

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PARAMETER HIDROLIKA SEPANJANG SUNGAI PROGO  
SETELAH LETUSAN GUNUNG MERAPI 2010**

*( The Analysis of Hydraulic Parameters Along Progo River After 2010  
Mount Merapi Eruption )*



**Disusun oleh :**

**AHMAD AZMI FITIADIN**

**20110110185**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2015**

## HALAMAN MOTTO

*Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bagianmu (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.*

*(Q.S. Al Qashash : 77)*

*Pelajarilah ilmu karena mempelajari ilmu adalah sebagian dari taqwa kepada Allah. Menuntutnya sebagian dari ibadah, mendiskusikannya bagaikan bertasbih, mendalaminya sebagai berjihad, mengajarkannya kepada orang lain yang tidak mengetahui merupakan sodakoh dan memberikannya kepada orang yang patut menerimanya merupakan pendekatan kepada Allah.*

*(H.R. Sa'ad bin Mu'adz)*

*Man Jadda Wajada, Man Shobaru Zhafira, Man Saara Ala Darbi Washalla*

*(Trilogi Negeri 5 Menara)*

*Never give up, you never know how close you may be to achieving your dreams*

*(Anonim)*

*Materi bukan batas. Ikhlas dalam menuntut ilmu, maka Allah akan membukakan jalan.*

*(Ayahanda, Bakhruddin)*

*Selimuti usaha dengan do'a, percayalah nak, segala apa yang Allah berikan adalah yang terbaik untuk kita jalani.*

*(Ibunda, Rosidah)*

*Berniat dalam ikhlas, berusaha dalam setiap langkah, berdoa dalam sujud, bersyukur atas segala hela nafas, selalu sertakan Allah dalam setiap detik.*

*(Ahmad Azmi Fitriadin)*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Untuk Ibunda dan Ayahanda tercinta, Rosidah dan Bakhrudin, yang telah membalut anak-anaknya dengan kasih sayang dan memberikan segalanya sejak dalam buaian. Terima kasih atas setiap tetes keringat perjuangan serta do'a yang selalu terpanjatkan.*

*Untuk kakakku, Nur Aisya Adila dan Rizhan Riyadin, yang selalu perhatian dan memberikan dukungan kepada adik kecilnya.*

*Untuk keponakanku, Rizky Rizaldi Nugraha, semoga bisa menjadi pribadi yang selalu membanggakan.*

*Untuk saudara-saudaraku yang dipertemukan dalam ranah perantauan, Rahmadika Arizal Nugraha, Ridho Tri Purnomo, Teguh Wiradinata, Rahmat Dwi Cahyo, Lidar Ramdana Sugiman, Barep Alamsyah, Fadlun Mias, Udae Husep, Inas Winalytra, Asep Tri Handoko, Yoga Setyawan, Muhammad Taufiq Hidayat dan sahabat-sahabatku yang tidak tersebut satu-persatu. Terima kasih atas lingkaran persaudaraan yang tak tergantikan, berbagi senyum dan air mata sebagai bagian dalam cerita perjuangan perjalanan hidup.*

*Untuk pejuang penelitian keairan Ahmad Hakim Bintang Kuncoro, Rosa Indah Puspitasari, Ilham Prayuda Hutama, Riya Purnamasari, Katmirah yang telah bekerjasama dan memberikan bantuan-bantuan terbaiknya.*

*Untuk teman-teman mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Sipil angkatan 2011 pada khususnya. Sampai jumpa di puncak kejayaan.*

*Untuk sahabat yang tak tersebut satu-persatu dalam Inklusif Member yang masing-masing berpijak di tanah perjuangan. Kelak kita akan bertemu dengan membawa kunci kesuksesan.*

*Untuk almamater penulis, semoga terus melahirkan sarjana muda mendunia yang selalu unggul dan islami.*

## PRAKATA

Syukur alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Laporan Tugas Akhir dengan judul "Analisis Parameter Hidrolika Sepanjang Sungai Progo Setelah Letusan Gunung Merapi 2010" dapat selesai. Semoga laporan ini bermanfaat bagi pembaca dan saran serta kritik selalu penulis harapkan demi kesempurnaan karya ilmiah ini.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberi bantuan baik materiil dan spirituil. Ucapan terima kasih ditujukan kepada :

1. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., sebagai Pembimbing I yang telah memberi banyak bimbingan, masukan dan koreksi,
2. Bapak Jazaul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D, sebagai Pembimbing II yang telah memberi banyak bimbingan, masukan dan koreksi,
3. Bapak Surya Budi Lesmana, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji,
4. LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta selaku pemberi dana dalam Penelitian Unggulan Prodi,
5. Bapak/Ibu Dosen Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis,
6. Seluruh Staff Tata Usaha, Karyawan dan Laboran Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
7. Keluargaku tercinta yang telah banyak mendoakan dan membantu keberhasilan studi ini,
8. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2011 yang telah memberi saran dan ide,
9. Semua pihak yang memberikan bantuan dalam menyelesaikan dan penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam laporan ini baik bahasa maupun isinya. Untuk itu penulis mohon saran dan kritikan dari para pembaca yang sifatnya membangun.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Yogyakarta, Maret 2015  
Penulis,

Ahmad Azmi Fitriadin

## DAFTAR ISI

	halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Motto.....	iii
Halaman Persembahan.....	iv
Prakata.....	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Tabel .....	viii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Lampiran.....	xv
Lambang dan Singkatan.....	xvi
Intisari .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian.....	6
E. Batasan Masalah .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Morfologi Sungai.....	8
B. Erosi dan Sedimentasi Sungai Vulkanik.....	9
C. Keaslian Penelitian.....	14
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	
A. Tinjauan Umum .....	15
B. HEC-RAS Versi 4.1.0.....	16
C. Persamaan Pada HEC-RAS .....	17
D. Analisis Stabilitas Alur .....	23
E. Angka Kekasaran Manning.....	26

<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Studi Literatur .....	31
B. Penentuan Lokasi Penelitian.....	31
C. Pengumpulan Data.....	33
D. Bagan Alir Penelitian.....	39
<b>BAB V SIMULASI MODEL MATEMATIK</b>	
A. Permodelan Hidrolika.....	41
B. Geometri Model.....	41
C. Tampang Melintang Model.....	45
D. Kondisi Batas Model.....	50
E. Data Sedimen.....	52
<b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Morfologi Sungai Pias I.....	56
B. Morfologi Sungai Pias II.....	64
C. Kondisi Muka Air.....	72
D. Kondisi Kecepatan Aliran.....	79
E. Kondisi Tegangan Geser.....	85
F. Pemetaan Sungai.....	92
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	94
B. Saran.....	95
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>96</b>

## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 3.1 Angka kekasaran Manning.....	27
Tabel 3.2 Angka kekasaran Manning - Lanjutan .....	28
Tabel 3.3 Angka kekasaran Manning - Lanjutan .....	29
Tabel 3.4 Angka kekasaran Manning - Lanjutan .....	30
Tabel 4.1 Hasil data pengukura di lapangan .....	34
Tabel 5.1 Hasil kalibrasi nilai kekasaran Mannin pada model .....	49
Tabel 6.1 Kedalaman maksimum pada simulasi <i>unsteady flow</i> .....	77
Tabel 6.2 Kedalaman maksimum pada simulasi <i>sediment transport</i> .....	77
Tabel 6.3 Selisih elevasi muka air maksimum.....	78
Tabel 6.4 Selisih elevasi muka air minimum .....	78
Tabel 6.5 Kecepatan aliran maksimum pada simulasi <i>unsteady flow</i> .....	83
Tabel 6.6 Kecepatan aliran maksimum pada simulasi <i>sediment transport</i> .....	84
Tabel 6.7 Selisih kecepatan aliran maksimum.....	84
Tabel 6.8 Selisih kecepatan aliran minimum .....	85
Tabel 6.9 Tegangan geser maksimum pada simulasi <i>unsteady flow</i> .....	89
Tabel 6.10 Tegangan geser maksimum pada simulasi <i>sediment transport</i> .....	90
Tabel 6.11 Selisih tegangan geser maksimum .....	90
Tabel 6.12 Selisih tegangan geser minimum .....	91

## DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 Endapan lahar di Kali Pabelan, Kali Blongken dan Kali Putih.....	4
Gambar 2.1 Kemiringan dasar sungai dan anak Sungai Progo.....	10
Gambar 2.2 Kegagalan konstruksi dinding penahan tebing sungai .....	11
Gambar 2.3 Proses terjadinya erosi tebing sungai oleh Osman and Thorne (1988).....	12
Gambar 2.4 Kondisi Kali Putih setelah erupsi Merapi .....	13
Gambar 2.5 Erosi pada jembatan Srowol.....	13
Gambar 3.1 Diagram aliran berubah beraturan.....	18
Gambar 3.2 Pembagian tampang untuk keperluan hitungan Kapasitas angkut .....	20
Gambar 3.3 Hitungan tinggi energi kinetik rata-rata di suatu tampang.	20
Gambar 3.4 Grafik <i>Shield</i> .....	24
Gambar 3.5 Grafik hubungan antara diameter butiran dan $\Phi$ .....	26
Gambar 4.1 Peta lokasi penelitian di DAS Progo .....	32
Gambar 4.2 Grafik ukuran gradasi butiran sedimen dasar Sungai Progo .....	33
Gambar 4.3 Lokasi pengukuran kecepatan dan kedalaman air.....	34
Gambar 4.4 Hasil pengukuran endapan sedimen di lapangan .....	35
Gambar 4.5 Sedimentasi di sekitar Jembatan Kebun Agung II .....	35
Gambar 4.6 Sedimentasi yang terjadi di hilir Jembatan Kebun Agung II.....	36
Gambar 4.7 Debit harian rata-rata Sungai Progo di stasiun AWLR Duwet .....	37
Gambar 4.8 Peta lokasi bangunan infrastruktur di lokasi Penelitian sepanjang Sungai Progo .....	38
Gambar 4.9 Bagan alir penelitian.....	39
Gambar 4.10 Bagan alir analisa hidrolika.....	40



Gambar 5.1	Pias Sungai Progo yang dimodelkan.....	42
Gambar 5.2	Trace sungai dengan menggunakan ArcGIS .....	43
Gambar 5.3	Layout geometri Sungai Progo dalam model.....	44
Gambar 5.4	Ukuran permodelan penampang sungai .....	45
Gambar 5.5	Contoh tampilan tampang melintang sungai pada model ..	46
Gambar 5.6	Interpolasi bentuk penampang melintang pada model.....	47
Gambar 5.7	Hasil input data potongan melintang pada geometri Sungai menggunakan software HEC-RAS .....	48
Gambar 5.8	Profil kemiringan sungai pada model.....	49
Gambar 5.9	Model input kondisi batas pada model unsteady flow .....	50
Gambar 5.10	Model input debit aliran kondisi batas flow hydrograph ...	51
Gambar 5.11	Model input kondisi batas pada model quasi unsteady flow.....	51
Gambar 5.12	Model input debit aliran kondisi batas flow series.....	52
Gambar 5.13	Grafik sedimen load series pada model.....	53
Gambar 5.14	Model input bed gradation untuk material dasar sungai ....	53
Gambar 5.15	Input material sedimen pada tiap tampang melintang.....	54
Gambar 5.16	Input volume sedimen pada analisa sedimen transport.....	54
Gambar 6.1	Pembagian nama pias dalam pembahasan .....	56
Gambar 6.2	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Oktober 2010 Pias I.....	56
Gambar 6.3	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Oktober 2010 Pias I.....	57
Gambar 6.4	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan November 2010 Pias I.....	57
Gambar 6.5	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan November 2010 Pias I.....	58
Gambar 6.6	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Desember 2010 Pias I.....	58
Gambar 6.7	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Desember 2010 Pias I.....	58

Gambar 6.8	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Januari 2011 Pias I .....	59
Gambar 6.9	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Januari 2011 Pias I .....	59
Gambar 6.10	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Februari 2011 Pias I .....	60
Gambar 6.11	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Februari 2011 Pias I .....	60
Gambar 6.12	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Maret 2011 Pias I .....	61
Gambar 6.13	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Maret 2011 Pias I .....	61
Gambar 6.14	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan April 2011 Pias I .....	61
Gambar 6.15	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan April 2011 Pias I .....	62
Gambar 6.16	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Mei 2011 Pias I .....	62
Gambar 6.17	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Mei 2011 Pias I .....	63
Gambar 6.18	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Juni 2011 Pias I .....	63
Gambar 6.19	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Juni 2011 Pias I .....	63
Gambar 6.20	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Oktober 2010 Pias II .....	65
Gambar 6.21	Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Oktober 2010 Pias II .....	65
Gambar 6.22	Hasil simulasi unsteady flow pada bulan November 2010 Pias II .....	66

Gambar 6.23 Hasil simulasi sedimen transport pada bulan November 2010 Pias II.....	66
Gambar 6.24 Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Desember 2010 Pias II.....	67
Gambar 6.25 Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Desember 2010 Pias II.....	67
Gambar 6.26 Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Januari 2011 Pias II.....	67
Gambar 6.27 Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Januari 2011 Pias II.....	68
Gambar 6.28 Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Februari 2011 Pias II.....	68
Gambar 6.29 Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Februari 2011 Pias II.....	68
Gambar 6.30 Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Maret 2011 Pias II.....	69
Gambar 6.31 Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Maret 2011 Pias II.....	69
Gambar 6.32 Hasil simulasi unsteady flow pada bulan April 2011 Pias II.....	69
Gambar 6.33 Hasil simulasi sedimen transport pada bulan April 2011 Pias II.....	70
Gambar 6.34 Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Mei 2011 Pias II.....	70
Gambar 6.35 Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Mei 2011 Pias II.....	70
Gambar 6.36 Hasil simulasi unsteady flow pada bulan Juni 2011 Pias II.....	71
Gambar 6.37 Hasil simulasi sedimen transport pada bulan Juni 2011 Pias II.....	71
Gambar 6.38 Grafik perbedaan elevasi muka air hasil simulasi.....	72

Gambar 6.39	Grafik perbedaan elevasi muka air hasil simulasi pada Pias I .....	72
Gambar 6.40	Grafik hubungan kedalaman aliran dengan jarak sungai .....	73
Gambar 6.41	Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 28 Oktober 2010.....	73
Gambar 6.42	Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 4 November 2010.....	74
Gambar 6.43	Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 18 Desember 2010.....	74
Gambar 6.44	Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 28 Januari 2011 .....	75
Gambar 6.45	Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 2 Februari 2011 .....	75
Gambar 6.46	Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 15 Maret 2011 .....	75
Gambar 6.47	Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 13 April 2011 .....	75
Gambar 6.48	Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 10 Mei 2011 .....	76
Gambar 6.49	Grafik selisih elevasi muka air pada tanggal 10 Juni 2011 .....	76
Gambar 6.50	Grafik hubungan kecepatan aliran dengan jarak sungai .....	79
Gambar 6.51	Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 28 Oktober 2010.....	80
Gambar 6.52	Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 4 November 2010.....	80
Gambar 6.53	Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 18 Desember 2010.....	81

Gambar 6.54	Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 28 Januari 2011 .....	81
Gambar 6.55	Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 2 Februari 2011 .....	81
Gambar 6.56	Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 15 Maret 2011 .....	81
Gambar 6.57	Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 13 April 2011 .....	82
Gambar 6.58	Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 10 Mei 2011 .....	82
Gambar 6.59	Grafik selisih kecepatan aliran pada tanggal 10 Juni 2011 .....	82
Gambar 6.60	Grafik hubungan tegangan geser dengan jarak sungai .....	86
Gambar 6.61	Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 28 Oktober 2010.....	86
Gambar 6.62	Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 4 November 2010.....	87
Gambar 6.63	Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 18 Desember 2010.....	87
Gambar 6.64	Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 28 Januari 2011 .....	87
Gambar 6.65	Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 2 Februari 2011 .....	88
Gambar 6.66	Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 15 Maret 2011 .....	88
Gambar 6.67	Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 13 April 2011..	88
Gambar 6.68	Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 10 Mei 2011....	88
Gambar 6.69	Grafik selisih tegangan geser pada tanggal 10 Juni 2011 ...	89

## DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1.a Data pengukuran debit harian di stasiun Duwet pada tahun 2010 .....	98
Lampiran 1.b Data pengukuran debit harian di stasiun Duwet pada tahun 2011 .....	99
Lampiran 2 Grafik hidrograf stasiun pengukuran Duwet .....	100
Lampiran 3 Data aliran debris pada simulasi sedimen transport .....	101
Lampiran 4.a Hasil simulasi hidrolika bulan Oktober - November 2010.....	102
Lampiran 4.b Hasil simulasi hidrolika bulan Desember 2010 - Januari 2011 .....	103
Lampiran 4.c Hasil simulasi hidrolika bulan Februari – Maret 2011 ....	104
Lampiran 4.d Hasil simulasi hidrolika bulan April – Mei 2011 .....	105
Lampiran 4.e Hasil simulasi hidrolika bulan Juni 2011.....	106
Lampiran 5 Lokasi pengambilan sampel sedimen.....	107
Lampiran 6.a Analisis saringan pada sampel di Jembatan Kebun Agung II bagian hulu .....	108
Lampiran 6.b Analisis saringan pada sampel di Jembatan Kebun Agung II bagian hilir.....	109
Lampiran 6.c Analisis saringan pada sampel di Jembatan Srowol bagian hulu.....	110
Lampiran 6.d Analisis saringan pada sampel di Jembatan Srowol bagian hilir .....	111
Lampiran 7 Nilai tegangan geser kritis berdasarkan ukuran butiran ...	112
Lampiran 8.a Peta potongan memanjang lembar 01 .....	113
Lampiran 8.b Peta potongan memanjang lembar 02.....	114
Lampiran 8.c Peta potongan memanjang lembar 03 .....	115
Lampiran 8.d Peta potongan memanjang lembar 04.....	116
Lampiran 8.e Peta potongan memanjang lembar 05 .....	117

## LAMBANG DAN SINGKATAN

- $Y_1$  : kedalaman air penampang 1 (m)  
 $Y_2$  : kedalaman air penampang 2 (m)  
 $Z_1$  : elevasi dasar saluran pada penampang 1 (m)  
 $Z_2$  : elevasi dasar saluran pada penampang 2 (m)  
 $V_1$  : kecepatan rata-rata aliran pada penampang 1 (m/dt)  
 $V_2$  : kecepatan rata-rata aliran pada penampang 2 (m/dt)  
 $\alpha_1$  : koefisien energi pada penampang 1  
 $\alpha_2$  : koefisien energi pada penampang 2  
 $g$  : percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)  
 $h_f$  : kehilangan tekanan akibat gesekan (m)  
 $h_e$  : kehilangan tekanan akibat pusaran (m)  
 $L$  : panjang ruas sungai antar kedua tampang yang diberi bobot menurut debit  
 $S_f$  : representative friction slope antar kedua tampang,  
 $C$  : koefisien kehilangan energi akibat perubahan tampang (kontraksi atau ekspansi)  
 $L_{lob}$  : panjang ruas sungai di sisi kiri (left overbank)  
 $L_{c\Box}$  : panjang ruas sungai di alur utama (main channel)  
 $L_{rob}$  : panjang ruas sungai di sisi kanan (right overbank)  
 $Q_{lob}$  : debit yang mengalir melalui left overbank  
 $Q_{c\Box}$  : debit yang mengalir melalui main channel  
 $Q_{rob}$  : debit yang mengalir melalui right overbank  
 $K$  : kapasitas angkut tiap bagian tampang  
 $n$  : koefisien kekasaran Manning tiap bagian tampang  
 $A$  : luas tampang basah tiap bagian tampang  
 $R$  : radius hidrolis tiap bagian tampang  
 $Q_c$  : debit aliran melalui alur utama (channel)  
 $Q$  : debit total aliran  
 $\Phi$  :  $K_c / (K_c + K_f)$

- K : kapasitas angkut tampang alur utama  
 Kf : kapasitas angkut tampang bantaran  
 $\rho_w$  : rapat massa air ( $\text{kg/m}^3$ )  
 g : gaya gravitasi ( $\text{m/dt}^2$ )  
 h : tinggi air (m)  
 I : kemiringan alur dasar sungai  
 $\tau_b$  : tegangan geser pada dasar sungai ( $\text{kg/m}^2$ )  
 $\tau_{cr,b}$  : tegangan geser kritis pada dasar sungai ( $\text{kg/m}^2$ )  
 $\tau_s$  : tegangan geser pada tebing sungai ( $\text{kg/m}^2$ )  
 $\tau_{cr}$  : tegangan geser kritis  
 $\beta$  : sudut lereng sungai ( $^\circ$ )  
 $\emptyset$  : 30-40 (tergantung diameter butiran dari grafik pada Gambar 2.5)  
 $\tau_{cr,s}$  : tegangan geser kritis pada tebing sungai ( $\text{kg/m}^2$ )  
 $\rho_w$  : rapat massa air ( $\text{kg/m}^3$ )  
 g : gaya gravitasi ( $\text{m/dt}^2$ )  
 h : tinggi air (m)  
 $I_b$  : kemiringan alur dasar sungai  
 $V_{cr,b}$  : kecepatan kritis dasar sungai (m/dt)  
 $I_s$  : kemiringan alur tebing sungai  
 $V_{cr,s}$  : kecepatan kritis tebing sungai (m/dt)  
 $I_b$  : kemiringan alur dasar sungai  
 $V_{cr,b}$  : kecepatan kritis dasar sungai (m/dt)  
 R : jari-jari hidrolik (m)  
 n : angka kekasaran Manning  
 V : kecepatan rata-rata (m/dt)  
 S : kemiringan saluran