

## BAB V

### SIMULASI MODEL MATEMATIK

#### A. Permodelan Hidrolika

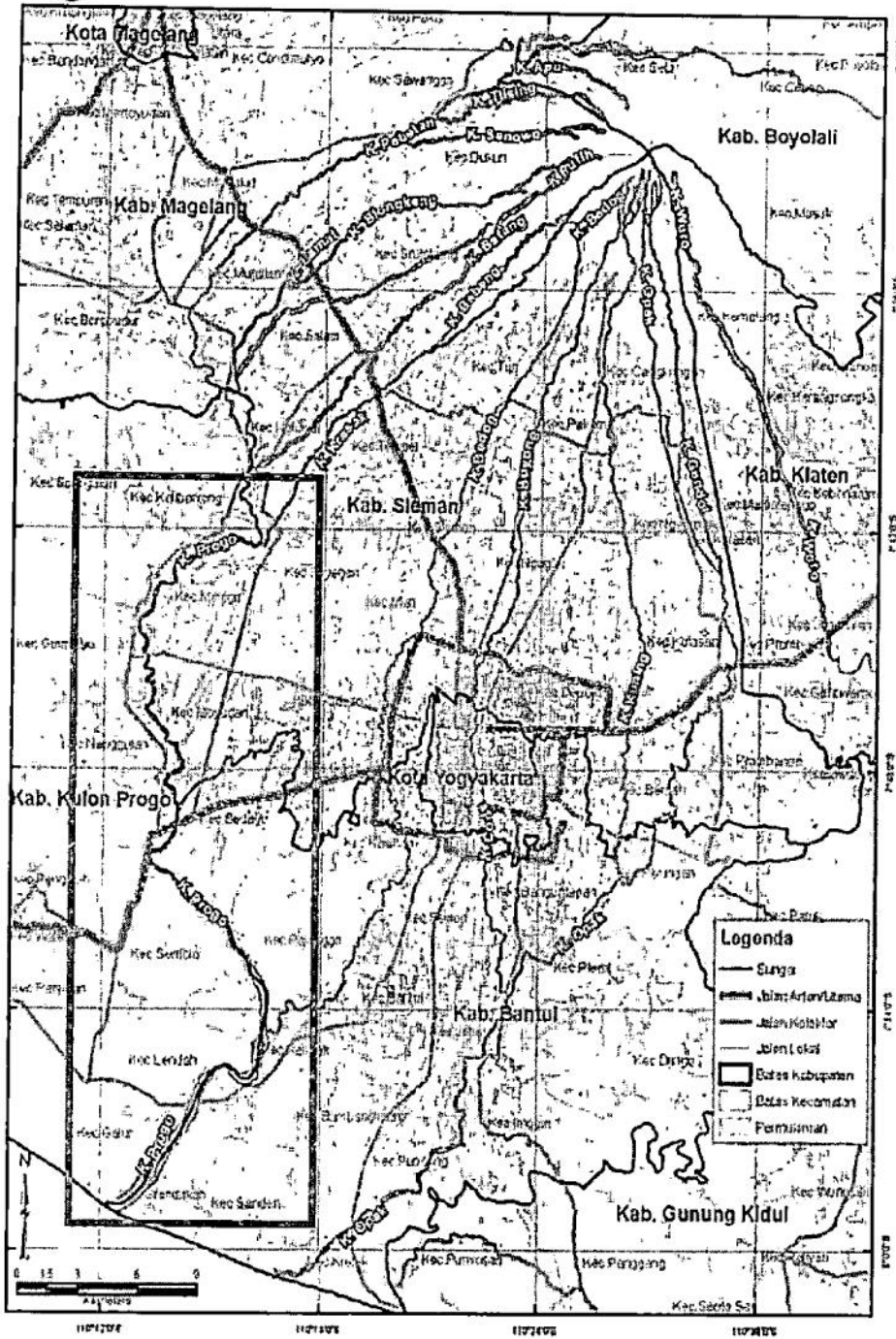
Aliran pada Sungai Progo disimulasikan dengan membuat permodelan untuk analisis hidrolika berupa kecepatan aliran, muka air dan kecepatan geser menggunakan *software* HEC-RAS versi 4.1.0. Pada studi ini, analisa hidrolika dilakukan dengan menggunakan komponen model satu dimensi pada kondisi *unsteady flow* dan *transport sediment*. *Unsteady flow* adalah simulasi permodelan hidrolika dengan parameter kecepatan, kedalaman, dan debit aliran berubah terhadap waktu, namun bentuk *layout* pada dasar sungai bersifat tetap. Sedangkan *transport sediment* pada penelitian ini digunakan untuk simulasi model hidrolika dengan memperhatikan pergerakan dari sedimentasi. Proses aggradasi dan degradasi pada dasar sungai akan mempengaruhi bentuk *layout* dasar sungai. Perubahan bentuk *layout* tersebut juga akan mempengaruhi kondisi hidrolika pada pias yang dimodelkan. Hasil dari permodelan pada kedua kondisi tersebut akan dibahas pada penelitian ini.

#### B. Geometri Model

Semua data yang diperoleh dianalisis menggunakan *software* HEC-RAS versi 4.1.0. Simulasi aliran dan morfologi sungai dibuat berdasarkan data *layout* sungai yang diperoleh dari peta topografi RBI Yogyakarta. Koordinat trace sungai disesuaikan dengan kondisi sebenarnya dengan menggunakan sistem proyeksi koordinat UTM (Universal Transverse Mercator). Hal ini dilakukan agar diperoleh *layout* model sesuai dengan kondisi geometri sebenarnya. Proses digitasi sungai menggunakan perangkat lunak pemetaan. Dengan perangkat lunak ini semua data hasil digitasi dapat langsung dibaca ke *software* HEC-RAS. Pias Sungai Progo yang dimodelkan pada penelitian ini adalah pias bagian tengah ke hilir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.



PETA ALIRAN SUNGAI UTAMA DI WILAYAH GUNUNG MERAPI



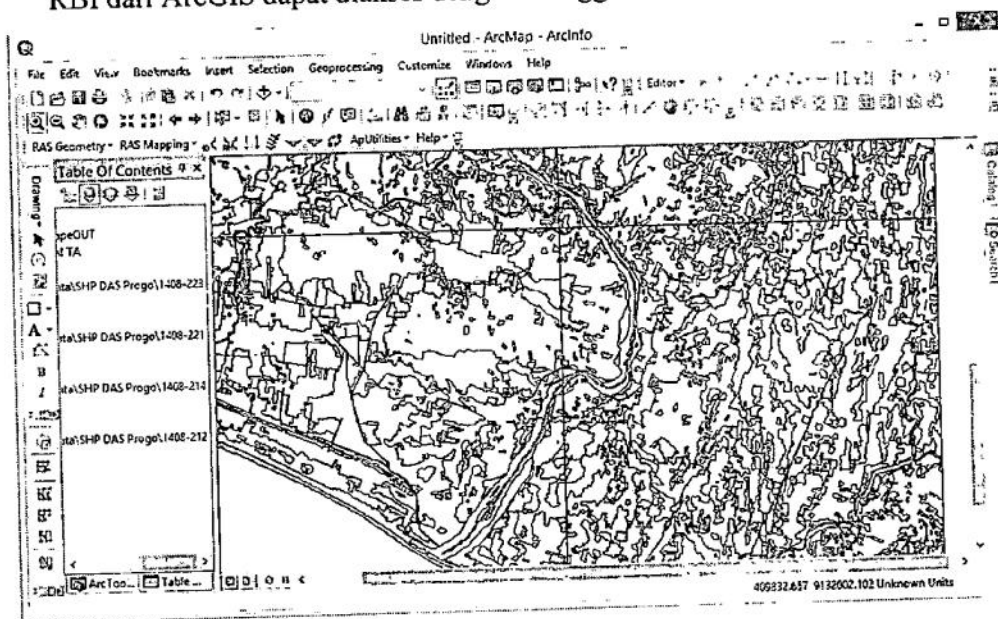
Gambar 5.1 Pias Sungai Progo yang dimodelkan.

## 1. Pembuatan Model Sungai

Perangkat lunak pemetaan yang digunakan untuk pembuatan model sungai pada penelitian ini adalah *software* ArcGIS versi 10.0. Koordinat sungai yang di trace didapatkan dari data peta RBI. Adapun langkah pembuatan model sungai dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.0 adalah sebagai berikut :

- a. Membuat lembar kerja baru dengan memilih menu *File – New*
- b. Memasukkan data topologi dari peta RBI dalam bentuk *shapefile* melalui menu *File – Add Data*.
- c. Melakukan trace sungai dengan cara membuat garis *polyline* disepanjang aliran sungai melalui menu *Editor – Start Editing – Construction Tools – Line*.
- d. Menyimpan *polyline* hasil trace melalui menu *Editor – Save Edit* dan mengakhiri pekerjaan trace dengan menu *Editor – Stop Editing*.

Pembuatan model geometri sungai dengan *software* ArcGIS ditunjukkan pada Gambar 5.2. Setelah geometri selesai di buat, selanjutnya melakukan *export* data melalui menu *Tools* HEC-GeoRAS yang ada pada ArcGIS dengan ekstensi \*.geo. *Export* data dilakukan agar data *polyline* hasil trace pada peta RBI dari ArcGIS dapat diakses dengan menggunakan *software* HEC-RAS.



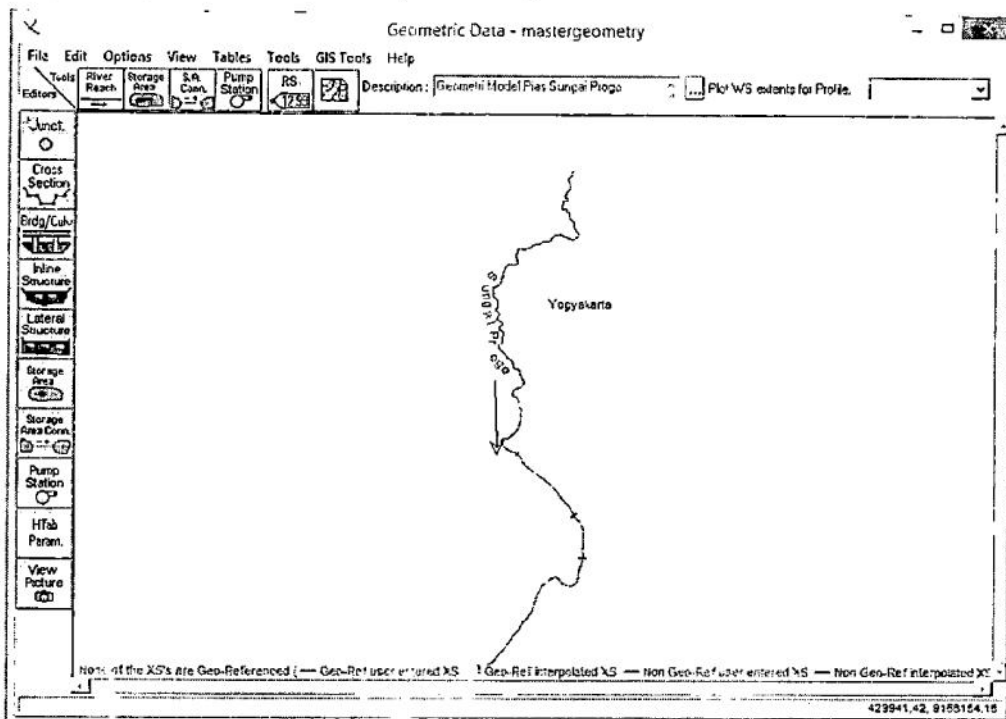
Gambar 5.2 Trace sungai dengan menggunakan ArcGIS.

## 2. Input Data Geometri pada HEC-RAS

Setelah trace sungai selesai dilakukan selanjutnya input data geometri pada *software* HEC-RAS. Adapun tahap pengerjaannya adalah sebagai berikut :

- Membuat project baru pada HEC-RAS melalui menu utama pilih menu *File - New Project*.
- Menentukan satuan untuk simulasi melalui menu utama pilih menu *Option - Unit system*. Pilih *System International (Metric System)*.
- Memilih menu *Edit - Geometric data* untuk melakukan input geometri. Selanjutnya akan tampil *main window* dari *geometric data*.
- Kemudian memilih menu *File - Import geometry data - GIS format* pada *geometric data window* untuk input data hasil trace sungai.

Data geometri yang di *input* pada HEC-RAS sudah sesuai dengan koordinat sebenarnya. Tahap selanjutnya adalah membuat model potongan melintang sungai sepanjang geometri. Adapun *layout* geometri Sungai Progo pada *software* HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 5.3.



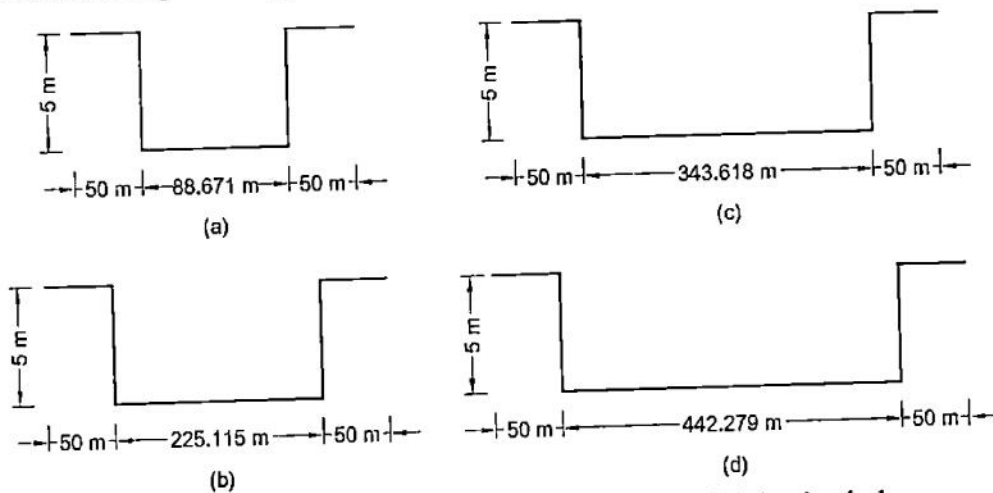
Gambar 5.3 *Layout* geometri Sungai Progo dalam model

### C. Tampang Melintang Model

Pada penelitian ini bentuk penampang Sungai Progo dilakukan penyederhanaan pemodelan menjadi penampang berbentuk persegi panjang. Penyederhanaan ini dilakukan karena ketersediaan dataampang melintang sungai yang sangat sulit dicari. Selain itu untuk mengukur tampang melintang sungai dengan panjang puluhan km diperlukan dana yang tidak sedikit. Sungai dianggap saluran dengan tampang lebar dengan memperhatikan syarat penyederhanaan yaitu lebar sungai sepuluh kali lipat lebih besar dibandingkan dengan kedalaman rata-rata aliran. Bentuk penampang melintang dalam model dibuat dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pias sungai yang lurus jarak antar tampang melintang 50 s/d 100 m.
- Untuk pias sungai yang berbelok jarak antar tampang melintang kurang dari 25 m.
- Untuk kedalaman penampang sungai di asumsikan sama di sepanjang lokasi penelitian yaitu dengan kedalaman 5 m.
- Untuk lebar penampang didapatkan dari pengukuran pada peta RBI kemudian bagian sungai dengan lebar pias yang hampir sama di rata-rata

Lebar Sungai Progo dimodelkan menjadi bentuk penampang persegi panjang dengan empat lebar penampang yang berbeda. Lebar penampang tersebut terdiri atas bagian hulu, peralihan 1, peralihan 2, dan hilir (lihat Gambar 5.4).

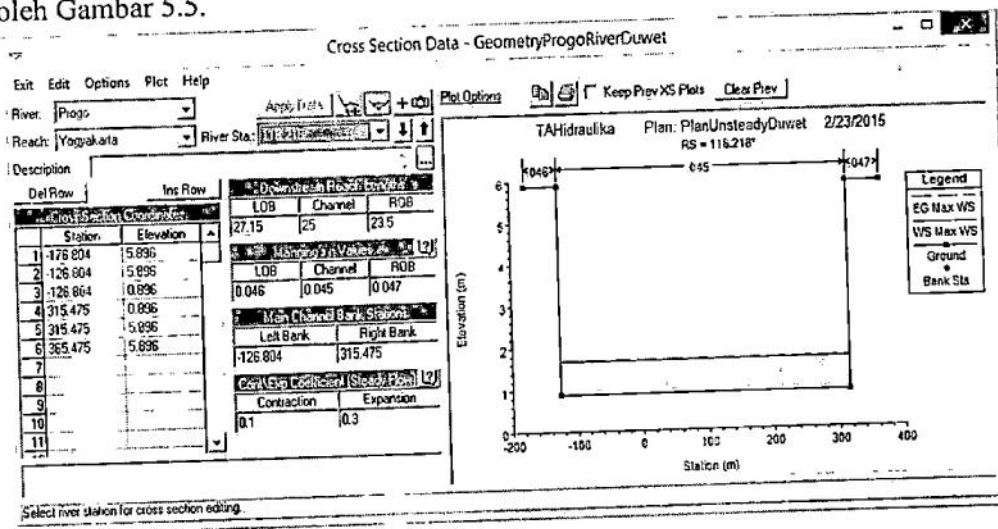


Gambar 5.4 Ukuran permodelan penampang sungai a) bagian hulu, b) peralihan 1, c) peralihan 2, d) bagian hilir.

Pembuatan tampang melintang model menggunakan *software* HEC-RAS versi 4.1.0 dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Melalui *geometric data window* pilih menu *Option – Add a new Cross Section* untuk *input* data melintang model sungai. Kemudian akan tampil *cross section data window*
- Menentukan *River Sta* potongan melintang sungai. Pada HEC-RAS *input* titik *River Sta* dari besar ke kecil diurutkan mulai dari hulu ke hilir.
- Memasukkan data sumbu-x (*station*) dan sumbu-y (*elevation*) pada kolom *cross section coordinates*. Sumbu-x ditentukan berdasarkan lebar penampang sungai dan sumbu-y berdasarkan pengukuran elevasi dasar sungai menggunakan peta RBI.
- Memasukkan data jarak tepi kiri, tengah, dan tepi kanan sungai dari satu potongan penampang melintang ke penampang yang lain secara berurutan pada LOB, Channel, ROB pada kolom *downstream reach lengths*.
- Melakukan *input* angka kekasaran saluran pada kolom *Manning's n Values*
- Input* data batas tepi sungai pada kolom *Main Channel Bank Stations*.
- Mengulangi langkah pada poin b sampai dengan poin f untuk bentuk lebar penampang yang berbeda.

Contoh tampilan tampang melintang sungai pada permodelan ditunjukkan oleh Gambar 5.5.

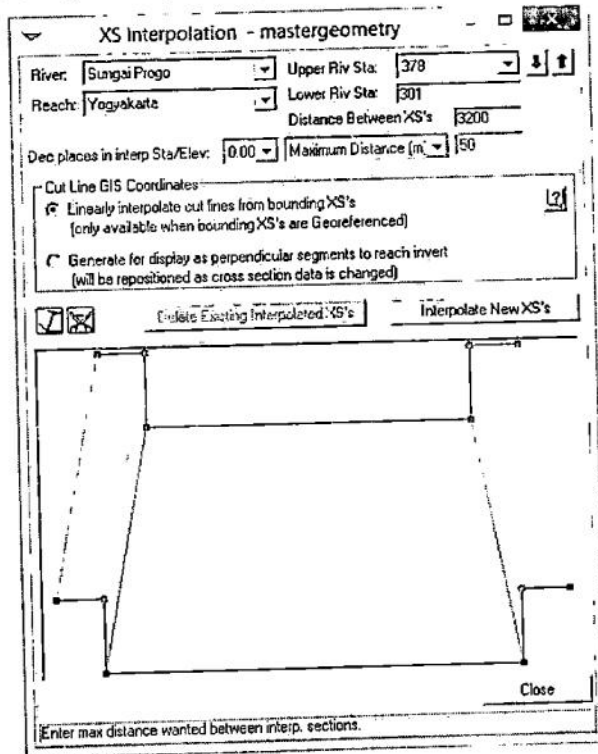


Gambar 5.5 Contoh tampilan tampang melintang sungai pada model.

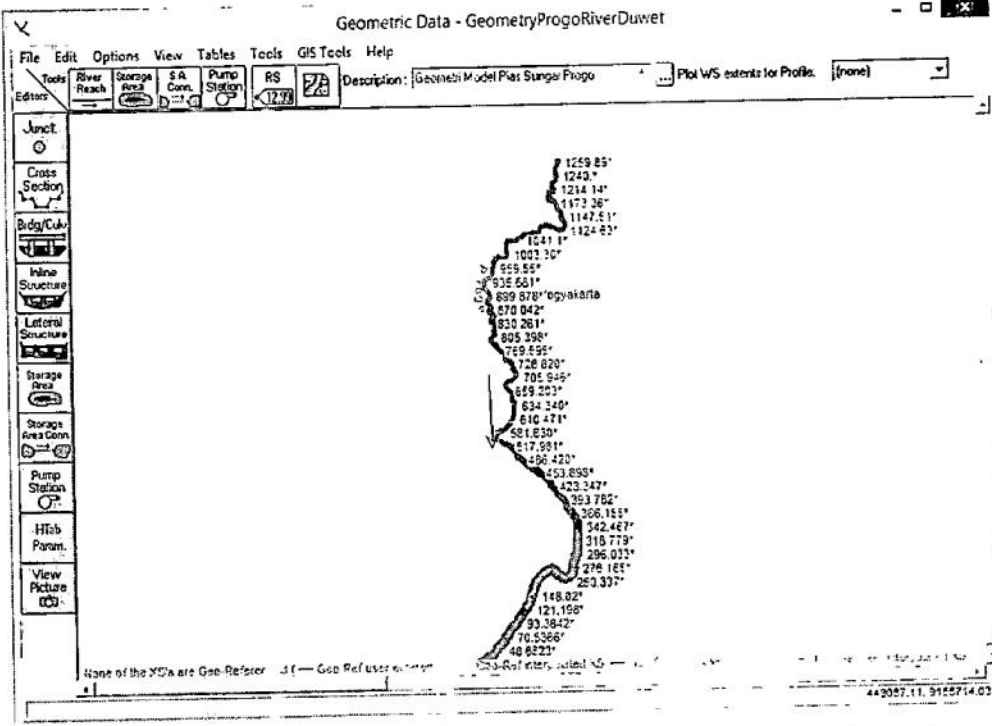
Setelah dilakukan *input* bentuk penampang sesuai dengan lebar dan elevasi yang telah ditentukan, selanjutnya dilakukan interpolasi potongan melintang model untuk *generate data*. Interpolasi dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Memilih menu *Tools – XS Interpolation – Between 2 XS's* pada *geometry data window*.
- Memilih *Upper River Sta* sebagai batas atas penampang melintang yang ingin diinterpolasi dan *Lower River Sta* sebagai batas bawah.
- Menentukan jarak maksimum antar penampang melintang hasil interpolasi pada kolom *Maximum Distance*. Kemudian pilih *Interpolate New XS's*

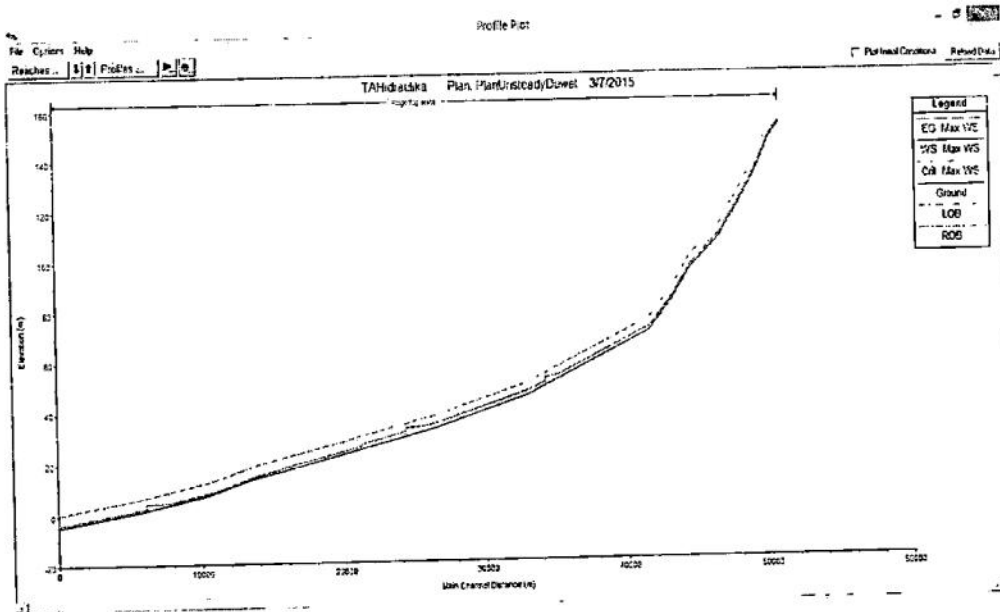
Kemudian data elevasi dasar sungai pada model hasil interpolasi disesuaikan dengan data hasil pembacaan pada peta RBI melalui menu *Tools – Datum Adjustment*. Tahap interpolasi penampang model ditunjukkan pada Gambar 5.6. Adapun hasil *input* data *cross section* pada geometri model ditunjukkan pada Gambar 5.7. Potongan memanjang model yang menunjukkan kemiringan dasar sungai ditunjukkan pada Gambar 5.8



Gambar 5.6 Interpolasi bentuk penampang melintang pada model



Gambar 5.7 Hasil *input* data potongan melintang pada geometri sungai menggunakan *software* HEC-RAS



Gambar 5.8 Profil kemiringan sungai pada model



Sebelum dilakukan analisa berdasarkan hasil simulasi, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu terhadap model Sungai Progo. Kalibrasi dilakukan pada nilai koefisien kekasaran Manning pada bagian saluran (Channel), bagian kiri (LOB) dan bagian kanan (ROB). Metode yang digunakan adalah metode *trial and error* terhadap data *input* koefisien kekasaran Manning pada *software* HEC-RAS versi 4.1.0. *Trial and error* dilakukan dengan menggunakan data debit dari pengukuran sampai diperoleh data *output* kecepatan aliran dan kedalaman air pada titik yang diamati, dalam studi ini adalah di sekitar Jembatan Kebon Agung II, mendekati dengan pengukuran yang dilakukan di lapangan. Setelah didapatkan nilai koefisien kekasaran Manning yang sesuai, angka kekasaran Manning dibuat seragam dari hulu ke hilir untuk tiap sisi alur dalam model. Angka kekasaran Manning menjadi parameter aliran penting sebagai data *input* pada tampang melintang dalam permodelan. Hasil kalibrasi kekasaran Manning kemudian digunakan untuk simulasi menggunakan kondisi *unsteady flow* dan *sediment transport* dengan menggunakan data geometri yang sama. Tabel 5.1 menunjukkan nilai kekasaran Manning hasil kalibrasi pada model.

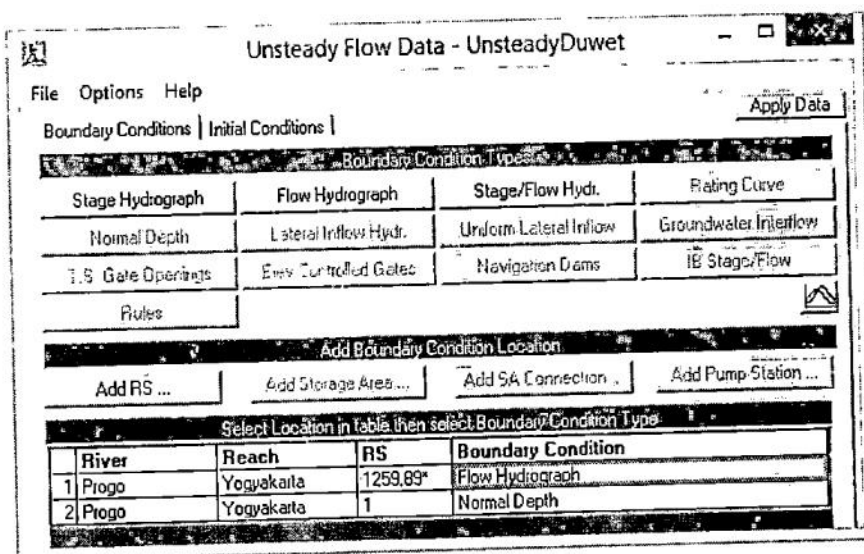
Tabel 5.1 Hasil kalibrasi nilai kekasaran Manning pada model

Parameter	Nilai
Koefisien Manning (n)	
1. Aliran Lurus	
a. Sisi Kiri	0.045
b. Tengah	0.045
c. Sisi Kanan	0.045
2. Aliran Berbelok	
a. Sisi Dalam	0.047
b. Tengah	0.045
c. Sisi Luar	0.046
Kecepatan (v)	
1. Kecepatan pengukuran di lapangan	1.620 m/s
2. Kecepatan hasil model	1.615 m/s
Kedalaman aliran (h)	
1. Kedalaman pengukuran di lapangan	1.530 m
2. Kedalaman hasil model	1.533 m

Berdasarkan nilai kekasaran Manning pada Tabel 5.1, Sungai Progo termasuk dalam tipe saluran alam berkelok-kelok, berceruk, bertebing dengan batu-batu dan tanaman pengganggu dengan nilai kekasaran Manning minimum 0,035, maksimum 0,05, dan pada kondisi normal bernilai 0,045.

#### D. Kondisi Batas Model

Kondisi batas pada permodelan dengan menggunakan HEC-RAS meliputi kondisi batas hulu dan hilir. Untuk analisa hidrolika menggunakan *unsteady flow*, digunakan kondisi batas hulu *flow hydrograph* sungai yang diperoleh dari BBWS. Analisa dengan menggunakan *sediment transport* menggunakan kondisi batas hulu *flow series* pada *quasi unsteady flow*. Pada dasarnya kedua batas hulu ini sama, yaitu menggunakan data debit rerata harian pada stasiun hidrologi Duwet. Data debit yang digunakan untuk simulasi dimulai dari tanggal 26 Oktober 2010 hingga 30 Juni 2011. Sedangkan untuk kondisi batas hilir, keduanya menggunakan aliran dengan kedalaman normal (*normal depth*). Yaitu kondisi batas hilir berupa muka air dan akan ditentukan sendiri oleh model matematik berdasarkan *input* kemiringan dasar saluran rata-rata. Tampilan *input* kondisi batas model pada HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 5.9 untuk model *unsteady flow* dan Gambar 5.11 untuk model *quasi unsteady flow*.



Gambar 5.9 Model *input* kondisi batas pada model *unsteady flow*.

### Flow Hydrograph

\*River: Progo\* Reach: Yogyakarta RS\*1259.89\*

Read from DSS before simulation Select DSS file and Path

File: \_\_\_\_\_  
Path: \_\_\_\_\_

Enter Table Data time interval: 1 Day

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

Use Simulation Time: Date: 26OCT2010 Time: 24  
 Fixed Start Time: Date: 01OCT2010 Time: 24

No. Ordinates	Interpolate Missing Values	Del Row	Ins Row
Hydrograph Data			
	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m3/s)
26	26Oct2010 2400	600:00	188.08
27	27Oct2010 2400	624:00	192.65
28	28Oct2010 2400	648:00	161.64
29	29Oct2010 2400	672:00	149.09
30	30Oct2010 2400	696:00	157.4
31	31Oct2010 2400	720:00	161.64
32	01Nov2010 2400	744:00	111.76

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step): \_\_\_\_\_

Min Flow: \_\_\_\_\_ Multiplier: \_\_\_\_\_

Plot Data    OK    Cancel

Gambar 5.10 Model input debit aliran kondisi batas flow hydrograph.

### Quasi Unsteady Flow Editor

File Help

Boundary Condition Types

Flow Series	Lateral Flow Series	Uniform Lateral Flow
Normal Depth	Stage Series	FRating Curve
T S Gate Openings		

Select Location for Boundary Condition

Add Flow Change Location(s)    Delete Current Row

	River	Reach	RS	Boundary Condition Type
1	Progo	Yogyakarta	1259.89*	Flow Series
2	Progo	Yogyakarta	1	Normal Depth

Set Temperature ...

Gambar 5.11 Model input kondisi batas pada model quasi unsteady flow.

Flow Series for Progo Yogyakarta 1259.89\*

Select/Enter the Data's Starting Time Reference:

Use Simulation Time: Date: 26OCT2010 Time: 24

Fixed Start Time: Date: 1OCT2010 Time: 00

Hydrograph Data

No.	Ordinate	Interpolate Values	Del Row	Ins Row	
	Simulation Time	Elapsed Time	Flow Duration	Computation Increment	
		(hours)	(hours)	(hours)	
				Flow (m <sup>3</sup> /s)	
27	27Oct2010 0000	648	24	24	192.65
28	28Oct2010 0000	672	24	24	161.64
29	29Oct2010 0000	696	24	24	149.09
30	30Oct2010 0000	720	24	24	157.4
31	31Oct2010 0000	744	24	24	161.64
32	01Nov2010 0000	768	24	24	111.76
33	02Nov2010 0000	792	24	24	104.63
34	03Nov2010 0000	816	24	24	124.09
35	04Nov2010 0000	840	24	24	146.36
36	05Nov2010 0000	864	24	24	163.06
37	06Nov2010 0000	888	24	24	177.58
38	07Nov2010 0000	912	24	24	160.22
39	08Nov2010 0000	936	24	24	136.99
40	09Nov2010 0000	960	24	24	130.47
41	10Nov2010 0000	984	24	24	130.47
42	11Nov2010 0000	1008	24	24	130.47

Compute computation increments based on flow

Plot ... OK Cancel

Gambar 5.12 Model *input* debit aliran kondisi batas *flow series*

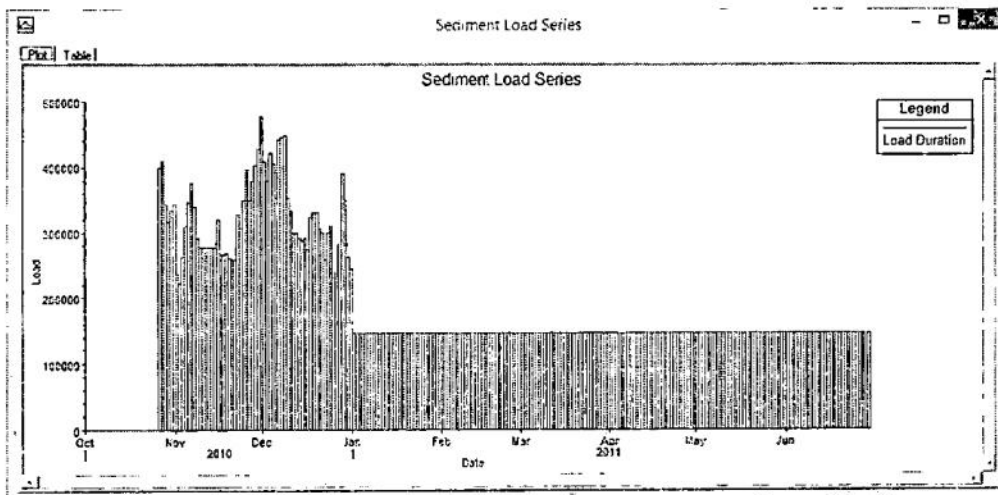
### E. Data Sedimen

Analisa hidrolika yang dilakukan dengan memperhatikan data sedimentasi memerlukan data gradasi butiran sebagai data *input* pada *software* HEC-RAS versi 4.1.0. Pada penelitian ini untuk jenis tanah pada sungai Progo di sepanjang aliran dimodelkan homogen dengan jenis tanah berbutir kasar berupa pasir bergradasi baik. Data ini di dapat berdasarkan pengambilan sampel material dasar sungai pada daerah aliran di sekitar Jembatan Kebon Agung II. Material sedimen tersebut kemudian digunakan sebagai *input bed gradation* pada *sediment data* yang ditunjukkan oleh Gambar 5.11.

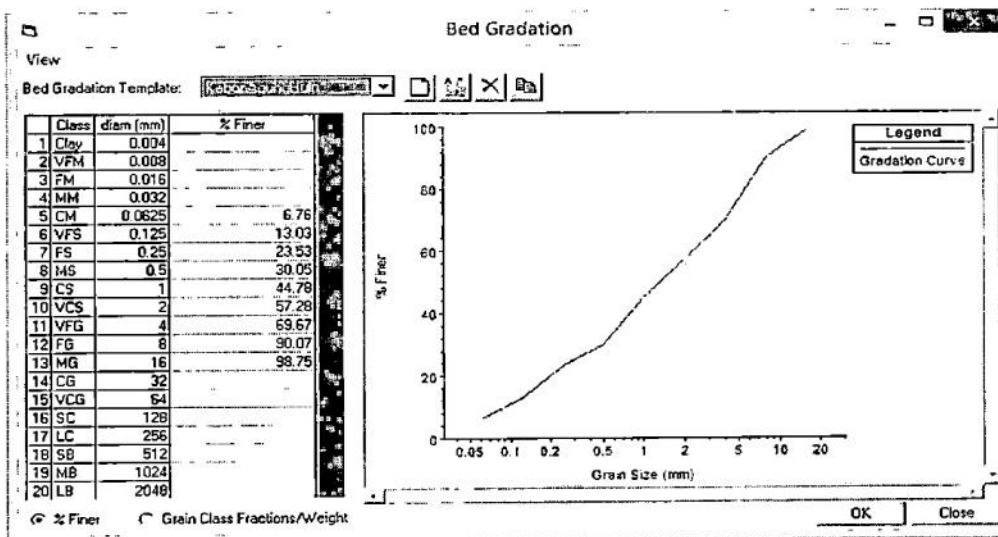
Sebelum dilakukan analisa, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi model terhadap volume sedimentasi yang terjadi paska erupsi Gunung Merapi pada Tahun 2010 dengan metode yang sama, *trial and error*. Volume yang digunakan

sebagai pembanding adalah volume sedimentasi hasil pengukuran lapangan yang terdapat pada aliran Sungai Progo sekitar Jembatan Kebon Agung II.

Data *sediment load* untuk dampak simulasi lahar dingin pada Sungai Progo dimulai dari tanggal 26 Oktober 2010 hingga 31 Desember 2010. Setelah itu, simulasi dari tanggal 1 Januari 2011 hingga 30 Juni 2011 menggunakan data *sediment transport* rerata harian Sungai Progo pada kondisi *equilibrium* (jumlah tergerus sama dengan jumlah mengendap). Gambar 5.13 menunjukkan grafik *sediment load series* pada model. Data aliran debris ditunjukkan pada Lampiran 3.

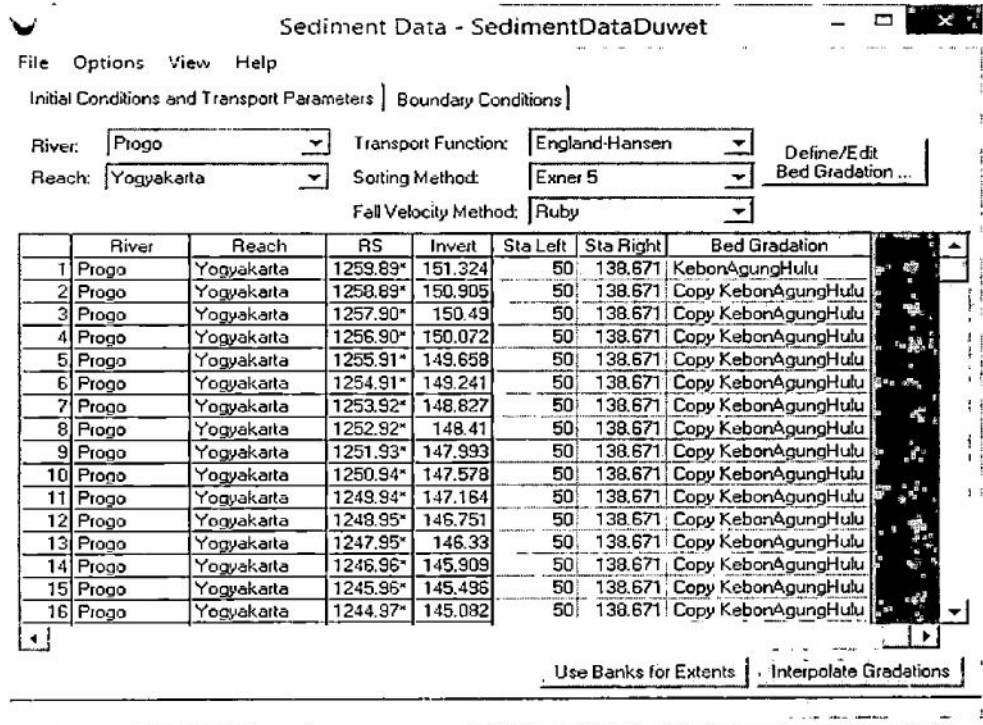


Gambar 5.13 Grafik *sediment load series* pada model

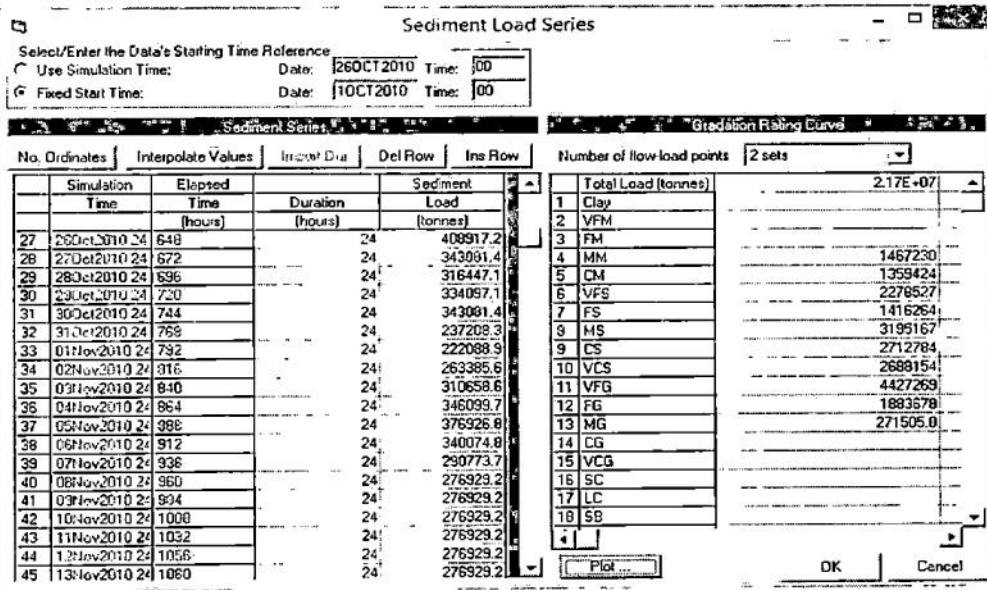


Gambar 5.14 Model *input bed gradation* untuk material dasar sungai.

Data *input* sedimen pada model ditunjukkan oleh Gambar 5.15. Untuk *input* volume sedimen pada analisa *sediment transport* menggunakan data *sediment load series* yang ditunjukkan oleh Gambar 5.16.



Gambar 5.15 *Input* material sedimen pada tiap tampang melintang



Gambar 5.16 *Input* volume sedimen pada analisa *sediment transport*