendadak memberikan pengaruh terhadap perubahan elevasi muka air secara mendadak pula. Setelah itu selisih elevasi muka air pada pergerakan aliran menuju hilir dengan bentuk penampang yang sama kembali bernilai kecil mendekati nol.



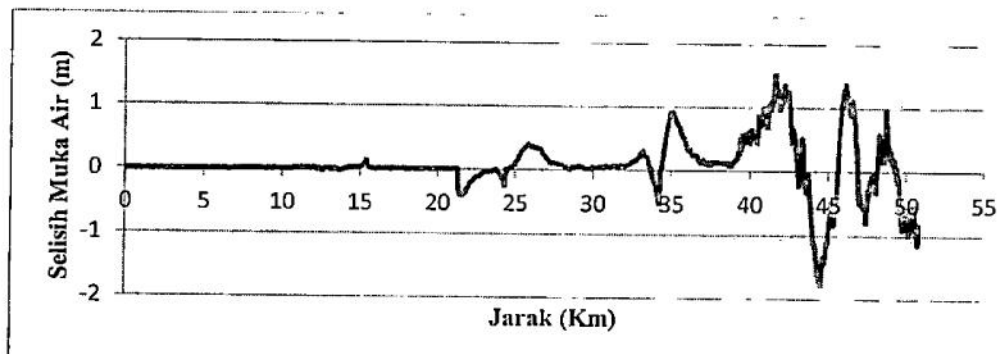
Gambar 6.42 Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 4 November 2010.



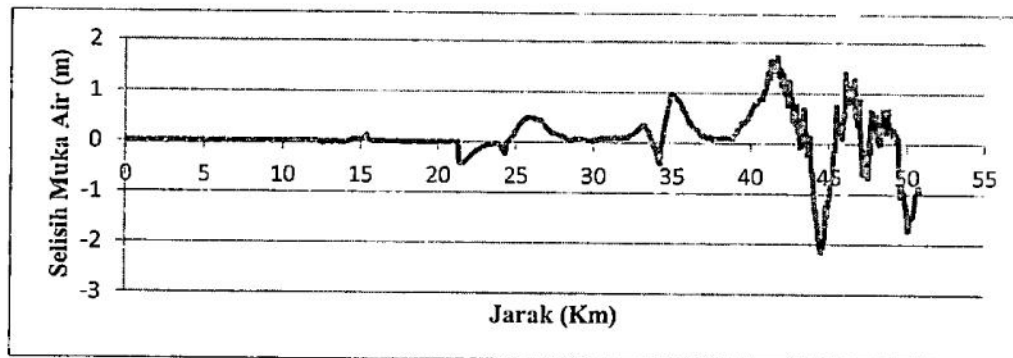
Gambar 6.43 Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 18 Desember 2010.



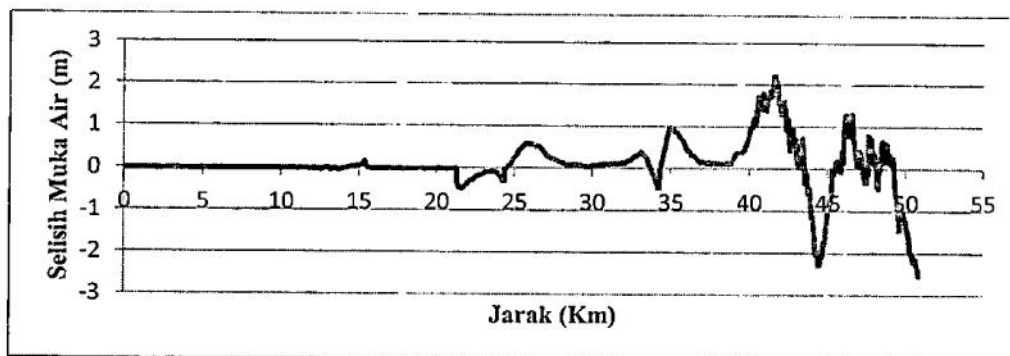
Gambar 6.44 Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 28 Januari 2011.



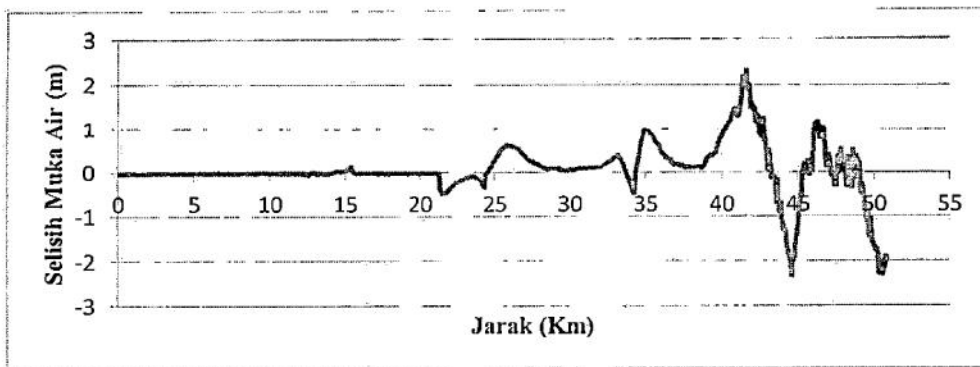
Gambar 6.45 Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 2 Februari 2011.



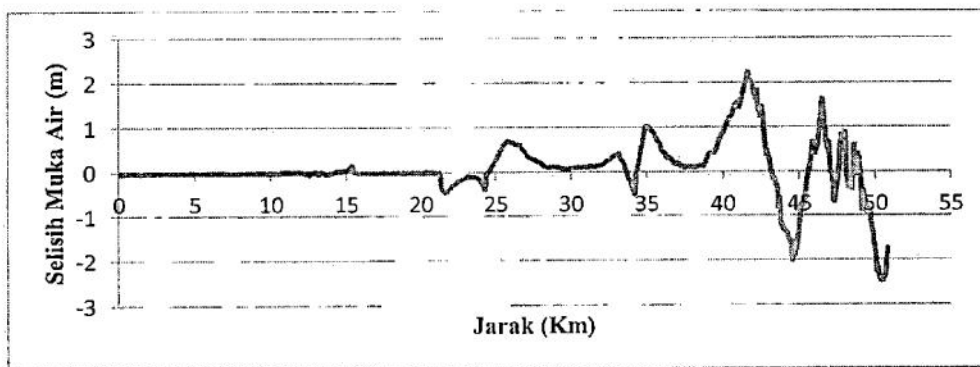
Gambar 6.46 Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 15 Maret 2011.



Gambar 6.47 Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 13 April 2011.



Gambar 6.48 Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 10 Mei 2011.



Gambar 6.49 Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 10 Juni 2011.

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat selisih elevasi muka air yang terjadi tiap bulan semakin besar. Semakin lama perubahan yang terjadi semakin bergerak menuju bagian hilir sungai. Perubahan bentuk grafik pada bagian hulu dari rapat ke regang menunjukkan volume pengendapan sedimen dan erosi yang terjadi semakin besar. Nilai selisih negatif menunjukkan terjadinya erosi pada dasar sungai, sehingga elevasi muka air hasil simulasi *sediment transport* berada di bawah elevasi muka air hasil simulasi *unsteady flow*. Kemudian nilai positif menunjukkan adanya endapan sedimen yang terjadi karena *sedimen load* yang masuk pada pias Sungai Progo. Sehingga elevasi muka air pada simulasi *sediment transport* lebih tinggi dibandingkan simulasi dengan kondisi *unsteady flow*.

Tabel 6.1 dan Tabel 6.2 menunjukkan kedalaman maksimum hasil simulasi yang terjadi tiap bulan dari Oktober 2010 hingga Juni 2011. Kemudian beda elevasi maksimum dan minimum simulasi *unsteady flow* dan *sediment transport* ditunjukkan pada Tabel 6.3 dan Tabel 6.4.

Tabel 6.1 Kedalaman maksimum pada simulasi *unsteady flow*

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			Δ M.A (m)
			Elv Tanah Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kedalaman (m)	Elv Tanah Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kedalaman (m)	
28 Oktober 2010	24.370	161.64	29.38	32.57	3.19	29.38	32.55	3.17	-0.02
4 November 2010	34.285	146.36	48.66	51.75	3.09	48.75	51.76	3.01	0.01
18 Desember 2010	34.285	156.00	48.66	51.81	3.15	49.73	51.79	2.06	-0.02
28 Januari 2011	34.285	129.18	48.66	51.67	3.01	50.24	51.63	1.39	-0.04
2 Februari 2011	34.285	69.24	48.66	51.33	2.67	50.26	51.31	1.05	-0.02
15 Maret 2011	34.285	147.72	48.66	51.77	3.11	50.20	51.72	1.52	-0.05
13 April 2011	24.370	92.12	29.38	32.21	2.83	30.29	32.18	1.89	-0.03
10 Mei 2011	24.370	97.72	29.38	32.25	2.87	30.37	32.21	1.84	-0.04
10 Juni 2011	34.285	54.62	48.66	51.25	2.59	50.22	51.22	1.00	-0.03

Tabel 6.2 Kedalaman maksimum pada simulasi *sediment transport*

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			Δ M.A (m)
			Elv Tanah Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kedalaman (m)	Elv Tanah Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kedalaman (m)	
28 Oktober 2010	24.370	161.64	29.38	32.57	3.19	29.38	32.55	3.17	-0.02
4 November 2010	24.370	146.36	29.38	32.47	3.09	29.39	32.48	3.09	0.01
18 Desember 2010	24.370	156.00	29.38	32.52	3.14	29.61	32.52	2.91	0.00
28 Januari 2011	46.543	129.18	106.82	107.73	0.91	106.50	109.18	2.68	1.45
2 Februari 2011	46.543	69.24	106.82	107.45	0.63	105.99	108.52	2.53	1.07
15 Maret 2011	46.543	147.72	106.82	107.81	0.99	105.96	108.79	2.83	0.98
13 April 2011	40.976	92.12	68.23	69.18	0.95	67.67	70.75	3.08	1.57
10 Mei 2011	40.976	97.72	68.23	69.22	0.99	68.11	70.63	2.52	1.41
10 Juni 2011	6.120	54.62	1.85	4.26	2.41	1.85	4.25	2.40	-0.01

Tabel 6.3 Selisih elevasi muka air maksimum

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow		Sediment Transport		Δ M.A (m)
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	
28 Oktober 2010	46.594	161.64	107.11	108.17	107.69	109.01	0.84
4 November 2010	46.594	146.36	107.11	108.10	107.41	108.89	0.79
18 Desember 2010	46.594	156.00	107.11	108.14	107.46	109.95	1.81
28 Januari 2011	46.068	129.18	104.04	104.96	105.31	106.61	1.65
2 Februari 2011	41.571	69.24	70.00	70.76	71.48	72.31	1.55
15 Maret 2011	41.671	147.72	70.75	71.68	72.29	73.43	1.75
13 April 2011	41.571	92.12	70.00	70.92	72.20	73.17	2.25
10 Mei 2011	41.571	97.72	70.00	70.96	72.26	73.29	2.33
10 Juni 2011	41.621	54.62	70.38	70.89	72.63	73.14	2.25

Tabel 6.4 Selisih elevasi muka air minimum

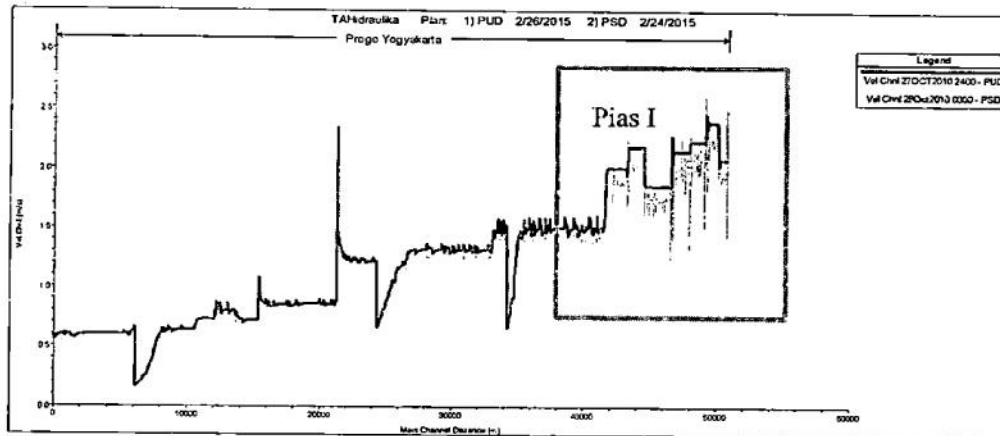
Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow		Sediment Transport		Δ M.A (m)
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	
28 Oktober 2010	50.146	161.64	145.50	146.47	145.12	146.04	-0.43
4 November 2010	50.146	146.36	145.50	146.41	145.09	145.75	-0.66
18 Desember 2010	44.519	156.00	95.00	95.88	93.22	94.11	-1.77
28 Januari 2011	44.519	129.18	95.00	95.78	93.40	93.99	-1.79
2 Februari 2011	44.519	69.24	95.00	95.53	93.19	93.72	-1.81
15 Maret 2011	44.519	147.72	95.00	95.85	93.01	93.67	-2.18
13 April 2011	50.844	92.12	151.32	151.99	148.82	149.45	-2.54
10 Mei 2011	44.569	97.72	95.29	96.09	93.15	93.75	-2.34
10 Juni 2011	50.495	54.62	148.41	148.89	146.04	146.38	-2.51



Pada Tabel 6.3 dapat dilihat bahwa elevasi muka air simulasi *sediment transport* lebih tinggi dibandingkan *unsteady flow*, sehingga perbedaan elevasi muka air maksimum terjadi pada bagian pias sungai yang mengalami sedimentasi. Sedangkan pada Tabel 6.4 menunjukkan bahwa perbedaan elevasi muka air minimum terjadi pada bagian pias sungai yang mengalami degradasi atau erosi.

#### D. Kondisi Kecepatan Aliran

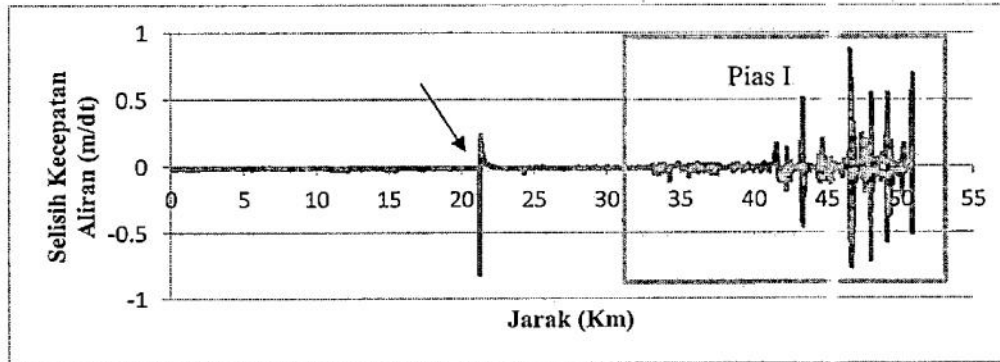
Perbandingan kecepatan aliran hasil simulasi *unsteady flow* dengan simulasi *sediment transport* dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang terjadi pada kedua kondisi simulasi. Gambar 6.52 menunjukkan grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan jarak pias sungai. Garis memanjang menunjukkan kecepatan aliran hasil simulasi *unsteady flow*, sedangkan garis putus-putus menunjukkan kecepatan aliran hasil simulasi *sediment transport*.



Gambar 6.50 Grafik hubungan kecepatan aliran dengan jarak sungai

Berdasarkan Gambar 6.50 dapat dilihat kecepatan aliran pada Pias I memiliki perbedaan yang besar antara simulasi *unsteady flow* dengan *sediment transport*. Aliran lahar dingin yang masuk pada pias Sungai Progo memberikan dampak perubahan terhadap kondisi morfologi dasar sungai di bagian hulu dalam waktu yang singkat. Perubahan morfologi dasar sungai tersebut juga berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang terjadi pada pias sungai, terutama pada bagian hulu. Hal ini dapat terjadi karena pada bagian hulu memiliki kemiringan dasar

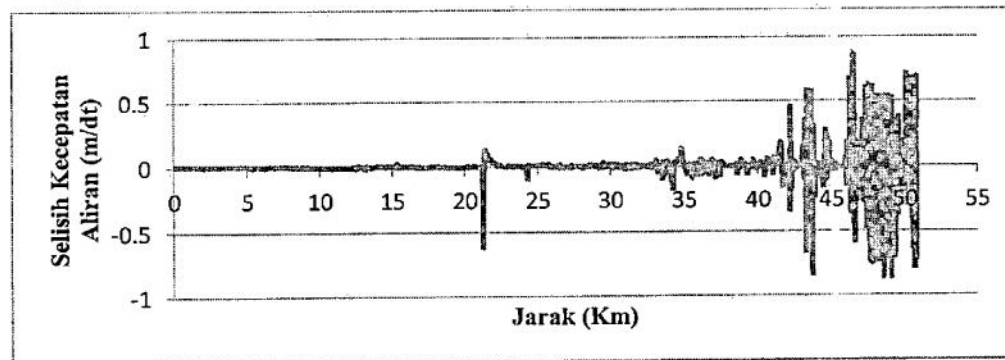
sungai yang lebih curam dibandingkan bagian hilir. Selisih kecepatan aliran hasil simulasi *unsteady flow* dengan *sediment transport* pada bulan Oktober ditunjukkan pada Gambar 6.51.



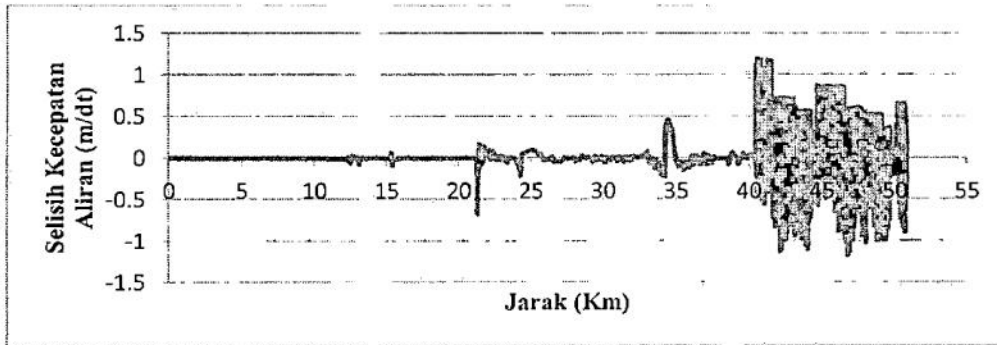
Gambar 6.51 Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 28 Oktober 2010.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 6.51 perbedaan kecepatan aliran sangat besar terjadi pada bagian Pias I. Nilai positif menunjukkan kecepatan aliran hasil simulasi *sediment transport* bernilai lebih besar di bandingkan *unsteady flow* sedangkan nilai negatif menunjukkan kecepatan aliran *sediment transport* bernilai lebih lambat.

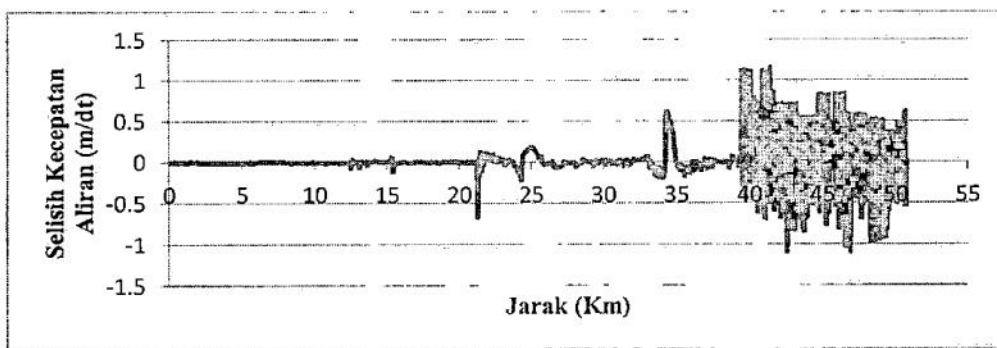
Bagian yang ditunjukkan oleh tanda panah adalah perbedaan kecepatan aliran di daerah perubahan bentuk penampang dari bagian hulu ke bagian peralihan 1. Perubahan lebar penampang kecil ke penampang lebar dapat mempengaruhi perubahan kecepatan aliran dari aliran cepat ke aliran yang lebih lambat. Grafik selisih kecepatan aliran hasil simulasi dari bulan November 2010 hingga Juni 2011 ditunjukkan oleh Gambar 6.52 s/d Gambar 6.59.



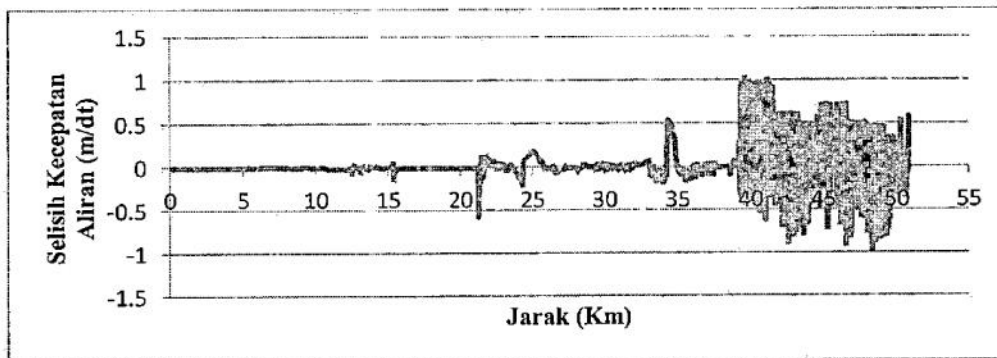
Gambar 6.52 Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 4 November 2010.



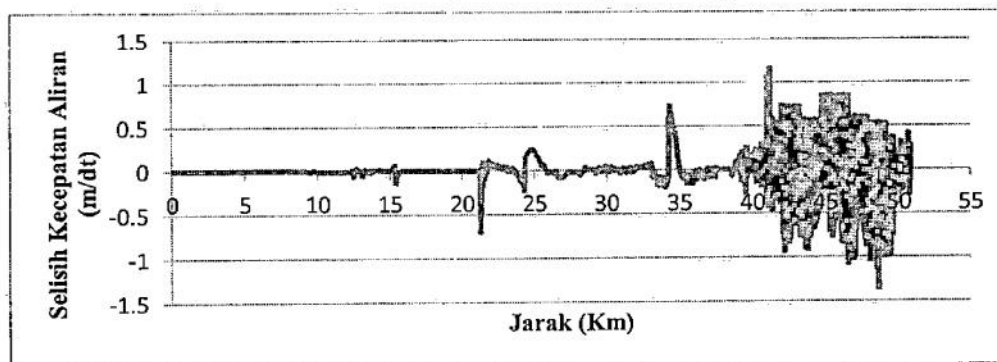
Gambar 6.53 Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 18 Desember 2010.



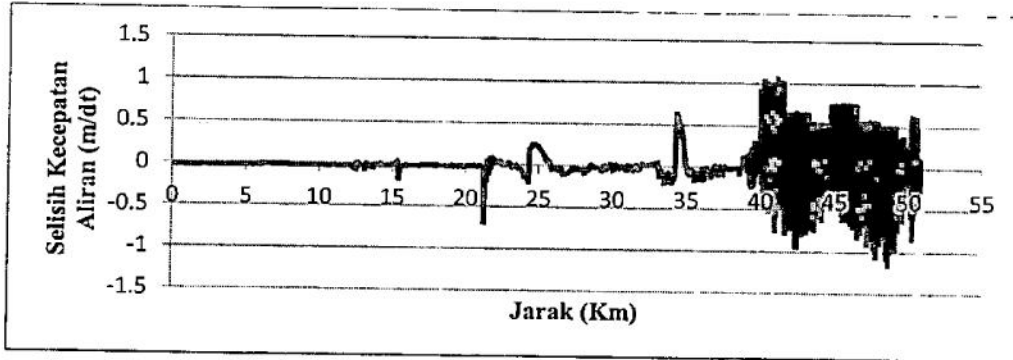
Gambar 6.54 Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 28 Januari 2011.



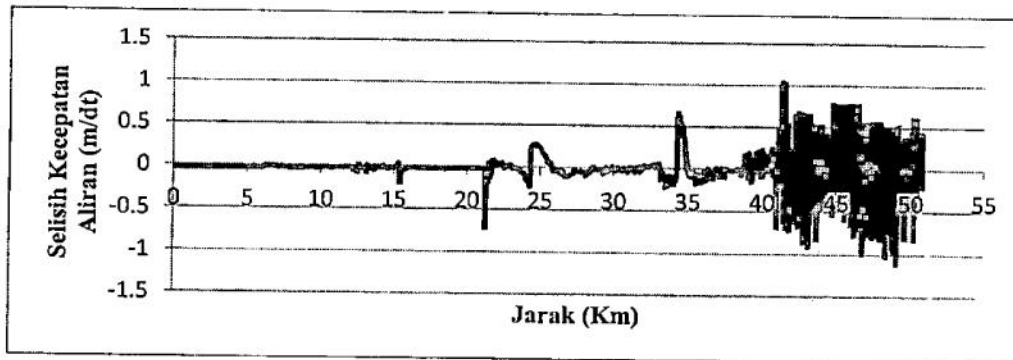
Gambar 6.55 Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 2 Februari 2011.



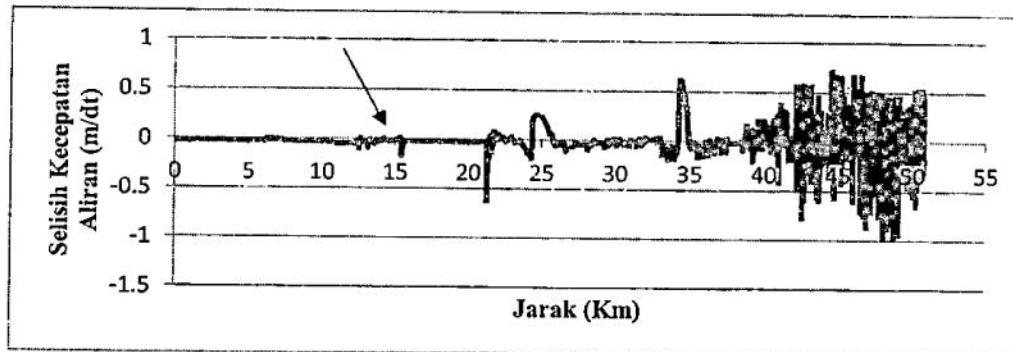
Gambar 6.56 Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 15 Maret 2011.



Gambar 6.57 Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 13 April 2011.



Gambar 6.58 Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 10 Mei 2011.



Gambar 6.59 Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 10 Juni 2011.

Pada arah panah yang ditunjukkan oleh Gambar 6.59 adalah daerah perubahan kecepatan aliran karena perubahan bentuk penampang. Pada jarak 15,39 km dari hilir Sungai Progo terdapat perubahan bentuk penampang dari ukuran lebar penampang pada peralihan 1 sebesar 225,115 m ke lebar penampang pada peralihan 2 sebesar 343,618 m. Selanjutnya pada jarak 12,19 km dari hilir juga terdapat perubahan bentuk penampang pada model. Perubahan tersebut berawal dari bagian peralihan 2 ke bagian hilir dengan lebar penampang 442,279

m. Data ini memberikan informasi bahwa ketika terjadi perubahan bentuk penampang secara tiba-tiba maka kecepatan aliran pun akan berubah pada bagian tersebut.

Perbedaan kecepatan aliran terlihat lebih besar pada bagian hulu. Dari bagian hulu, perbedaan kecepatan aliran semakin berpengaruh menuju ke arah hilir. Semakin lama perbedaan kecepatan aliran yang terjadi semakin besar. Hal ini menunjukkan *sediment load* akibat banjir lahar dingin paska erupsi Gunung Merapi 2010 memberikan perubahan kondisi kecepatan aliran pada pias Sungai Progo. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kondisi dasar sungai dengan kemiringan yang curam mengalami perubahan kecepatan aliran dalam waktu yang lebih cepat akibat adanya perubahan morfologi dasar sungai.

Tabel 6.4 dan Tabel 6.5 menunjukkan nilai kecepatan maksimum hasil simulasi *unsteady flow* dengan *sediment transport*. Nilai kecepatan maksimum di ambil dari debit rerata dalam tiap bulan dari Oktober 2010 hingga Juni 2011.

Tabel 6.5 Kecepatan aliran maksimum pada simulasi *unsteady flow*

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			Δ Kec (m/dt)
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kec. Aliran (m/dt)	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kec. Aliran (m/dt)	
28 Oktober 2010	46.644	161.64	107.82	108.59	2.38	108.04	109.16	1.63	-0.75
4 November 2010	46.644	146.36	107.82	108.54	2.29	108.17	108.95	2.13	-0.16
18 Desember 2010	46.644	156.00	107.82	108.57	2.34	109.21	109.89	2.59	0.25
28 Januari 2011	46.644	129.18	107.82	108.48	2.18	108.63	109.23	2.44	0.26
2 Februari 2011	46.644	69.24	107.82	108.26	1.76	108.74	109.13	1.97	0.21
15 Maret 2011	46.644	147.72	107.82	108.54	2.30	108.43	109.41	1.70	-0.60
13 April 2011	46.644	92.12	107.82	108.35	1.96	108.64	109.12	2.17	0.21
10 Mei 2011	46.644	97.72	107.82	108.37	2.00	108.95	109.45	2.22	0.22
10 Juni 2011	46.644	54.62	107.82	108.20	1.61	108.95	109.29	1.83	0.22

Tabel 6.6 Kecepatan aliran maksimum pada simulasi *sediment transport*

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			Δ Kec (m/dt)
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kec. Aliran (m/dt)	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kec. Aliran (m/dt)	
28 Oktober 2010	43.317	161.64	83.16	84.06	2.03	83.39	84.08	2.63	0.60
4 November 2010	43.668	146.36	86.61	87.46	1.95	87.00	87.65	2.54	0.59
18 Desember 2010	43.668	156.00	86.61	87.49	2.00	87.47	88.14	2.59	0.59
28 Januari 2011	43.442	129.18	84.39	85.17	1.87	84.61	85.21	2.44	0.57
2 Februari 2011	43.718	69.24	87.11	87.64	1.47	87.21	87.61	1.98	0.51
15 Maret 2011	43.718	147.72	87.11	87.96	1.96	87.46	88.12	2.55	0.59
13 April 2011	45.418	92.12	100.25	101.00	1.40	100.46	100.93	2.18	0.78
10 Mei 2011	43.442	97.72	84.39	85.05	1.68	84.42	84.91	2.22	0.54
10 Juni 2011	44.569	54.62	95.29	95.86	1.09	93.57	93.91	1.83	0.74

Tabel 6.7 Selisih kecepatan aliran maksimum

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			Δ Kec (m/dt)
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kec. Aliran (m/dt)	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kec. Aliran (m/dt)	
28 Oktober 2010	46.569	161.64	106.97	108.02	1.74	107.88	108.57	2.62	0.88
4 November 2010	40.596	156.00	67.19	68.46	1.38	68.20	68.88	2.59	1.21
18 Desember 2010	46.594	156.00	107.11	108.14	1.71	107.46	109.95	0.71	-1.00
28 Januari 2011	39.703	129.18	64.53	65.69	1.26	65.49	66.09	2.43	1.17
2 Februari 2011	39.603	69.24	64.24	65.07	0.93	65.09	65.48	1.98	1.05
15 Maret 2011	41.210	147.72	68.94	70.17	1.36	70.80	71.45	2.55	1.19
13 April 2011	41.110	92.12	68.62	69.59	1.09	70.52	71.00	2.18	1.09
10 Mei 2011	41.310	97.72	69.24	70.20	1.16	71.66	72.16	2.22	1.06
10 Juni 2011	44.569	54.62	95.29	95.86	1.09	93.57	93.91	1.83	0.74

Tabel 6.8 Selisih kecepatan aliran minimum

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			Δ Kec (m/dt)
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kec. Aliran (m/dt)	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Kec. Aliran (m/dt)	
28 Oktober 2010	21.270	161.64	24.84	25.70	2.16	24.32	25.69	1.33	-0.83
4 November 2010	48.596	156.00	126.74	127.57	1.99	126.49	127.97	1.11	-0.88
18 Desember 2010	46.769	156.00	108.98	109.87	1.96	108.45	110.80	0.75	-1.21
28 Januari 2011	42.596	129.18	77.67	78.52	1.71	77.16	79.69	0.58	-1.13
2 Februari 2011	48.345	69.24	124.12	124.64	1.50	123.64	125.17	0.51	-0.99
15 Maret 2011	48.621	147.72	127.01	127.84	2.00	125.73	128.20	0.67	-1.33
13 April 2011	48.621	92.12	127.01	127.63	1.66	125.85	128.02	0.48	-1.18
10 Mei 2011	49.071	97.72	131.72	132.37	1.70	130.48	132.42	0.57	-1.13
10 Juni 2011	48.044	54.62	120.96	121.41	1.37	120.31	122.03	0.36	-1.01

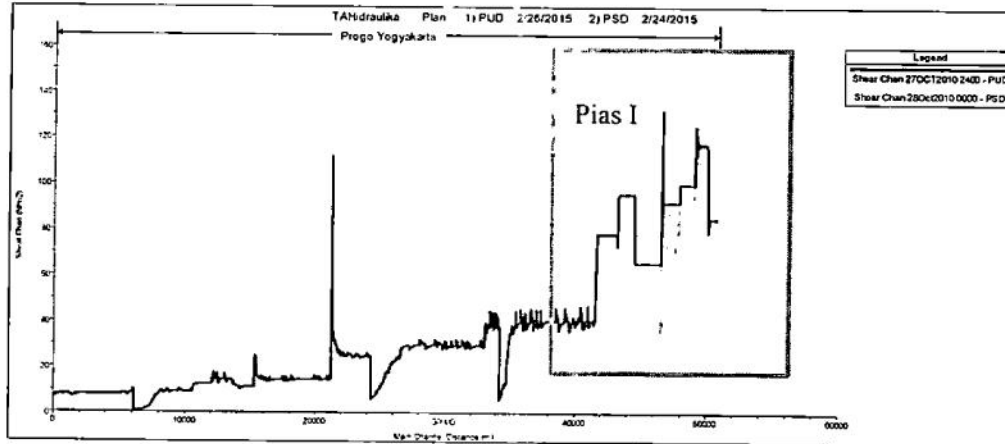
Pada Tabel 6.7 dan 6.8 selisih kecepatan aliran maksimum menunjukkan perbedaan maksimum saat simulasi kecepatan aliran *sediment transport* bernilai lebih besar dari kecepatan aliran pada hasil simulasi *unsteady flow*. Adapun selisih kecepatan aliran minimum menunjukkan kecepatan aliran pada simulasi *unsteady flow* bernilai lebih besar.

### E. Kondisi Tegangan Geser

Analisa tegangan geser yang diakibatkan oleh aliran air merupakan salah satu komponen penting dalam hidrolika. Nilai tegangan geser dapat menunjukkan potensi terjadinya erosi pada dinding dan dasar suatu saluran atau sungai. Semakin besar nilai tegangan geser yang terjadi, maka potensi erosi yang diakibatkan juga akan semakin besar. Selain elevasi muka air dan kecepatan aliran, nilai tegangan geser akibat aliran air juga digunakan untuk analisa konstruksi pada bangunan-bangunan air.

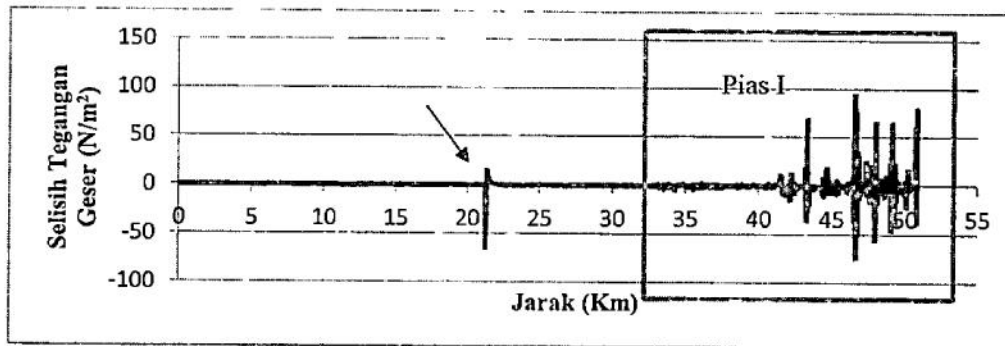
Pada penelitian ini dilakukan analisa perbedaan tegangan geser yang dihasilkan dari simulasi *unsteady flow* dengan *sediment transport*. Sehingga dapat

di ketahui pengaruh banjir lahar dingin dan endapan sedimen terhadap tegangan geser yang terjadi pada pias Sungai Progo. Gambar 6.60 menunjukkan perbedaan tegangan geser yang terjadi pada pias Sungai Progo.



Gambar 6.60 Grafik hubungan tegangan geser dengan jarak sungai.

Pada daerah hulu, Pias I, tegangan geser yang terjadi menunjukkan perbedaan yang besar dibandingkan dengan bagian tengah ke hilir. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada daerah hulu Sungai Progo bernilai lebih besar dibandingkan daerah hilir. Kemiringan dasar sungai dapat menjadi faktor dari perbedaan tegangan geser yang terjadi. Selisih tegangan geser hasil simulasi pada bulan Oktober ditunjukkan pada Gambar 6.61.

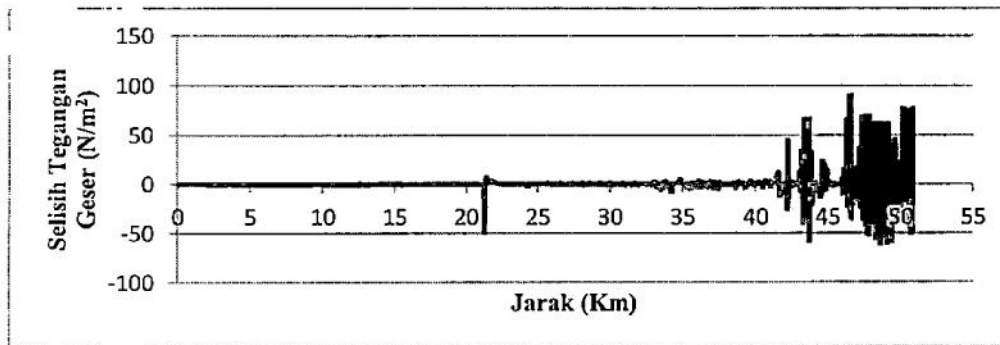


Gambar 6.61 Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 28 Oktober 2010.

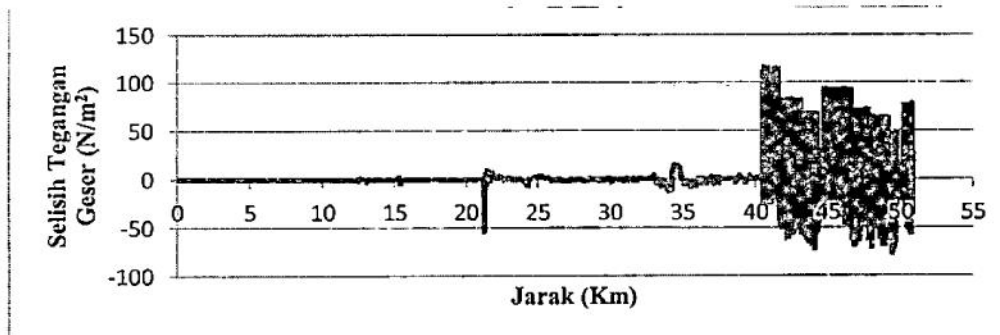
Berdasarkan grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 6.61, selisih tegangan geser akan bernilai positif ketika tegangan geser yang terjadi pada kondisi *sediment transport* bernilai lebih besar dari *unsteady flow*, dan bernilai negatif ketika tegangan geser yang terjadi lebih kecil. Seperti elevasi muka air dan



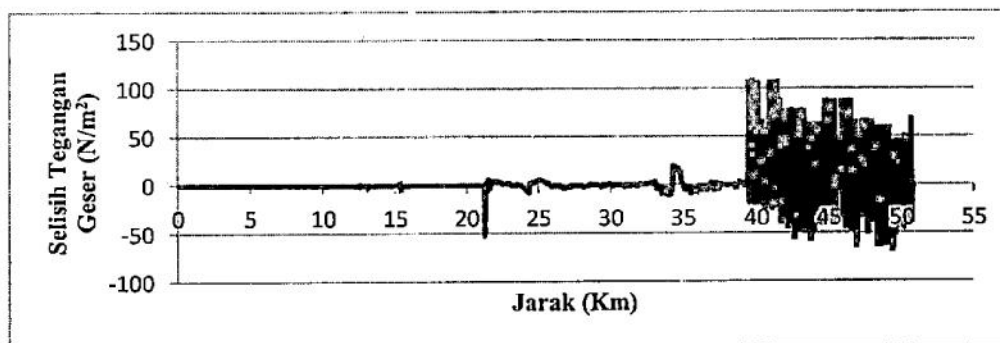
kecepatan aliran, perbedaan tegangan geser juga terjadi pada peralihan bentuk penampang dari bagian hulu ke penampang peralihan 1 (lihat arah panah pada Gambar 6.61). Sehingga, perubahan bentuk penampang secara tiba-tiba juga mengakibatkan perubahan tegangan geser aliran secara signifikan pada daerah perubahan penampang melintang. Selanjutnya Gambar 6.62 s/d Gambar 6.69 menunjukkan selisih tegangan geser yang terjadi dari bulan November 2010 hingga Juni 2011.



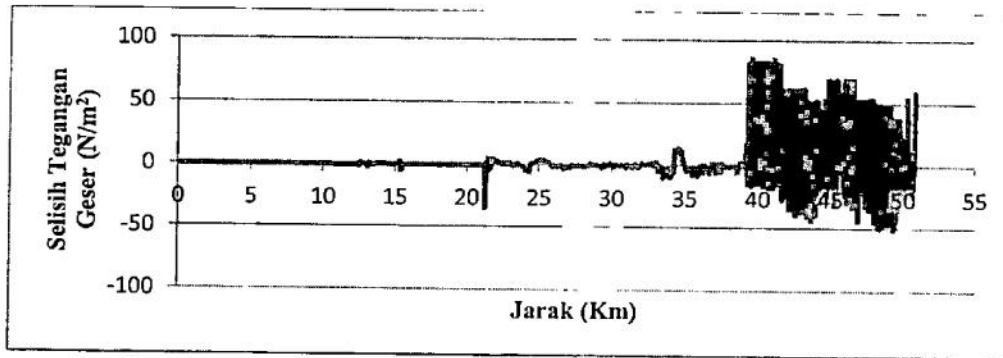
Gambar 6.62 Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 4 November 2010



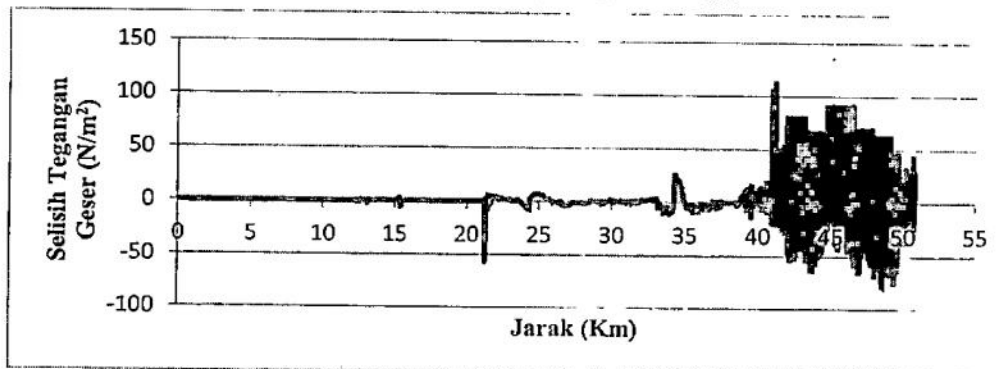
Gambar 6.63 Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 18 Desember 2010



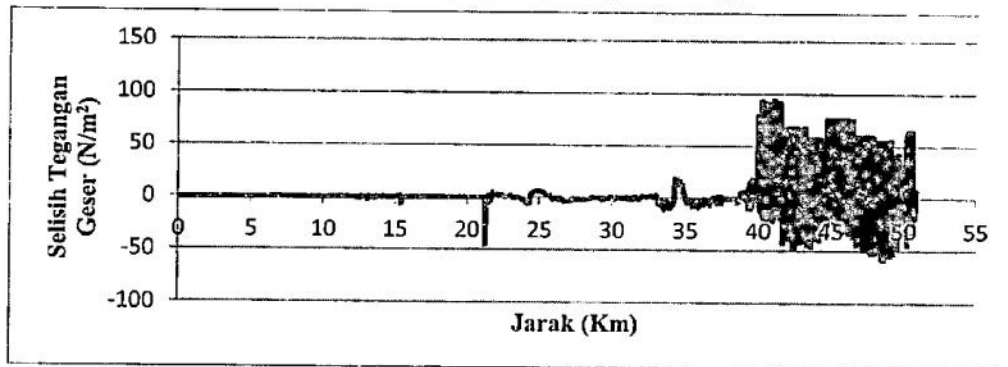
Gambar 6.64 Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 28 Januari 2011



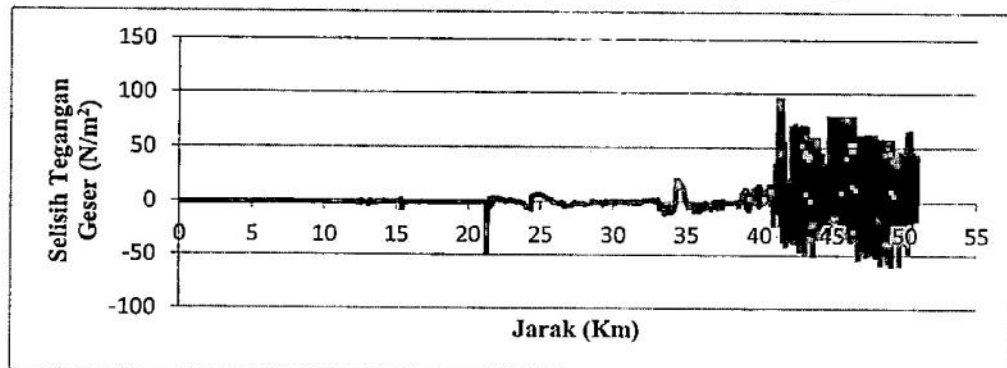
Gambar 6.65 Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 2 Februari 2011



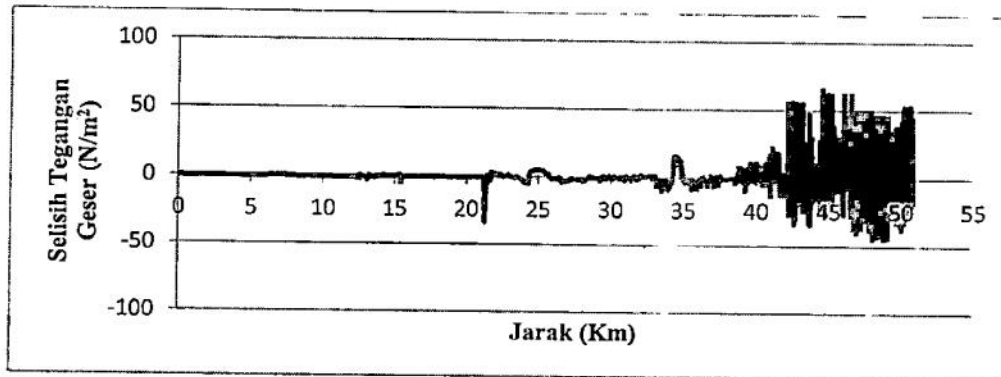
Gambar 6.66 Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 15 Maret 2011



Gambar 6.67 Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 13 April 2011



Gambar 6.68 Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 10 Mei 2011



Gambar 6.69 Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 10 Juni 2011

Pada awalnya perbedaan tegangan geser yang terjadi hanya pada bagian sungai yang mengalami agradasi dan degradasi. Semakin lama, proses pengendapan sedimen dan erosi dasar sungai yang terjadi semakin besar dan meluas ke arah hilir. Perubahan tegangan geser juga terjadi bersamaan dengan berubahnya morfologi dasar sungai. Tegangan geser maksimum yang terjadi dengan debit rerata tiap bulan dari Oktober 2010 hingga Juni 2011 ditunjukkan pada Tabel 6.9 dan Tabel 6.10.

Tabel 6.9 Tegangan geser maksimum pada simulasi *unsteady flow*

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			Δ Teg Geser (N/m <sup>2</sup> )
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> )	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> )	
28 Oktober 2010	46.644	161.64	107.82	108.59	123.13	108.04	109.16	51.18	-71.95
4 November 2010	46.644	146.36	107.82	108.54	116.88	108.17	108.95	98.96	-17.92
18 Desember 2010	46.644	156.00	107.82	108.57	120.80	109.21	109.89	152.82	32.02
28 Januari 2011	46.644	129.18	107.82	108.48	108.83	108.63	109.23	140.37	31.54
2 Februari 2011	46.644	69.24	107.82	108.26	80.75	108.74	109.13	105.59	24.84
15 Maret 2011	46.644	147.72	107.82	108.54	117.49	108.43	109.41	58.16	-59.33
13 April 2011	46.644	92.12	107.82	108.35	94.92	108.64	109.12	120.13	25.21
10 Mei 2011	46.644	97.72	107.82	108.37	97.05	108.95	109.45	124.00	26.95
10 Juni 2011	46.644	54.62	107.82	108.20	70.83	108.95	109.29	95.39	24.56

Tabel 6.10 Tegangan geser maksimum pada simulasi *sediment transport*

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			$\Delta$ Teg Geser (N/m <sup>2</sup> )
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> )	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> )	
28 Oktober 2010	43.317	161.64	83.16	84.06	85.42	83.39	84.08	155.33	69.91
4 November 2010	43.668	146.36	86.61	87.46	80.73	87.00	87.65	148.58	67.85
18 Desember 2010	43.668	156.00	86.61	87.49	83.39	87.47	88.14	152.88	69.49
28 Januari 2011	43.442	129.18	84.39	85.17	75.90	84.61	85.21	140.50	64.60
2 Februari 2011	43.718	69.24	87.11	87.64	53.41	87.21	87.61	106.32	52.91
15 Maret 2011	43.718	147.72	87.11	87.96	81.16	87.46	88.12	149.19	68.03
13 April 2011	45.418	92.12	100.25	101.00	43.17	100.46	100.93	121.18	78.01
10 Mei 2011	43.442	97.72	84.39	85.05	64.18	84.42	84.91	124.15	59.97
10 Juni 2011	44.569	54.62	95.29	95.86	28.59	93.57	93.91	95.71	67.12

Tabel 6.11 Selisih tegangan geser maksimum

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			$\Delta$ Teg Geser (N/m <sup>2</sup> )
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> )	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> )	
28 Oktober 2010	46.569	161.64	106.97	108.02	59.50	107.88	108.57	155.13	95.63
4 November 2010	46.569	146.36	106.97	107.95	56.17	107.85	108.50	148.56	92.39
18 Desember 2010	40.596	156.00	67.19	68.46	35.14	68.20	68.88	152.67	117.53
28 Januari 2011	39.703	129.18	64.53	65.69	30.11	65.49	66.09	140.16	110.05
2 Februari 2011	39.603	69.24	64.24	65.07	18.52	65.09	65.48	106.26	87.74
15 Maret 2011	41.210	147.72	68.94	70.17	34.61	70.80	71.45	149.17	114.56
13 April 2011	41.110	92.12	68.62	69.59	24.01	70.52	71.00	120.77	96.76
10 Mei 2011	41.310	97.72	69.24	70.20	27.38	71.66	72.16	123.99	96.61
10 Juni 2011	44.569	54.62	95.29	95.86	28.59	93.57	93.91	95.71	67.12

Tabel 6.12 Selisih tegangan geser minimum

Waktu	Jarak (Km)	Q Rerata (m <sup>3</sup> /dt)	Unsteady Flow			Sediment Transport			Δ Teg Geser (N/m <sup>2</sup> )
			Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> )	Elv Dasar (m)	Elv M.A (m)	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> )	
28 Oktober 2010	46.644	161.64	107.82	108.59	123.13	108.04	109.16	51.18	-71.95
4 November 2010	48.596	146.36	126.74	127.57	84.68	126.49	127.97	21.73	-62.95
18 Desember 2010	49.346	156.00	135.16	135.96	103.19	134.60	136.11	23.83	-79.36
28 Januari 2011	49.346	129.18	135.16	135.88	92.01	134.54	135.88	21.47	-70.54
2 Februari 2011	49.346	69.24	135.16	135.65	64.32	134.52	135.53	11.90	-52.42
15 Maret 2011	48.621	147.72	127.01	127.84	85.38	125.73	128.20	6.80	-78.58
13 April 2011	48.621	92.12	127.01	127.63	64.22	125.85	128.02	3.57	-60.65
10 Mei 2011	49.071	97.72	131.72	132.37	66.30	130.48	132.42	5.22	-61.08
10 Juni 2011	48.044	54.62	120.96	121.41	48.38	120.31	122.03	2.16	-46.22

Tabel 6.11 dan Tabel 6.12 menunjukkan selisih hasil simulasi tegangan geser maksimum yang terjadi pada pias Sungai Progo. Selisih tegangan geser maksimum adalah nilai tertinggi perbedaan tegangan geser aliran pada *sediment transport* yang bernilai lebih besar dibandingkan dengan tegangan geser pada *unsteady flow*, dan selisih minimum menunjukkan tegangan gesernya bernilai lebih kecil.

Tegangan geser kritis berperan terhadap pergerakan butir sedimen. Berdasarkan ukuran butiran sedimen, tegangan geser kritis untuk jenis butiran pasir kasar (*coarse sand*) dengan diameter 0.5 – 1 mm bernilai sekitar 0.27 – 0.47 N/m<sup>2</sup> (Julien, 1998). Sehingga, ketika tegangan geser aliran yang terjadi pada pias Sungai Progo bernilai sama dengan atau lebih besar dari tegangan geser kritis tersebut, maka butiran sedimen mulai bergerak yang menunjukkan terjadi degradasi/erosi dasar sungai. Ketika tegangan geser aliran bernilai lebih rendah dari tegangan geser kritis, maka butir sedimen tidak mengalami pergerakan.

Berdasarkan hasil simulasi dapat di ambil kesimpulan bahwa banjir lahar dingin akibat erupsi Gunung Merapi pada Tahun 2010 mengakibatkan perubahan

morfologi dasar Sungai Progo. Perubahan pada bagian hulu dengan kemiringan dasar sungai yang curam yaitu 0,007, terjadi lebih cepat dibandingkan dengan bagian hilir dengan kemiringan yang lebih landai dengan nilai rerata 0,0018. Perubahan morfologi dasar sungai akibat proses degradasi atau erosi akibat pergerakan sedimen dan agradasi atau pengendapan sedimen juga memberikan pengaruh terhadap perubahan parameter hidrolika pada Sungai Progo, khususnya pada elevasi muka air, kecepatan aliran, dan tegangan geser aliran air. Sehingga perlu menjadi perhatian khusus bahwa simulasi yang biasa dilakukan dengan kondisi *unsteady flow* tanpa memperhatikan perubahan bentuk dasar saluran atau sungai akan memberikan hasil analisa hidrolika yang berbeda dengan simulasi yang memperhatikan pergerakan sedimen pada aliran. Perbedaan tersebut terjadi terutama pada bagian pias sungai yang memiliki kemiringan dasar saluran yang besar, 0.007, pias I. Nilai analisa hidrolika untuk elevasi muka air, kecepatan aliran, dan tegangan geser pada bangunan-bangunan infrastruktur di sepanjang aliran Sungai Progo ditunjukkan pada Lampiran 4.a s/d Lampiran 4.e.

#### **F. Pemetaan Sungai**

Pada studi ini dilakukan pemetaan terhadap kondisi aliran pada Sungai Progo. Kondisi morfologi dasar sungai yang diteliti ditampilkan secara potongan memanjang, kemudian dilakukan pemetaan terhadap tata guna lahan pada kedua sisi sungai dan lokasi bangunan infrastruktur di sepanjang aliran sungai. Pemetaan ini memberikan informasi tentang bagian dasar sungai yang mengalami agradasi dan degradasi serta kondisi tata guna lahan disekitar aliran Sungai Progo.

Agradasi yaitu kondisi dasar sungai yang mengalami kenaikan elevasi karena adanya sedimentasi. Sedimentasi yang tidak terkendali dapat menyebabkan kenaikan elevasi muka air. Semakin lama elevasi muka air akan semakin tinggi. Ketika debit aliran dalam jumlah yang besar mengalir masuk ke dalam pias Sungai Progo, elevasi muka air juga akan mengalami kenaikan yang besar. Hal ini dapat menimbulkan potensi terjadinya genangan air pada daerah di sekitar aliran sungai, terutama di daerah yang mengalami pengendapan sedimen.

Degradasi adalah kondisi turunnya elevasi dasar sungai karena gerusan atau erosi. Erosi dapat terjadi pada tebing dan dasar sungai ketika tegangan geser yang terjadi pada aliran air lebih besar dibandingkan tegangan geser ijin pada tebing dan dasar sungai. Erosi pada sungai sangat berbahaya pada daerah disekitarnya karena dapat menimbulkan kelongsoran pada tebing sungai. Erosi juga dapat membahayakan bangunan melintang yang ada di sepanjang sungai seperti pilar jembatan, bangunan pengambilan (*intake*) dan bendung.

Berdasarkan hal tersebut, informasi tentang tata guna lahan dan bangunan air yang melintang di Sungai Progo menjadi hal yang penting. Karena beberapa anak Sungai Progo memiliki hulu di Gunung Merapi yang masih berstatus sebagai Gunungapi teraktif. Sehingga dapat dilakukan pemetaan daerah rawan bencana ketika terjadi debit aliran yang besar atau bencana seperti banjir lahar dingin karena erupsi Gunung Merapi di pias Sungai Progo. Hasil pemetaan potongan memanjang Sungai Progo pada penelitian ini ditunjukkan pada Lampiran 7.a s/d Lampiran 7.e.

Pada peta potongan memanjang Sungai Progo yang ditunjukkan oleh Lampiran 7.a s/d Lampiran 7.e dapat diketahui bahwa tata guna lahan di sekitar aliran Sungai Progo terdiri atas pemukiman, sawah, kebun, tanah ladang, dan sawah tadah hujan. Daerah hulu memiliki potensi bahaya terhadap longsor. Karena pada daerah hulu dengan kemiringan dasar sungai yang curam sebesar 0.007 cenderung terjadi erosi. Hal ini dapat membahayakan daerah sekitarnya terutama daerah pemukiman di dekat Sungai Progo. Pada bagian hilir dengan kemiringan dasar sungai yang lebih landai, sebesar 0.0018, terjadi pengendapan sedimen yang lebih besar sehingga potensi bahaya yang ditimbulkan adalah genangan air atau banjir.