

TUGAS AKHIR

**SIMULASI TRANSPOR SEDIMEN SUNGAI PROGO DI
SEKITAR *INTAKE* KAMIJORO
(*SEDIMENT TRANSPORT SIMULATION IN PROGO RIVER
AROUND KAMIJORO INTAKE*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Rizki Budiman

13511270

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2018**

TUGAS AKHIR

SIMULASI TRANSPOR SEDIMEN SUNGAI PROGO DI SEKITAR INTAKE KAMIJORO (*SEDIMENT TRANSPORT SIMULATION IN PROGO RIVER AROUND KAMIJORO INTAKE*)

Disusun Oleh



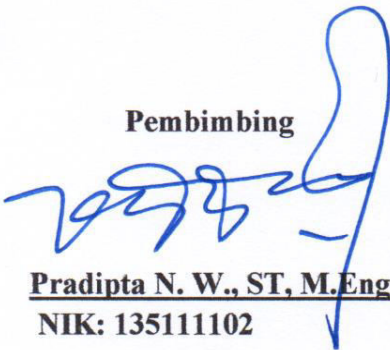
Rizki Budiman
13511270

Telah diterima sebagai salah satu syarat persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji Pada Tanggal

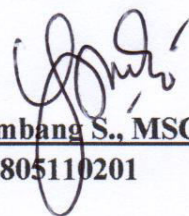
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



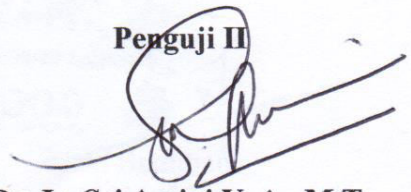
Pradipta N. W., ST, M.Eng
NIK: 135111102

Penguji I



Ir. Bambang S., MSCE
NIK: 805110201

Penguji II



Dr. Ir. Sri Amini Y. A., M.T.
NIK: 885110101

Mengesahkan.



Ketua Program Studi Teknik Sipil
Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110103

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundangundangan yang berlaku.

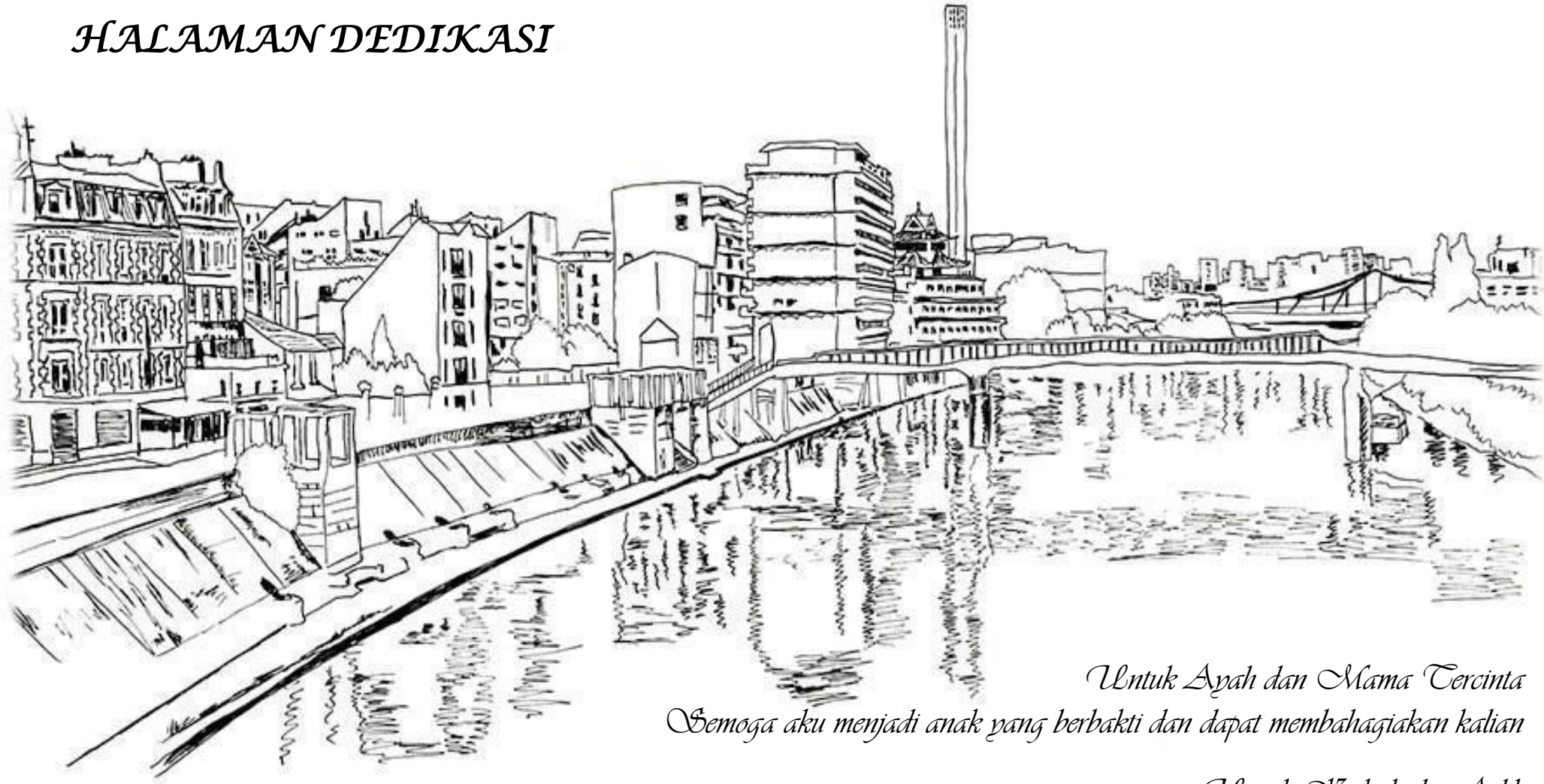
Yogyakarta, 20 Januari 2018

Yang membuat pernyataan,



Rizki Budiman
(13511270)

HALAMAN DEDIKASI



*Untuk Ayah dan Mama Tercinta
Semoga aku menjadi anak yang berbakti dan dapat membahagiakan kalian*

*Untuk Kakak dan Adik
Serta Keluarga kecil di masa depanku*

Picture source :

<https://www.notesfromtheroad.com/files/paris-river.jpg>

KATA PENGANTAR

Alhamdu lillahi rabbil 'alamin, penulis ucapkan syukur kepada Allah SWT karena berkat rezeki dan rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang ditulis dengan semangat dan keteguhan bersama dosen pembimbing hingga menjadi laporan yang baik seperti sekarang ini. Tidak lupa pula penulis haturkan shalawat kepada nabi junjungan kita sebagai suri tauladan hingga akhir zaman kelak, yaitu Baginda Rasul Muhammad Saw. *Allahumma sholli 'ala Muhammad, wa 'ala ali Muhammad*.

Penulis menyadari Laporan Tugas Akhir yang berjudul Simulasi Transpor Sedimen Sungai Progo di Sekitar Intake Kamijoro dapat terselesaikan dengan baik atas bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak baik itu berupa materi maupun semangat kepada penulis. Untuk itu penulis juga mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dosen pembimbing Tugas Akhir, Bapak Pradipta Nandi Wardhana, ST, M.Eng yang telah membantu, memberi masukan, dan mengayomi penulis selama mengerjakan Tugas Akhir.
2. Dosen Penguji I dan Dosen Penguji II
3. Orangtua penulis, Ayah dan Mama tercinta yang selalu memberi semangat, dukungan dan do'a sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman seperjuangan yang sukarela mengajak berdiskusi dan membantu serta bersenda gurau bersama penulis.

Akhir kata penulis berharap bahwa Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat baik bagi diri penulis sendiri maupun kepada khalayak khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.

Yogyakarta, 4 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Erosi dan Sedimentasi pada Sungai	3
2.2 Pola Aliran Sungai	5
2.3 Kapabilitas <i>Software</i> I-RIC Nays2DH	6
2.4 Keabsahan Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 Sungai	8
3.2 Aliran Melalui Saluran Terbuka	8
3.2.1 Tipe-Tipe Aliran	8
3.2.2 Kondisi Aliran	10

3.2.2	Distribusi Kecepatan	11
3.3	Transpor Sedimen	12
3.3.1	Mekanisme Transpor Sedimen	13
3.4	I-RIC Software	15
3.4.1	Nays2DH	16
3.4.2	Persamaan Gerak Aliran	17
3.4.3	Persamaan Aliran Turbulen	19
3.4.4	Persamaan Koefisien Friksi Dasar Sungai	20
3.4.5	Persamaan <i>Shields Number</i>	21
3.4.6	Persamaan <i>Bed Load Transport</i>	22
3.4.7	Persamaan Kecepatan Aliran Di Dekat Dasar Sungai	23
3.4.8	Persamaan Flux Suspended Load	24
3.4.9	Persamaan Kontinuitas <i>Suspended Load</i>	24
3.4.10	Persamaan Kontinuitas Transpor Sedimen	25
3.4.11	<i>Relaxation Factor</i> Perhitungan Muka Air	26
BAB IV	METODE PENELITIAN	28
4.1	Jenis dan Variabel Penelitian	28
4.2	Data Penelitian	28
4.3	Program Simulasi dan Lokasi	32
4.4	Prosedur Simulasi	34
4.4.1	<i>Pre-Processing</i>	35
4.4.2	<i>Solver</i>	38
4.4.3	<i>Post-Processing</i>	39
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	40
5.1	Pratinjau Hasil Simulasi	40
5.2	Pola Aliran Penggal Sungai Progo	43
5.2.1	Kedalaman Aliran	43
5.2.2	Kecepatan Aliran	46
5.2.3	Angka Froude	48
5.3	Pola Sedimentasi Penggal Sungai Progo	49
5.3.1	Tegangan Geser Sungai	49

5.3.2	Konsentrasi <i>Suspended Load</i>	51
5.3.3	<i>Bedload Flux</i>	52
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	55
6.1	Kesimpulan	55
6.2	Saran	55
DAFTAR	PUSTAKA	56
LAMPIRAN		59

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Modul Komputasi Numerik Software I-Ric	16
Tabel 3.2	Nilai Batas Untuk Persamaan Meyer-Peter dan Muller	22
Tabel 4.1	Debit Pada Bulan Basah (April 2007)	29
Tabel 4.2	Debit Pada Bulan Kering (September 2007)	29
Tabel 4.3	Elevasi Muka Air Pada Bulan Basah di Hilir Pemodelan	30
Tabel 4.4	Elevasi Muka Air Pada Bulan Kering di Hilir Pemodelan	30
Tabel 4.5	Persentase Lolos dan Tertahan Butiran Sedimen	31
Tabel 5.1	Elevasi Muka Air Maksimum Penampang	43
Tabel 5.2	Suspended Load Maksimum Pada Bulan Basah	51
Tabel 5.3	Suspended Load Maksimum Pada Bulan Basah	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Pintu Air Intake Kamijoro	1
Gambar 2.1	Pola Penyebaran Sedimentasi di Musim Hujan	3
Gambar 2.2	Pola Penyebaran Sedimentasi di Musim Kemarau	4
Gambar 2.3	Konsentrasi Sedimen pada Musim Hujan dan Musim Kemarau	4
Gambar 2.4	Vektor Kecepatan Di Belokan Sungai Progo	6
Gambar 2.5	Simulasi Hambatan Melintang Saluran 135°	6
Gambar 2.6	Pola Aliran Pada Pilar Kapsul	7
Gambar 2.7	Bedload dan Suspended Load Sungai Sandy	7
Gambar 3.1	Distribusi Kecepatan Aliran Terbuka	11
Gambar 3.2	Proses Erosi dan Sedimentasi	12
Gambar 3.3	Transportasi Sedimen	13
Gambar 3.4	Grafik Shield	15
Gambar 3.5	Mekanisme Transpor Sedimen	15
Gambar 3.6	Bagan Pengoperasian Software I-Ric	16
Gambar 3.7	Sistem Koordinat MBFC Non Dimensional	19
Gambar 3.8	Sistem Koordinat MBFC Dimensional	19
Gambar 4.1	Format Data Topografi File Txt	28
Gambar 4.2	Penentuan Ukuran Butir Sedimen D50	31
Gambar 4.3	Tampilan Program I-RIC	32
Gambar 4.4	Topografi Sungai Progo	33
Gambar 4.5	Flowchart Simulasi Pemodelan dengan I-RIC	34
Gambar 4.6	Pemodelan Topografi Penggal Sungai Progo	35
Gambar 4.7	Pemodelan Fix Bed Dan Movable Bed	36
Gambar 4.8	Pemodelan Koefisien Manning	36
Gambar 4.9	Kegagalan Simulasi Pada Saat Running	39
Gambar 5.1	Debit Bulan Basah dan Bulan Kering	40
Gambar 5.2	Lokasi Potongan Melintang Yang Ditinjau	41
Gambar 5.3	Elevasi Dasar Sungai Selama Simulasi	42

Gambar 5.4	Kedalaman Penggal Sungai Progo Hasil Simulasi	44
Gambar 5.5	Kedalaman Potongan Melintang Sungai	45
Gambar 5.6	Kecepatan Aliran di Sekitar Intake Kamijoro	46
Gambar 5.7	Kecepatan Aliran di Sekitar Intake Kamijoro (2)	47
Gambar 5.8	Kecepatan Aliran Penampang di Sekitar Intake Kamijoro	47
Gambar 5.9	Kecepatan Aliran Penampang di Sekitar Intake Kamijoro (2)	48
Gambar 5.10	Angka Froude Penampang di Sekitar Intake Kamijoro	48
Gambar 5.11	Angka Froude Penampang di Sekitar Intake Kamijoro (2)	49
Gambar 5.12	Tegangan Geser Penampang di Sekitar Intake Kamijoro	50
Gambar 5.13	Bedload Flux di Sekitar Intake Kamijoro	53
Gambar 5.14	Bedload Flux Penampang Di Sekitar Intake Kamijoro	53
Gambar 5.15	Bedload Flux Penampang Di Sekitar Intake Kamijoro (2)	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Prosedur Pembuatan File Topografi Format Ekstensi Txt	60
Lampiran 2	Prosedur Simulasi Elevasi Muka Air Hilir Pemodelan Dengan Menggunakan Software Hec-Ras	70
Lampiran 3	Prosedur Simulasi Nays2dh Dengan Menggunakan Software I-RIC	77
Lampiran 4	Debit Harian Pos Duga Air Kalibawang Di Bendung Sapon Tahun 2007	90
Lampiran 5	Peta Situasi Penggal Sungai Progo yang Dimodelkan Dalam Simulasi	92

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a	≈ 0.07 (Fisher, Webel dan Schatzmann dalam <i>Nays2DH Solver Manual</i>)
A	= Luas penampang (m^2)
A_e	= Parameter <i>eddy viscosity</i> (default = 1)
a_s	= Area interseksi vegetasi per unit volume
B_e	= Parameter <i>eddy viscosity</i> (default = 0)
CFD	= <i>Computational Fluid Dynamics</i>
c	= Kedalaman rerata konsentrasi <i>suspended load</i>
c_b	= Referensi <i>suspended load</i>
C_D	= Koefisien gesek vegetasi
C_f	= Koefisien friksi dasar sungai
d	= Diameter sedimen, mm
D	= Kedalaman hidraulik (m), perbandingan antara luas penampang aliran dan lebar aliran yang berbatas dengan udara bebas.
D_c	= Kedalaman saluran, ft
d_m	= Median diameter sedimen, mm
E_b	= Ketebalan lapisan <i>bedload</i>
E_{be}	= Ketebalan lapisan <i>equilibrium bedload</i>
E_{sd}	= Ketebalan lapisan sedimen
Fr	= Angka Froude
F_x	= Gaya hambatan vegetasi arah x
F_y	= Gaya hambatan vegetasi arah y
g	= Percepatan gravitasi = 9.81 m/s^2
h	= Kedalaman aliran (m)
H	= Eleveasi muka air
h_v	= Nilai minimum kedalaman air dan tinggi vegetasi
I_e	= Kemiringan energi

I-RIC	=	<i>International River Interface Cooperative</i>
J	=	Keterminan jacobian
k	=	Koefisien von karman (0,4)
k_s	=	Koefisien stickler, ($k_s = \alpha d$)
MBFC	=	<i>Moving Boundary Fitted Coordinates</i>
MD_SWMS	=	<i>Multi Dimentional Surface Water Modeling System</i>
n_m	=	Nilai kekasaran Manning
Q	=	Debit aliran (m ³ /s)
q_b	=	<i>Bed load transport</i>
q_{bx}	=	<i>Bed load per satuan lebar arah x</i>
q_{by}	=	<i>Bed load per satuan lebar arah y</i>
q_b^ξ	=	<i>Bed load per satuan lebar arah ξ</i>
q_b^η	=	<i>Bed load per satuan lebar arah η</i>
q_{su}	=	<i>Flux suspended load</i>
R	=	Jari-jari hidraulik (m)
r_b	=	Rasio ketebalan lapis
Re	=	Angka Reynolds
S_o	=	Kemiringan saluran
s_g	=	<i>Specific gravity</i> sedimen
t	=	Waktu
T	=	Temperatur, °F
T ₁	=	Jumlah angkutan sedimen di titik 1
T ₂	=	Jumlah angkutan sedimen di titik 2
u	=	Kecepatan rata-rata arah x
U	=	<i>Relaxation factor</i>
u_*	=	Kecepatan gesek dasar
\tilde{u}_b^s	=	Kecepatan di dekat dasar sungai

u^η	=	Komponen kecepatan arah η
u^ξ	=	Komponen kecepatan arah ξ
USGS	=	<i>United States Geological Survey</i>
v	=	Kecepatan rata-rata arah y
V	=	Kecepatan komposit
v_r	=	Kecepatan aliran rata-rata (m/s, pada Tabel 3.2 ft/s)
ν_t	=	Koefisien <i>eddy viscosity</i>
W	=	Lebar saluran, ft
w_f	=	Kecepatan endap <i>suspended load</i> (persamaan Rubey)
α	=	Nilai empiris diambil 1-3 (Nays2DH Solver Manual, 2014)
λ	=	<i>Void ratio</i> material sedimen
ν	=	Kekentalan kinematik (m ² /s), untuk air pada suhu 20° C $\nu = 1 \times 10^6$ m ² /s
ϕ_0	=	Koefisien kecepatan
$\phi_P^{new, used}$	=	Nilai hasil iterasi baru pada <i>grid</i> / sel ke P
ϕ_P^{old}	=	Nilai hasil iterasi lama pada <i>grid</i> / sel ke P
$\phi_P^{new, predicted}$	=	Nilai hasil iterasi baru yang diprediksi pada <i>grid</i> / sel ke P
ρ	=	Massa jenis air = 1000 kg/m ³
τ_*	=	<i>Shields Number</i>
τ_{*c}	=	<i>Shields number</i> kritis, persamaan Iwagaki (Nays2DH Solver Manual)
τ_o	=	Tegangan geser dasar sungai (N/m ²)
τ_c	=	Tegangan geser kritis dasar sungai (N/m ²)
τ_x	=	Komponen tegangan geser dasar sungai arah x
τ_y	=	Komponen tegangan geser dasar sungai arah y

ABSTRAK

Intake Kamijoro merupakan salah satu bangunan pengambilan air irigasi di Sungai Progo yang mengairi lahan pertanian masyarakat di empat kecamatan yang ada di Kabupaten Bantul. Pada perkembangannya *Intake* Kamijoro tidak dapat beroperasi optimal karena proses sedimentasi di sekitar *intake*. Hal tersebut mendorong dilakukan penelitian untuk mengetahui pola aliran dan sedimentasi Sungai Progo khususnya di sekitar ruas *Intake* Kamijoro.

Simulasi matematika 2 dimensi pola aliran dan pola sedimentasi dilakukan dengan menggunakan *software* I-RIC modul Nays2DH. Simulasi dilakukan dengan dua jenis aliran debit, yaitu debit aliran pada saat bulan basah dan pada saat bulan kering.

Hasil simulasi menunjukkan semakin besar debit aliran semakin besar nilai parameter pola aliran seperti kedalaman, kecepatan, dan angka Froude di aliran sungai. Debit aliran juga mempengaruhi pola sedimentasi Sungai Progo di sekitar *Intake* Kamijoro yaitu pada bulan basah memiliki nilai deformasi dasar sungai, konsentrasi *suspended load* dan *bedload flux* lebih besar dari pada bulan kering. Konsentrasi *suspended load* dan *bedload flux* yang terbesar terdapat pada *cross* 2 yang berada di *intake* yakni $1,866 \times 10^{-5}$ mg/l dan *bedload flux* terbesar 0,00076 m²/s. Konsentrasi sedimen yang lebih tinggi di *Intake* Kamijoro jika dibandingkan dengan daerah hulu dan hilir *intake* menyebabkan terjadinya pengendapan material sedimen yang dapat mengganggu pengambilan air yang akan masuk ke *Intake* Kamijoro.

Kata Kunci : *Intake* Kamijoro, Nays2DH, Simulasi, Pola Aliran, Pola Sedimentasi.

ABSTRACT

Kamijoro Intake is one of the irrigation structure in Progo River to supply irrigation area in four subdistricts in Bantul Regency. In its development, Kamijoro Intake can not operate optimally because of the sediment deposition around the intake. It encourages research to find out flow pattern and sedimentation pattern of the Progo River especially around the segment of Kamijoro Intake.

Two dimensional mathematical simulation of flow pattern and sedimentation pattern was conducted by using I-RIC software especially Nays2DH module. The simulation was conducted with two types of discharge, they were wet month discharge and dry month discharge.

The simulation results showed the greater discharge could yield greater the parameter values of flow pattern such as depth, velocity, and Froude number in the river flow. The discharge also affected the Progo River flow around Intake Kamijoro such as deformation river bed, suspended load concentration and bed load flux. These parameters in wet month discharge was greater than dry month discharge. The largest suspended load concentration and bedload flux were found in cross 2 (in Intake Kamijoro), while the suspended load concentration values was $0,866 \times 10^{-5}$ mg/l and the bedload flux was $0,00076$ m²/s. Higher sediment deposition around Kamijoro Intake found in upstream and downstream of intake areas caused sedimentation that could interfere the operation of Kamijoro Intake.

Keywords : Kamijoro Intake, Nays2DH, Simulation, Flow Pattern, Sedimentation Pattern.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Intake Kamijoro yang terletak di Dusun Kamijoro, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta dimanfaatkan sebagai bangunan pengambilan air untuk pengairan sawah seluas 2.365 hektare. Daerah irigasi tersebut terletak di sebelas (11) desa dan empat (4) kecamatan di Kabupaten Bantul. Pada saat musim penghujan, *Intake* Kamijoro masih mampu mencukupi kebutuhan pengairan sawah tetapi saat musim kemarau debit aliran Sungai Progo mengecil ditambah di sekitar ruas *Intake* Kamijoro terjadi sedimentasi yang membuat *Intake* Kamijoro tidak dapat memenuhi kebutuhan pengairan sawah.



Gambar 1.1 Pintu Air Intake Kamijoro
(Sumber : Dokumentasi 20-07-2017)

Sungai Progo bagian hilir telah terjadi proses sedimentasi khususnya di sekitar ruas *Intake* Kamijoro. Sedimen Sungai Progo berasal dari beberapa anak sungai terutama anak sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Gunung Merapi merupakan gunung vulkanik yang masih aktif dan secara periodik menghasilkan material endapan vulkanik di lereng gunung. Pada musim penghujan material

endapan vulkanik akan terbawa aliran dari hulu sungai dan mengendap sepanjang aliran sungai terutama pada bagian hilir dan muara sungai karena kelandaian sungai kecil dan kecepatan aliran yang lambat. Proses sedimentasi ini terus terjadi dan bersifat fluktuatif sehingga sedimen terakumulasi di hilir Sungai Progo. Pada tahun 1967-1994 *Intake* Kamijoro pernah tertutup akibat sedimentasi material erupsi Gunung Merapi sehingga membuat petani kesulitan dalam mengairi sawahnya (Linangkung, 2016).

Berdasarkan fenomena di atas, perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mengetahui pola aliran dan pola sedimentasi di sekitar ruas *Intake* Kamijoro.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pola aliran yang terjadi pada Sungai Progo di sekitar ruas *Intake* Kamijoro ?
2. Bagaimana pola sedimentasi yang terjadi pada Sungai Progo di sekitar ruas *Intake* Kamijoro ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pola aliran Sungai Progo di sekitar ruas *Intake* Kamijoro.
2. Mengetahui pola sedimentasi Sungai Progo di sekitar ruas *Intake* Kamijoro.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai studi tentang sedimentasi di Sungai Progo terutama disekitar *Intake* Kamijoro bagi pemerintah, perencana, peneliti ataupun mahasiswa.

1.5 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dalam melaksanakan penelitian ini sebagai berikut :

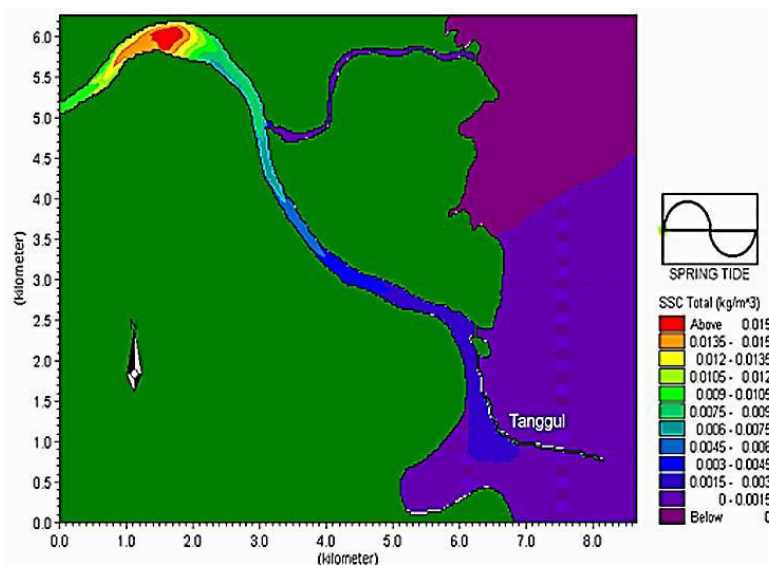
1. Simulasi pola aliran dan sedimentasi Sungai Progo menggunakan *software* I-RIC.
2. Sungai Progo yang ditinjau sepanjang 4 km sekitar ruas *Intake* Kamijoro.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

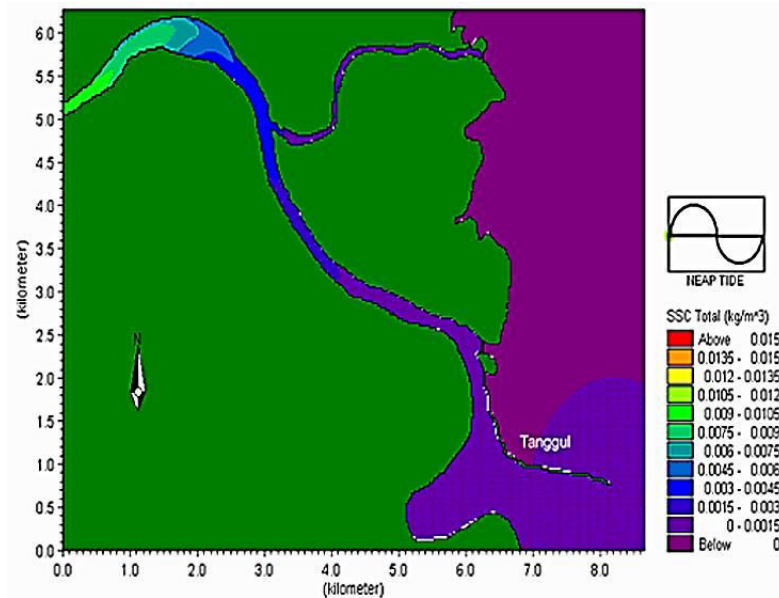
2.1 Erosi dan Sedimentasi pada Sungai

Besar kecilnya angkutan sedimen sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat material sedimen, dasar sungai, dan karakteristik dari aliran yang terjadi. Sedangkan, transpor dan sifat sedimen sangat mempengaruhi kondisi morfologi sungai secara keseluruhan. Pada Sungai Progo bagian hilir belum tercapai kondisi seimbang antara proses erosi dan sedimentasi, sehingga pada beberapa lokasi terjadi aggradasi dan degradasi dasar sungai yang cukup signifikan (Mananoma dkk, 2003).

Bachtiar dkk (2011) melakukan pemodelan transpor sedimen menggunakan *software* Mike 21 untuk mengetahui respons pengaruh lumpur Sidoarjo terhadap Sungai Porong Jawa Timur saat musim hujan dan musim kemarau serta tanggul pada muara sungai. Berdasarkan hasil simulasi, pola sebaran sedimen pada saat musim hujan memiliki konsentrasi yang sangat tinggi, mengingat besarnya debit air yang mengalir pada Sungai Porong cukup kuat untuk membawa sedimen hingga ke arah muara. Posisi tanggul akan mengarahkan aliran sedimen bergerak dari sungai menuju ke laut (lihat Gambar 2.1).

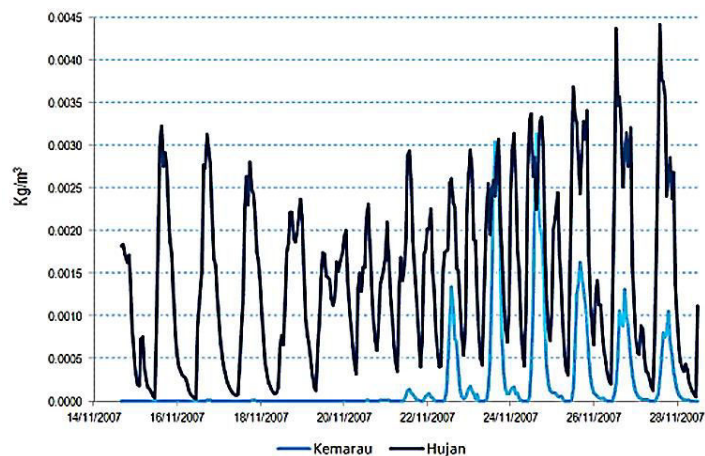


Gambar 2.1 Pola Penyebaran Sedimentasi di Musim Hujan
(Sumber : Bachtiar dkk, 2010)



Gambar 2.2 Pola Penyebaran Sedimentasi di Musim Kemarau
(Sumber : Bachtiar dkk, 2010)

Sementara pada musim kemarau (lihat Gambar 2.2), konsentrasi sedimen tidak begitu tinggi, perbandingan antara musim hujan dan kemarau pada waktu yang sama terlihat perbedaan yang cukup mencolok, yakni tanggal 27 November 2007 konsentrasi sedimen di musim hujan memiliki nilai maksimum sebesar 0.004368 kg/m^3 sementara pada saat yang sama untuk musim kemarau konsentrasi bernilai 0.000206 kg/m^3 .

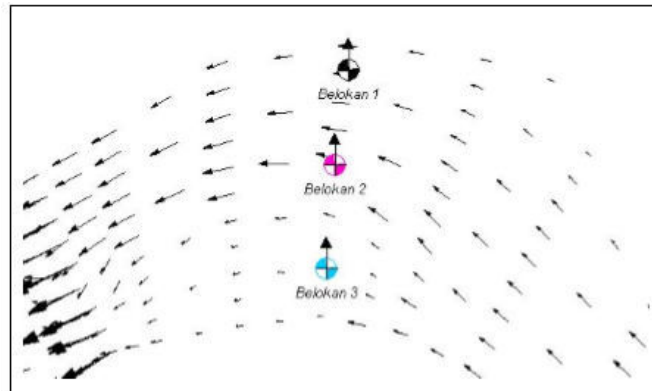


Gambar 2.3 Konsentrasi Sedimen pada Musim Hujan dan Musim Kemarau
(Sumber : Bachtiar dkk, 2010)

Pengendalian daya rusak air dapat dilakukan melalui pengelolaan transpor sedimen di sungai. Hasil analisis terhadap ruas Sungai Progo tengah dalam kurun waktu tinjauan 5 tahun (1996-2000), antara lain menunjukkan degradasi terbesar pada dasar sungai sekitar 26 cm/tahun terjadi pada ruas sebelah hilir muara Sungai Pabelan, sedangkan aggradasi terbesar berkisar 17 cm/tahun terjadi pada ruas di sebelah hilir muara Sungai Blongkeng. Pada ruas jembatan Kebonagung – AWLR Bantar terjadi aggradasi sebesar 20,68 cm/tahun. Langkah optimalisasi pengendalian daya rusak air ialah melakukan pendekatan sistem yang berfungsi sebagai alat untuk mengkaji dan melakukan evaluasi dengan cukup rinci dan membuat penaksiran (*assessment*) terhadap berbagai alternatif yang mungkin dilakukan sebagai hasil kompromi dari berbagai persepsi, tujuan, kepentingan serta cara pengelolaan (Mananoma, 2008).

2.2 Pola Aliran Sungai

Kurniawan (2004) menyatakan pola aliran di muara sungai selain dipengaruhi oleh debit aliran juga oleh perilaku pasang-surut di muara sungai. Ketika air laut pasang, elevasi muka air di muara naik yang menyebabkan aliran dari hulu terhalang dan kecepatannya berkurang. Pada saat air surut elevasi muka air di muara turun, hal ini seakan-akan membuat air tertarik ke laut menyebabkan kecepatan aliran dari hulu naik. Selain itu, pola aliran di belokan Sungai Progo dipengaruhi oleh arah aliran air yang berubah dan adanya delta pada sungai (lihat Gambar 2.4). Aliran air dari kanan terhalang oleh tepi sungai di sebelah kiri menyebabkan aliran membelok. Kecepatan aliran akan terpusat di tepi sungai sebelah kiri akibat gaya sentrifugal aliran air sehingga dapat menjadi penyebab terjadinya erosi di tepi kiri belokan sungai.

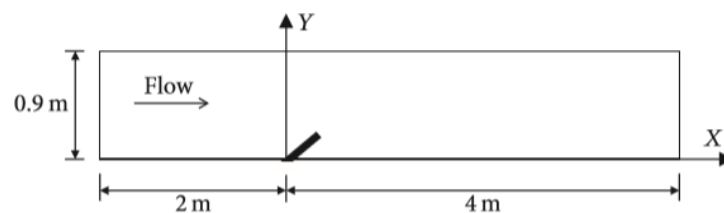


Gambar 2.4 Vektor Kecepatan Di Belokan Sungai Progo
(Sumber : Kurniawan, 2004)

2.3 Kapabilitas *Software* I-RIC Nays2DH

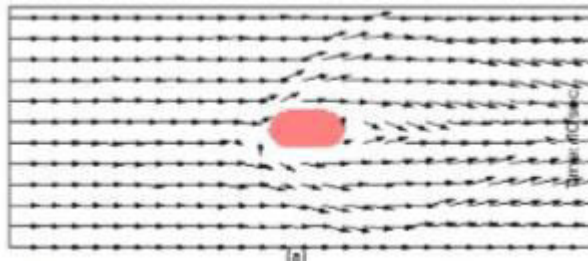
Pada perkembangannya modul Nays2DH telah digunakan untuk penelitian pola aliran maupun transpor sedimen di saluran sederhana dan saluran alami (sungai). Berikut beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan Nays2DH sebagai modul simulasi.

1. Simulasi aliran terbuka pada saluran lurus dengan memiliki hambatan melintang saluran (lihat Gambar 2.5) yang bervariasi dengan 45° , 90° , dan 135° . Kecepatan dan tegangan geser maksimum terjadi pada sudut hambatan 135° (Shahjahan, 2017).



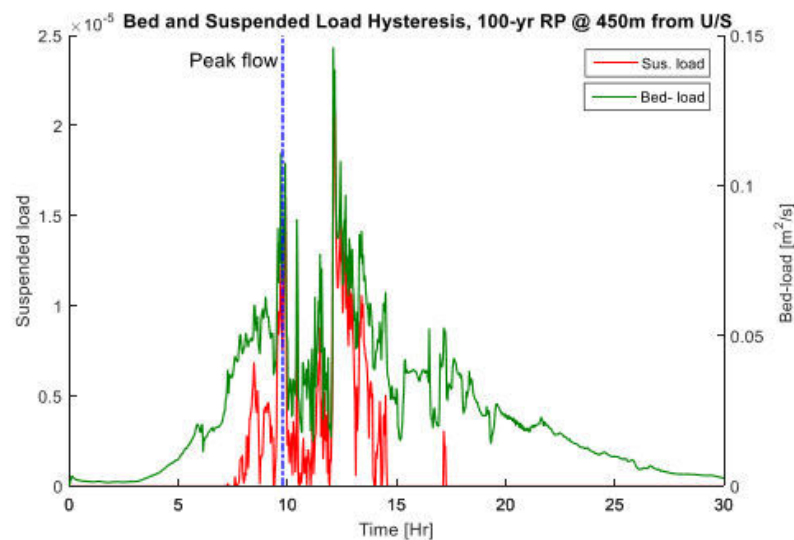
Gambar 2.5 Simulasi Hambatan Melintang Saluran 135°
(Sumber : Shahjahan, 2017)

2. Simulasi gerusan pilar jembatan berbentuk kapsul dan tajam pada saluran sederhana. Hasil simulasi menyatakan gerusan maksimum terjadi pada sisi luar pilar kapsul karena terjadinya perubahan pola aliran disekitar pilar (Faris, 2017).



Gambar 2.6 Pola Aliran Pada Pilar Kapsul
(Sumber : Faris, 2017)

3. Simulasi evolusi geomorfologi di Sungai Sandy Oregon menunjukkan jumlah erosi dan pengendapan di dasar dan tebing sungai merupakan fungsi dari geometri saluran, geologi dasar dan tebing sungai, kondisi daerah sempadan sungai dan bergantung pada jumlah aliran yang melalui sungai (Sarkawt, 2017). Hasil simulasi transpor sedimen yang dilakukan Sarkawt (2017) pada debit kala ulang 100 tahun seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Bedload dan Suspended Load Sungai Sandy
(Sumber : Sarkawt, 2017)

2.4 Keabsahan Penelitian

Penelitian ini memiliki perbedaan dari penelitian sebelumnya antara lain,

1. Lokasi penelitian berada di Sungai Progo sekitar ruas *Intake* Kamijoro.
2. Memfokuskan pada pola aliran dan pola sedimentasi Sungai Progo di sekitar ruas *Intake* Kamijoro.
3. Simulasi menggunakan *software* I-RIC modul Nays2DH.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Sungai

Sungai adalah alur atau wadah air alami berupa jaringan pengaliran air mulai dari hulu sampai muara di laut dengan dibatasi tebing kanan dan kiri sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan (PP No 38 Tahun 2011). Setiap sungai memiliki kondisi geometri, jenis, dan perilaku dengan segala aspek pembahasannya yang berbeda menyangkut sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang saling berkaitan. Sifat-sifat sungai sangat dipengaruhi oleh luas dan bentuk daerah aliran sungai (DAS), kemiringan sungai, pengaruh waktu ke waktu, pergerakan air yang membawa endapan (sedimen) maupun puing-puing (debris), dan pengaruh fenomena alam.

Karakteristik sungai sebagai acuan dalam perencanaan bangunan dan pekerjaan sipil menjadi sangat penting dengan tujuan pemanfaatan air sungai maupun sungainya sendiri seperti perbaikan dan pengaturan sungai, pemanfaatan air sungai untuk berbagai tujuan, pengembangan wilayah sungai, perbaikan, dan pelestarian lingkungan sungai dan navigasi.

Setiap sungai memiliki karakter yang berbeda, maka desain dan metode pelaksanaan pekerjaan mungkin akan berbeda antara sungai yang satu dengan yang lainnya. Demikian pula dalam penanganan perbaikan atau pengembangan sungai, metode yang diterapkan di bagian hulu akan berbeda di bagian hilir, bahkan perbaikan tebing kiri dan tebing kanan dapat berbeda.

3.2 Aliran Melalui Saluran Terbuka

Aliran melalui saluran terbuka ialah aliran yang memiliki permukaan aliran bebas atau permukaan aliran berbatasan langsung dengan udara bebas.

3.2.1 Tipe-Tipe Aliran

Ada beberapa kategori dalam tipe-tipe aliran yaitu aliran seragam, aliran tidak seragam, aliran tetap dan aliran tidak tetap. Aliran disebut seragam (*uniform*

flow) apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan, dan debit pada setiap penampang di sepanjang aliran konstan sedangkan aliran tidak seragam (*non-uniform flow*) terjadi jika variabel aliran di sepanjang saluran tidak konstan. Aliran tetap (*steady flow*) ialah aliran yang variabel alirannya pada setiap tampang di sepanjang saluran tidak berubah terhadap waktu sedangkan aliran tidak tetap (*unsteady flow*) terjadi apabila variabel alirannya di sepanjang aliran berubah terhadap waktu.

Berdasar penjelasan di atas, maka tipe-tipe aliran yang terjadi dapat dibagi menjadi sebagai berikut,

1. Aliran tetap seragam (*steady uniform flow*)

Berikut ini syarat untuk aliran dikatakan aliran tetap seragam.

$$\frac{dh}{dt} = 0 \quad \frac{dA}{dt} = 0 \quad \frac{dQ}{dt} = 0 \quad (3.1)$$

$$\frac{dh}{dx} = 0 \quad \frac{dA}{dx} = 0 \quad \frac{dQ}{dx} = 0 \quad (3.2)$$

Contoh saluran yang memiliki tipe aliran ini ialah aliran pada saluran di laboratorium.

2. Aliran tetap tidak seragam (*steady non-uniform flow*)

Berikut ini syarat untuk aliran dikatakan aliran tetap tidak seragam.

$$\frac{dh}{dt} = 0 \quad \frac{dA}{dt} = 0 \quad \frac{dQ}{dt} = 0 \quad (3.3)$$

$$\frac{dh}{dx} \neq 0 \quad \frac{dA}{dx} \neq 0 \quad \frac{dQ}{dx} \neq 0 \quad (3.4)$$

Contoh saluran yang memiliki tipe aliran ini ialah aliran setelah pintu air dan aliran yang mengalami pembendungan serta aliran yang terjadi loncat air.

3. Aliran tidak tetap seragam (*unsteady uniform flow*)

Berikut ini syarat untuk aliran dikatakan aliran tidak tetap seragam.

$$\frac{dh}{dt} \neq 0 \quad \frac{dA}{dt} \neq 0 \quad \frac{dQ}{dt} \neq 0 \quad (3.5)$$

$$\frac{dh}{dx} = 0 \quad \frac{dA}{dx} = 0 \quad \frac{dQ}{dx} = 0 \quad (3.6)$$

Contoh saluran yang memiliki tipe aliran ini ialah aliran pada saat percobaan di laboratorium.

4. Aliran tidak tetap tidak seragam (*unsteady non-uniform flow*)

Berikut ini syarat untuk aliran dikatakan aliran tidak tetap tidak seragam.

$$\frac{dh}{dt} \neq 0 \quad \frac{dA}{dt} \neq 0 \quad \frac{dQ}{dt} \neq 0 \quad (3.7)$$

$$\frac{dh}{dx} \neq 0 \quad \frac{dA}{dx} \neq 0 \quad \frac{dQ}{dx} \neq 0 \quad (3.8)$$

Contoh saluran yang memiliki tipe aliran ini ialah aliran pada saat banjir sungai dan aliran gelombang dimuara sungai.

3.2.2 Kondisi Aliran

Kondisi aliran pada saluran terbuka secara umum dibagi berdasarkan kekentalan dan gravitasi.

1. Berdasarkan kekentalan (*viscosity*) aliran

Tipe aliran ini dinyatakan dengan angka Reynolds menurut Persamaan 3.9.

$$Re = \frac{v \cdot R}{\nu} \quad (3.9)$$

Keterangan,

Re = angka Reynolds

v_r = kecepatan aliran rata-tata (m/s)

R = jari-jari hidraulik (m)

ν = kekentalan kinematik (m^2/s), untuk air pada suhu $20^\circ C$ $\nu = 1 \times 10^{-6} m^2/s$

Pada studi transpor sedimen, angka Reynolds digunakan untuk mencari awal gerak sedimen pada grafik Shield Gambar 3.3.

2. Berdasarkan pengaruh gravitasi

Tipe aliran ini dinyatakan dengan angka Froude menurut Persamaan 3.10.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot D}} \quad (3.10)$$

Keterangan,

Fr = angka Froude

v_r = kecepatan aliran rata-tata (m/s)

g = percepatan gravitasi, 9,81 m/s²

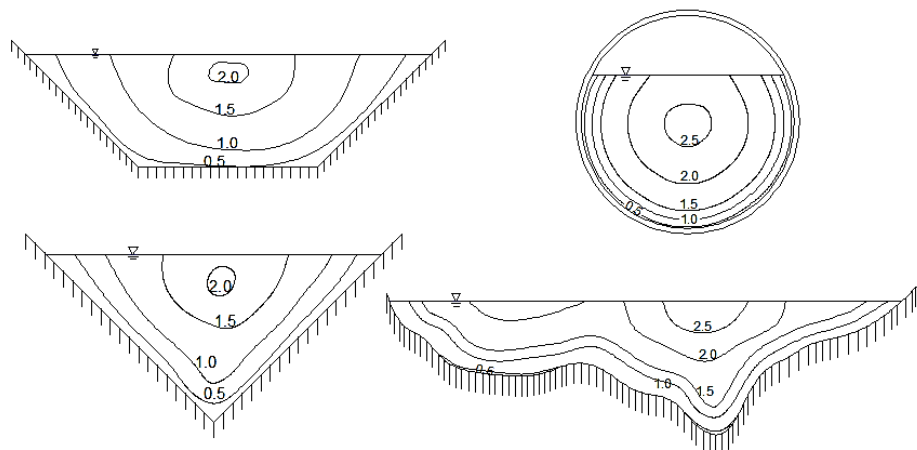
D = kedalaman hidraulik (m), perbandingan antara luas penampang aliran dan lebar aliran yang berbatas dengan udara bebas.

Penggolongan aliran berdasarkan angka Froude berikut dibawah ini.

- Aliran subkritis, terjadi apabila $Fr < 1$
- Aliran super kritis, terjadi apabila $Fr > 1$
- Aliran kritis, terjadi apabila $Fr = 1$

3.2.2 Distribusi Kecepatan

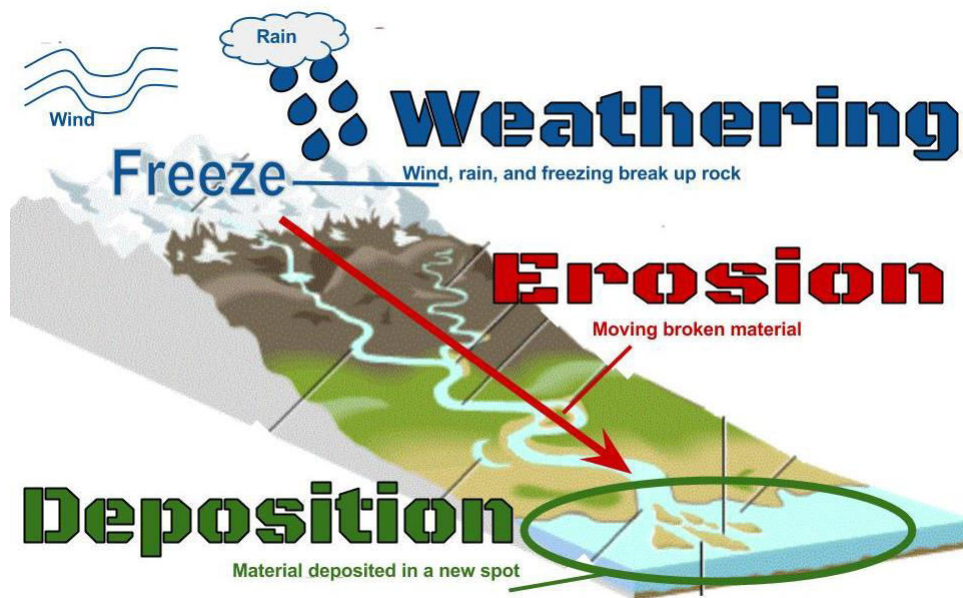
Kecepatan pada penampang sungai memiliki nilai yang terkecil terjadi pada dinding batas (dasar dan tebing) saluran. Kecepatan maksimum terjadi di sekitar tengah lebar saluran dan sedikit di bawah permukaan karena terdapat gesekan antara zat cair dan tebing saluran dan gesekan dengan udara permukaan (lihat Gambar 3.1). Pada saluran yang lebarnya 5-10 kali kedalaman aliran memiliki distribusi kecepatan saluran yang sama di bagian tengah salurannya (Triatmodjo, 2013).



Gambar 3.1 Distribusi Kecepatan Aliran Terbuka
(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2013)

3.3 Transpor Sedimen

Pipkin (1977) dalam Ade (2011) sedimen adalah material atau pecahan dari batuan, mineral dan material organik yang dipindahkan dari berbagai sumber air darat maupun laut dan didepositkan oleh udara, angin, es, dan air. Selain itu ada juga yang dapat diendapkan dari material yang melayang dalam air (suspensi) atau dalam bentuk kimia pada suatu tempat (presipitasi kimia). Sedimen terbentuk akibat adanya proses sedimentasi, sedimentasi adalah proses pengendapan partikel-partikel tanah atau batuan hasil erosi yang tersuspensi di dalam air dan diangkut oleh aliran air dimana kecepatan aliran telah menurun (Agung, 2014) (lihat Gambar 3.2). Proses sedimentasi dinyatakan dalam berat per waktu, massa per waktu, atau volume per waktu.

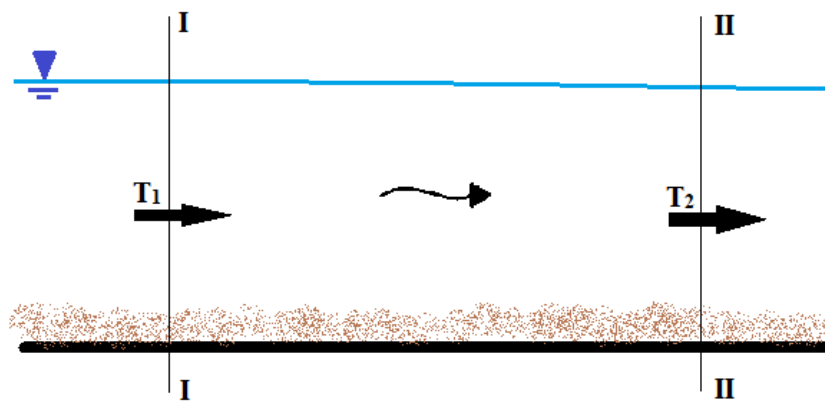


Gambar 3.2 Proses Erosi dan Sedimentasi

(Sumber : <http://clarkscience8.weebly.com/weathering-erosion-deposition.html> diakses tanggal 29 November 2017)

Menurut Pragnjono (1988) tujuan pokok dalam mempelajari proses transportasi sedimen ini agar mengetahui keadaan dasar sungai yang terjadi apakah dalam keadaan seimbang (equilibrium), erosi, atau terjadi pengendapan. Keadaan tersebut dapat diketahui dengan membandingkan jumlah angkutan sedimen (T) dari titik satu ke titik dua. Pada Gambar 3.3 akan terdapat tiga keadaan transportasi sedimen, yaitu ;

1. Apabila jumlah angkutan sedimen di titik 1 sama dengan jumlah angkutan sedimen di titik 2 ($T_1 = T_2$) maka dasar sungai dalam keadaan seimbang (stabil).
2. Apabila jumlah angkutan sedimen di titik 1 lebih kecil dari pada jumlah angkutan sedimen di titik 2 ($T_1 < T_2$) maka terjadi erosi atau terjadi degradasi dasar sungai.
3. Apabila jumlah angkutan sedimen di titik 1 lebih besar dari pada jumlah angkutan sedimen di titik 2 ($T_1 > T_2$) maka terjadi pengendapan atau terjadi aggradasi dasar sungai.



Gambar 3.3 Transportasi Sedimen
(Sumber : Pragnjono Mardjikoen, 1988)

3.3.1 Mekanisme Transpor Sedimen

Butiran sedimen dalam aliran akan dikenakan gaya-gaya yang bekerja baik itu gaya yang mempertahankan posisi butiran maupun gaya yang akan membuat butiran sedimen bergerak. Gaya-gaya yang bekerja pada butiran tersebut ialah,

1. Gaya yang bekerja arah vertikal yaitu gaya berat butiran, gaya apung dan gaya angkat hidrodinamik akibat aliran.
2. Gaya yang bekerja arah horizontal yaitu gaya gesek dan gaya seret hidrodinamik.

Selain gaya-gaya yang bekerja di atas hal yang dapat mempengaruhi butiran sedimen untuk bergerak ialah aliran air, kecepatan aliran, dan gradasi butiran sedimen (Pragnjono, 1988).

Awal gerak butir sedimen penting untuk diketahui pula karena awal gerak butir sedimen merupakan kondisi kritis yaitu kondisi sewaktu gaya-gaya aliran

yang bekerja pada butir sedimen mencapai suatu nilai tertentu dan apabila gaya tersebut ditambahkan akan menyebabkan butir sedimen bergerak yang berupa tolak ukur transpor sedimen di saluran dimulai. Salah satu pendekatan konsep terjadinya awal gerak sedimen pertama kali ialah pendekatan tegangan geser kritis. Pendekatan tegangan geser kritis didasarkan pada konsep berikut ini.

1. Gaya geser yang bekerja pada aliran dianggap paling berperan terhadap pergerakan butiran sedimen.
2. Akibat adanya aliran akan timbul gaya-gaya aliran yang bekerja pada butir sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan untuk menyeret butir sedimen.
3. Pada butir sedimen kasar (pasir dan bantuan), gaya untuk melawan gaya-gaya aliran merupakan fungsi berat butir sedimen.
4. Pada butir sedimen halus (lanau dan lempung), gaya untuk melawan gaya-gaya aliran lebih disebabkan kohesi butiran dari pada berat butir sedimen (Istiarto, 2014).

Menurut Breuser dan Raudkivi (1991) dalam Afiat (2012) melalui grafik Shield (Gambar 3.4) terjadinya gerak awal butiran sedimen dapat diketahui bila tegangan geser kritis (τ_c) lebih besar dari tegangan geser dasar (τ_o) dengan tegangan geser dasar (τ_o) sesuai persamaan berikut ini.

$$\tau_o = \rho \times g \times h \times S_o \quad (3.11)$$

Keterangan :

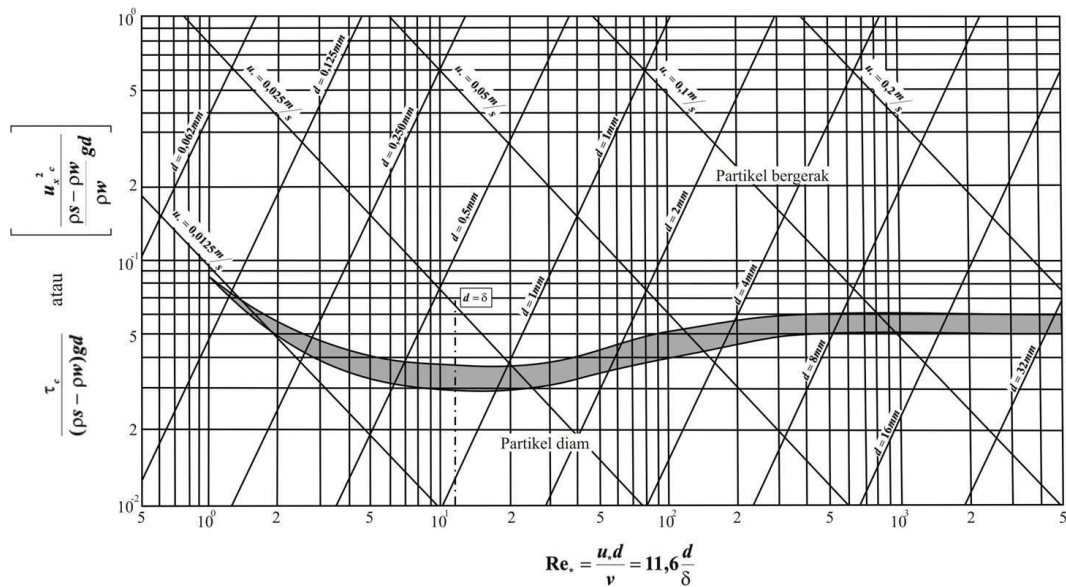
τ_o = tegangan geser dasar sungai (N/m²)

ρ = massa jenis air = 1000 kg/m³

g = percepatan gravitasi = 9.81 m/s²

h = kedalaman aliran (m)

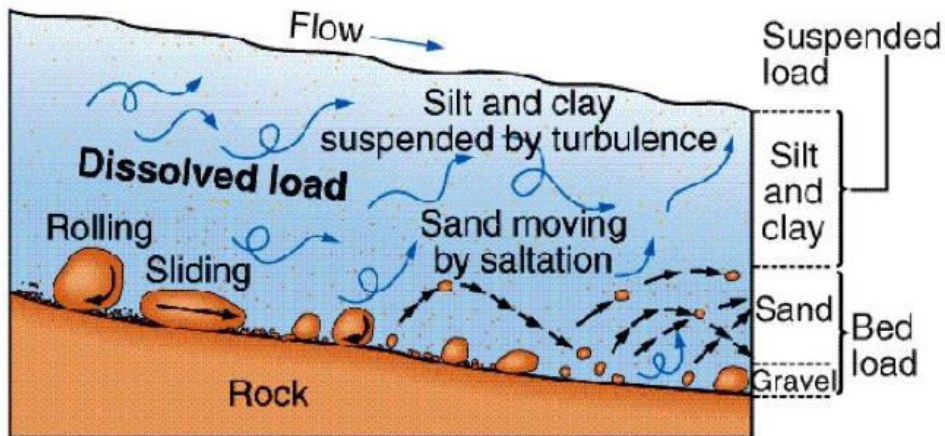
S_o = kemiringan saluran



Gambar 3.4 Grafik Shield

(Sumber : Breuser dan Raudkivi (1991) dalam Afiat (2012))

Pada gerak butiran sedimen sepanjang aliran memiliki mekanisme tersendiri sesuai jenis sedimen tersebut. Secara umum jenis sedimen dibagi menjadi dua yaitu *bed load* dan *suspended load*, kedua jenis sedimen ini memiliki mekanisme transpor sedimen sendiri seperti yang terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Mekanisme Transpor Sedimen

(Sumber : <http://sustainability.colostate.edu/> diakses tanggal 21 November 2017)

3.4 I-RIC Software

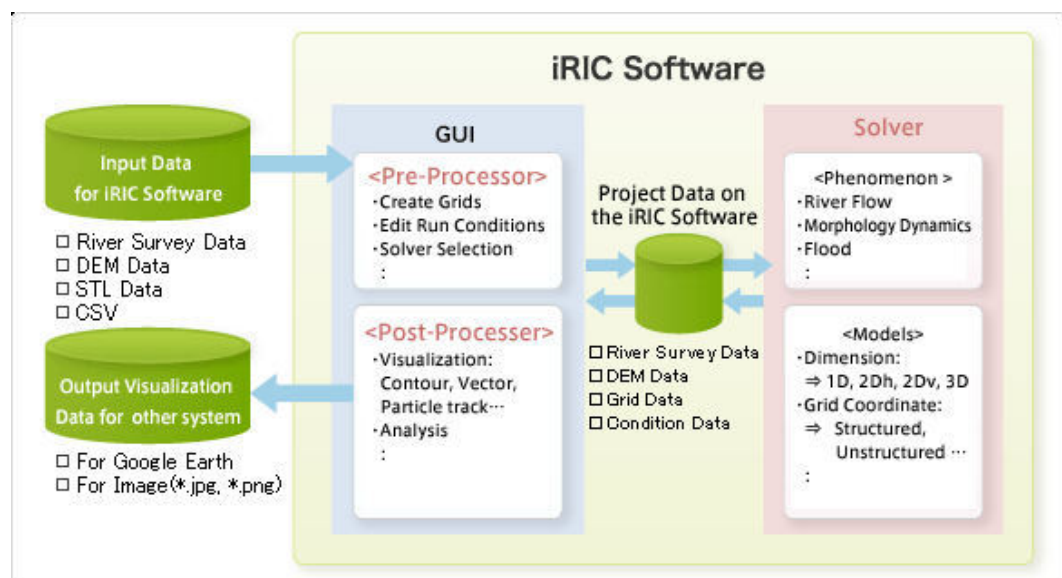
I-RIC (*International River Interface Cooperative*) adalah *software* analisis aliran dan perubahan dasar sungai penggabungan dari MD_SWMS (*Multi*

Dimensional Surface Water Modeling System) yang dikembangkan USGS dan Ric-Nays melalui *Foundation of Hokkaido River Disaster Prevention Research Center* (i-ric.org). I-RIC memiliki beberapa modul komputasi numerik seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Modul Komputasi Numerik Software I-Ric

No.	Modul Numerik	No.	Modul Numerik	No.	Modul Numerik
1	Nays2DH	6	Nays2Dflood	11	ELIMO
2	FaSTMECH	7	Mflow_02	12	Nays1D+
3	NaysEddy	8	NaysCUBE	13	DHABSIM
4	River2D	9	CERI1D	14	EvaTRiP
5	StoRM	10	SRM		

Secara umum pengoperasian simulasi menggunakan *software* I-RIC mempunyai tiga tahapan utama, yaitu *pre-processing*, *solver*, dan *post-processing*.



Gambar 3.6 Bagan Pengoperasian Software I-Ric
(Sumber : I-ric.org diakses 12 November 2017)

3.4.1 Nays2DH

Nays2DH adalah modul dua dimensional (2D) simulasi aliran, transpor sedimen, perubahan morfologi dasar dan tebing sungai hasil penggabungan modul Nays2D dan Morpho2D. Kedua modul tersebut memiliki kelebihan masing-masing

akan tetapi memiliki persamaan secara umum dalam permodelan dua dimensi (2D). Nays2D yang dikembangkan oleh Dr. Yasuyuki Shimizu dari Hokkaido University merupakan modul 2D horizontal yang mampu menyelesaikan perhitungan aliran, transpor sedimen, evolusi dasar dan erosi sungai. Nays2D telah diterapkan pada praktiknya seperti proses perubahan dasar sungai akibat pohon dan vegetasi, perhitungan dan prediksi genangan di dataran banjir, sedimentasi pada pertemuan sungai, analisis erosi tebing dan bencana banjir (Shimizu, 2014). Sedangkan, Morpho2D dikembangkan oleh Dr. Hiroshi Takebayashi merupakan modul penyelesaian dua dimensional perubahan morfodinamik di sungai. Morpho2D dapat mensimulasikan perubahan morfologi dasar sungai dengan butiran sedimen seragam dan tidak seragam serta sudah diterapkan dalam aplikasi teknik sungai seperti perubahan dasar sungai akibat vegetasi dan perubahan dasar sungai dengan dasar sungai tidak tererosi seperti *bedrocks* dan dasar sungai tetap (Shimizu, 2014).

3.4.2 Persamaan Gerak Aliran

Pada Nays2DH *solver manual* (2014) membagi gerak aliran menjadi dua sistem koordinat yaitu sistem koordinat ortogonal (x,y) dan sistem koordinat kurvalinear atau *moving boundary fitted coordinates* (MBFC).

1. Persamaan dasar aliran dalam koordinat ortogonal

Persamaan dasar aliran mengikuti sistem koordinat ortogonal sebagai berikut,

a. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (3.12)$$

b. Persamaan Momentum

Pada arah x,

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x + \frac{F_x}{\rho} \quad (3.13)$$

Dengan,

$$\frac{\tau_x}{\rho} = C_f u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (3.14)$$

$$D^x = \frac{\partial}{\partial x} \left[v_t h \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_t h \frac{\partial u}{\partial y} \right] \quad (3.15)$$

$$\frac{F_x}{\rho} = \frac{1}{2} C_D a_s h_v u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (3.16)$$

Pada arah y,

$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_y}{\rho} + D^y + \frac{F_y}{\rho} \quad (3.17)$$

Dengan,

$$\frac{\tau_y}{\rho} = C_f u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (3.18)$$

$$D^y = \frac{\partial}{\partial x} \left[v_t h \frac{\partial v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_t h \frac{\partial v}{\partial y} \right] \quad (3.19)$$

$$\frac{F_y}{\rho} = \frac{1}{2} C_D a_s h_v u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (3.20)$$

Keterangan :

h = kedalaman air

t = waktu

u = kecepatan rata-rata arah x

v = kecepatan rata-rata arah y

g = percepatan gravitasi

H = elevasi muka air

τ_x = komponen tegangan geser dasar sungai arah x

τ_y = komponen tegangan geser dasar sungai arah y

F_x = gaya hambatan vegetasi arah x

F_y = gaya hambatan vegetasi arah y

C_f = koefisien friksi dasar sungai

v_t = koefisien *eddy viscosity*

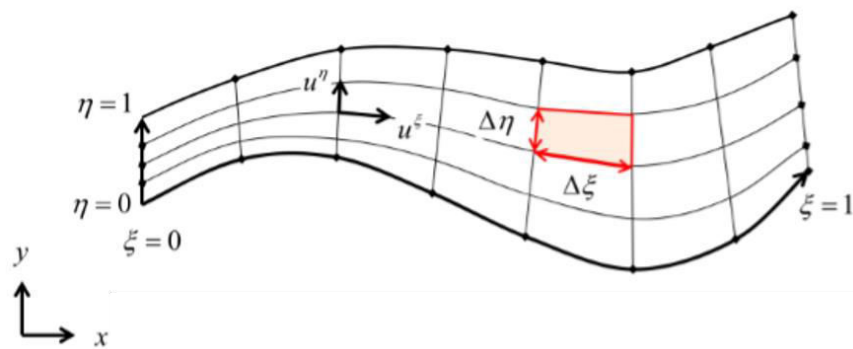
C_D = koefisien gesek vegetasi

a_s = area interseksi vegetasi per unit volume

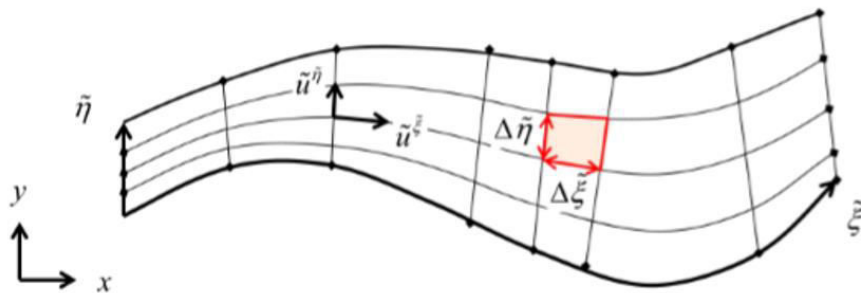
h_v = nilai minimum kedalaman air dan tinggi vegetasi

2. Persamaan dasar aliran dalam koordinat kurvalinear (ξ, η)

Persamaan kontinuitas dan persamaan momentum diatas masih dalam sistem koordinat ortogonal. Perhitungan persamaan kontinuitas dan persamaan momentum pada simulasi pemodelan memiliki berbagai bentuk *grid* sehingga untuk mempermudah perhitungannya persamaan tersebut perlu diubah ke sistem koordinat kurvalinear atau bisa disebut juga *moving boundary fitted coordinates* (MBFC) seperti Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 3.7 Sistem Koordinat MBFC Non Dimensional
(Sumber : Sarkawt, 2017)



Gambar 3.8 Sistem Koordinat MBFC Dimensional
(Sumber : Sarkawt, 2017)

3.4.3 Persamaan Aliran Turbulen

Aliran turbulen dapat diartikan aliran yang memiliki gerakan partikel yang tidak beraturan baik arah maupun kecepatannya. Pada pemodelan, Nays2DH

menyediakan tiga pendekatan persamaan turbulen yaitu *constant eddy viscosity*, *zero-equation model* dan $k-\varepsilon$ model.

Pada simulasi digunakan pendekatan aliran *turbulen zero-equation model* sebagai berikut dibawah ini.

$$v_t = au_*h \quad (3.21)$$

Keterangan :

v_t = koefisien *eddy viscosity*

$a \approx 0.07$ (Fisher, Webel dan Schatzmann dalam *Nays2DH Solver Manual*)

u_* = kecepatan gesek dasar

h = kedalaman

Persamaan koefisien *eddy viscosity* juga dapat dituliskan sebagai berikut dibawah ini.

$$v_t = \frac{k}{6} A_e u_* h + B_e \quad (3.22)$$

Keterangan :

k = koefisien von karman (0,4)

A_e = parameter *eddy viscosity* (default = 1)

B_e = parameter *eddy viscosity* (default = 0)

u_* = kecepatan gesek dasar

h = kedalaman

3.4.4 Persamaan Koefisien Friksi Dasar Sungai

Koefisien friksi dasar sungai dihitung menggunakan parameter kekasaran Manning yang dapat diatur sedemikian rupa pada pemodelan sungai. Artinya, apabila sungai memiliki lebih dari satu nilai kekasaran manning Nays2DH mampu memodelkan dan menghitungnya. Koefisien friksi dasar sungai sesuai pada Persamaan 3.13 dan 3.17 dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$C_f = \frac{gn_m^2}{h^{\frac{1}{3}}} \quad (3.23)$$

Keterangan :

C_f = koefisien friksi dasar sungai

g = percepatan gravitasi

n_m = nilai kekasaran Manning

h = kedalaman air

Nilai kekasaran Manning dapat dihitung dengan persamaan Manning-Stickler berikut dibawah ini.

$$n_m = \frac{k_s^{\frac{1}{6}}}{7.66 \sqrt{g}} \quad (3.24)$$

Keterangan :

n_m = nilai kekasaran Manning

k_s = koefisien stickler, ($k_s = \alpha d$)

α = nilai empiris diambil 1-3 (Nays2DH Solver Manual, 2014)

d = diameter sedimen

g = percepatan gravitasi

3.4.5 Persamaan Shields Number

Shields Number adalah tegangan dasar sungai non-dimensional digunakan untuk menghitung awal gerak butiran sedimen dalam aliran (lihat Gambar 3.4).

$$\tau_* = \frac{hI_e}{s_g d} \quad (3.25)$$

Atau

$$\tau_* = \frac{C_f V^2}{s_g dg} = \frac{n_m^2 V^2}{s_g dh^{\frac{1}{3}}} \quad (3.26)$$

Dengan,

$$V = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (3.27)$$

Keterangan :

τ_* = Shields Number

- h = kedalaman air
 I_e = kemiringan energi
 s_g = rapat relatif sedimen
 d = diameter sedimen
 g = percepatan gravitasi
 V = kecepatan komposit
 u = kecepatan rata-rata arah x
 v = kecepatan rata-rata arah y

3.4.6 Persamaan *Bed Load Transport*

Bed load transport pada Nays2DH dapat diestimasi melalui persamaan Meyer-Peter dan Muller atau Ashida dan Michiue. Pada simulasi kali ini digunakan persamaan Meyer-Peter dan Muller karena dikembangkan untuk sedimen kasar (Pragnjono, 1988). Selain itu syarat penggunaan persamaan Meyer-Peter dan Muller sebagai berikut.

Tabel 3.2 Nilai Batas Untuk Persamaan Meyer-Peter dan Muller

Fungsi	d	d_m	sg	v_r	D_c	I_e	W	T
Meyer-Peter Muller (<i>Flume</i>)	0.4- 29	NA	1.25-4	1.2- 9.4	0.03- 3.9	0.004- 0.02	0.5- 6.6	NA

Sumber : HEC-RAS : *Hydraulic Reference Manual* (2010)

Keterangan Tabel 3.2 :

- d = diameter sedimen, mm
 d_m = median diameter sedimen, mm
 sg = *specific gravity* sedimen
 v_r = kecepatan rata-rata saluran, ft/s
 D_c = kedalaman saluran, ft
 I_e = kemiringan energi
 W = lebar saluran, ft
 T = Temperatur, °F

Berikut ini merupakan persamaan Meyer-Peter dan Muller.

$$q_b = 8(\tau_* - \tau_{*c})^{1.5} \sqrt{s_g g d^3 r_b} \quad (3.28)$$

dengan,

$$r_b = 1 \quad \rightarrow \quad E_{sd} > E_{be} \quad (3.29)$$

$$r_b = \frac{E_b}{E_{be}} \quad \rightarrow \quad E_{sd} > E_{be} \quad (3.30)$$

Keterangan :

q_b = bed load transport

τ_* = shields number

τ_{*c} = shields number kritis, persamaan Iwagaki (Nays2DH Solver Manual)

s_g = rapat relatif sedimen

d = diameter sedimen

g = percepatan gravitasi

r_b = rasio ketebalan lapis

E_{sd} = ketebalan lapisan sedimen

E_{be} = ketebalan lapisan *equilibrium bedload*

E_b = ketebalan lapisan *bedload*

3.4.7 Persamaan Kecepatan Aliran di Dekat Dasar Sungai

Hubungan kecepatan rata-rata aliran dengan kecepatan aliran di dekat dasar sungai mengikuti persamaan berikut ini.

$$\tilde{u}_b^s = \beta V \quad (3.31)$$

dengan,

$$\beta = 3 \frac{1 - \sigma}{3 - \sigma} \quad (3.32)$$

$$\sigma = \frac{3}{\phi_0 k + 1} \quad (3.33)$$

$$\phi_0 = \frac{V}{u_*} \quad (3.34)$$

Keterangan :

\tilde{u}_b^s = kecepatan di dekat dasar sungai

ϕ_0 = koefisien kecepatan

V = kecepatan komposit (Persamaan 3.27)

u_* = kecepatan gesek dasar

3.4.8 Persamaan *Flux Suspended Load*

Suspended load dari dasar sungai akan terbawa aliran secara melayang pada sungai. Pada Nasy2DH terdapat dua pilihan yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan tersebut, yaitu dengan persamaan Itakura dan Kishi atau persamaan Lane-Kalinske. Untuk simulasi pemodelan sungai digunakan persamaan Lane-Kalinske (Persamaan 3.35) sebagai pendekatan dalam mengestimasi aliran *suspended load*.

$$q_{su} = 5.55 \left[\frac{1}{2} \frac{u_*}{w_f} \exp \left(- \frac{w_f}{u_*} \right) \right]^{1.61} w_f r_b \quad (3.35)$$

Keterangan :

q_{su} = *flux suspended load*

u_* = kecepatan gesek dasar

r_b = rasio ketebalan lapis (lihat Persamaan 3.29 dan 3.30)

w_f = kecepatan endap *suspended load* (persamaan Rubey)

3.4.9 Persamaan Kontinuitas *Suspended Load*

Persamaan kontinuitas konsentrasi *suspended load* pada sistem koordinat MBFC seperti berikut ini.

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{ch}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{u^\xi ch}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{u^\eta ch}{J} \right) = \frac{q_{su} - w_f c_b}{J} \quad (3.36)$$

dengan,

$$c_b = \frac{\beta_c c}{1 - \exp(-\beta_c)} \quad (3.37)$$

$$\beta_c = \frac{6 w_f}{k u_*} \quad (3.38)$$

$$J = \frac{1}{x_\xi y_\eta - x_\eta y_\xi} \quad (3.39)$$

Keterangan :

c = kedalaman rerata konsentrasi *suspended load*

c_b = referensi *suspended load*

J = determinan jacobian

u^ξ = komponen kecepatan arah ξ

u^η = komponen kecepatan arah η

h = kedalaman air

t = waktu

w_f = kecepatan endap *suspended load* (persamaan Rubey)

3.4.10 Persamaan Kontinuitas Transpor Sedimen

Persamaan kontinuitas transpor sedimen dalam sistem koordinat ortogonal dituliskan sebagai berikut ini.

$$\frac{\partial}{\partial t}(c_b E_b) + (1 - \lambda) \frac{\partial z}{\partial t} + \left[\frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} + q_{su} - w_f c_b \right] = 0 \quad (3.40)$$

Keterangan :

c_b = referensi *suspended load* (Persamaan 3.37)

E_b = ketebalan lapisan *bedload*

λ = *void ratio* material sedimen

q_{bx} = *bed load* per satuan lebar arah x

q_{by} = *bed load* per satuan lebar arah y

w_f = kecepatan endap *suspended load* (persamaan Rubey)

q_{su} = *flux suspended load*

Persamaan 3.40 diatas dapat diubah kedalam sistem koordinat *moving boundary fitted coordinates* (MBFC) maka akan dituliskan sebagai berikut ini.

$$\text{Jika } E_{sd} \geq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda},$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{c_b E_b}{J} \right) + (1-\lambda) \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{z}{J} \right) + \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{q_b^\xi}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{q_b^\eta}{J} \right) + \frac{q_{su} - w_f c_b}{J} \right] = 0 \quad (3.41)$$

$$\text{Jika } E_{sd} \leq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda},$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{z}{J} \right) = 0 \quad (3.42)$$

Keterangan :

c_b = referensi *suspended load* (Persamaan 3.37)

E_b = ketebalan lapisan *bedload*

E_{sd} = ketebalan lapisan sedimen

E_{be} = ketebalan lapisan *equilibrium bedload*

λ = *void ratio* material sedimen

q_b^ξ = *bed load* per satuan lebar arah ξ

q_b^η = *bed load* per satuan lebar arah η

w_f = kecepatan endap *suspended load* (persamaan Rubey)

q_{su} = *flux suspended load*

J = determinan jacobian (Persamaan 3.39)

3.4.11 *Relaxation Factor* Perhitungan Muka Air

Analisis numerik yang digunakan Nays2DH juga menggunakan prinsip *computational fluid dynamics* (CFD) yang salah satu parameter pentingnya ialah *relaxation factor*. *Relaxation factor* akan mempengaruhi kestabilan, kecepatann dan presisinya suatu hasil perhitungan simulasi yang dilakukan *software* numerik pada perhitungan setiap iterasi di setiap *grid* atau sel pemodelan. Persamaan umum penggunaan *relaxation factor* sebagai berikut.

$$\phi_p^{new,used} = \phi_p^{old} + U(\phi_p^{new,predicted} - \phi_p^{old}) \quad (3.43)$$

Keterangan :

$\phi_p^{new,used}$ = Nilai hasil iterasi baru pada *grid* / sel ke P

ϕ_p^{old} = Nilai hasil iterasi lama pada *grid* / sel ke P

$\phi_p^{new,predicted}$ = Nilai hasil iterasi baru yang diprediksi pada *grid* / sel ke P

U = *Relaxation factor*

Apabila diambil nilai *relaxation factor* dibawah satu atau $U < 1$ disebut *under relaxation* menyebabkan untuk mencapai perhitungan iterasi agar konvergen akan lebih lama akan tetapi dapat meningkatkan stabilitas perhitungan. Apabila $U = 1$ maka disebut *corresponds to no relaxation* artinya nilai hasil iterasi langsung dianggap hasil perhitungan sebenarnya. Sedangkan, dikatakan *over relaxation* apabila $U > 1$ artinya untuk mencapai perhitungan iterasi agar konvergen dapat lebih cepat akan tetapi mengurangi tingkat kestabilan perhitungan (Bakker, 2002).

Menurut Andre Bakker (2002) menyarankan dalam perhitungan simulasi menggunakan *under relaxation* ($U < 1$) karena dapat menekan kesalahan numerik dalam hasil perhitungan aliran akan tetapi dengan mempertimbangkan nilai *relaxation factor* yang tidak terlalu kecil. Nilai *relaxation factor* diambil mendekati angka satu atau tetap menggunakan nilai *default* dari suatu *software*.

BAB IV METODE PENELITIAN

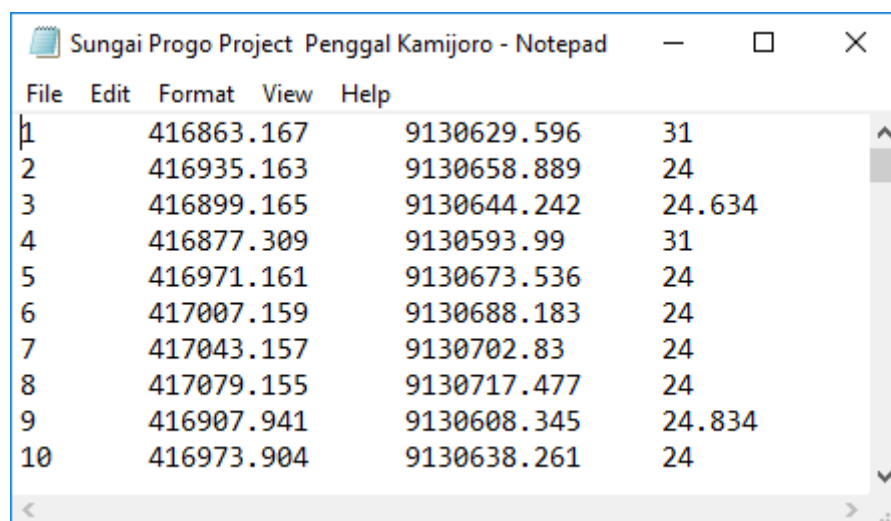
4.1 Jenis dan Variabel Penelitian

Penelitian simulasi transpor sedimen Sungai Progo ini bersifat kuantitatif yaitu penelitian yang setiap tahapan analisis data menitikberatkan pada data yang berupa angka. Penelitian ini juga dibuat sistematis mulai dari persiapan penelitian, penyusunan pemodelan simulasi, pelaksanaan permodelan pada *software* I-RIC hingga penulisan hasil simulasi.

4.2 Data Penelitian

Suatu pemodelan membutuhkan data yang menggambarkan kondisi sebenarnya di lapangan. Data yang benar akan membuat penelitian menjadi sesuai dengan kondisi aslinya. Selain itu, untuk menjamin pemodelan dapat dibuat mirip dengan kondisi aslinya dibutuhkan tidak hanya satu data melainkan serangkaian data yang saling membangun pemodelan. Pada penelitian ini, digunakan beberapa data sekunder untuk mendukung penelitian, yaitu.

1. Peta topografi Sungai Progo sekitar *Intake* Kamijoro dalam format *txt* (lihat Gambar 4.1) yang telah berisi informasi koordinat. Cara mendapatkan format *file* tersebut dijelaskan pada Lampiran 1.



File	Edit	Format	View	Help
1	416863.167	9130629.596	31	
2	416935.163	9130658.889	24	
3	416899.165	9130644.242	24.634	
4	416877.309	9130593.99	31	
5	416971.161	9130673.536	24	
6	417007.159	9130688.183	24	
7	417043.157	9130702.83	24	
8	417079.155	9130717.477	24	
9	416907.941	9130608.345	24.834	
10	416973.904	9130638.261	24	

Gambar 4.1 Format Data Topografi *File Txt*

Penjelasan pada Gambar 4.1 yakni, kolom pertama berisi nomor urut data, kolom kedua dan ketiga merupakan koordinat arah x dan y dalam satuan meter, sedangkan kolom keempat berisikan data elevasi dalam satuan meter.

2. Koefisien Manning diambil seragam pada setiap pemodelan penggal Sungai Progo dengan nilai koefisien Manning 0.03 (HEC-RAS: *Hydraulic Reference Manual*, 2010).
3. Data debit aliran diperoleh dari BBWS SO dengan menggunakan debit AWLR Bendung Sapon sedangkan untuk simulasi pemodelan diambil dari debit bulan basah (lihat Tabel 4.1) dan bulan kering (lihat Tabel 4.2) pada tahun 2007.

Tabel 4.1 Debit Pada Bulan Basah (April 2007)

Hari	Debit (m ³ /s)	Hari	Debit (m ³ /s)	Hari	Debit (m ³ /s)
1	208.358	11	181.708	21	163.601
2	151.395	12	192.946	22	187.292
3	214.263	13	172.557	23	96.370
4	136.279	14	160.074	24	83.903
5	114.083	15	131.387	25	99.237
6	118.703	16	129.772	26	99.237
7	139.581	17	178.024	27	94.950
8	133.009	18	194.845	28	83.903
9	134.640	19	236.491	29	68.403
10	141.245	20	212.287	30	79.906

Tabel 4.2 Debit Pada Bulan Kering (September 2007)

Hari	Debit (m ³ /s)	Hari	Debit (m ³ /s)	Hari	Debit (m ³ /s)
1	12.141	11	13.380	21	11.541
2	12.141	12	12.141	22	11.541
3	12.755	13	11.541	23	11.541
4	14.018	14	11.541	24	11.541
5	13.380	15	11.541	25	11.541
6	12.755	16	11.541	26	11.541
7	12.755	17	10.952	27	11.541
8	12.141	18	13.380	28	11.541
9	12.141	19	13.380	29	11.541
10	14.018	20	11.541	30	11.541

4. Data Elevasi muka air di hilir pemodelan penggal Sungai Progo di sekitar *Intake* Kamijoro didapat dari simulasi aliran menggunakan HEC-RAS dengan kondisi *steady flow* (lihat Lampiran 2). Elevasi muka air untuk bulan basah dan bulan kering sebagai berikut.

Tabel 4.3 Elevasi Muka Air Pada Bulan Basah di Hilir Pemodelan

Hari	H (m)	Hari	H (m)	Hari	H (m)
1	23.010	11	22.850	21	22.740
2	22.650	12	22.920	22	22.880
3	23.050	13	22.790	23	22.240
4	22.550	14	22.710	24	22.110
5	22.390	15	22.510	25	22.270
6	22.420	16	22.500	26	22.270
7	22.570	17	22.830	27	22.230
8	22.530	18	22.930	28	22.110
9	22.540	19	23.170	29	21.910
10	22.580	20	23.030	30	22.060

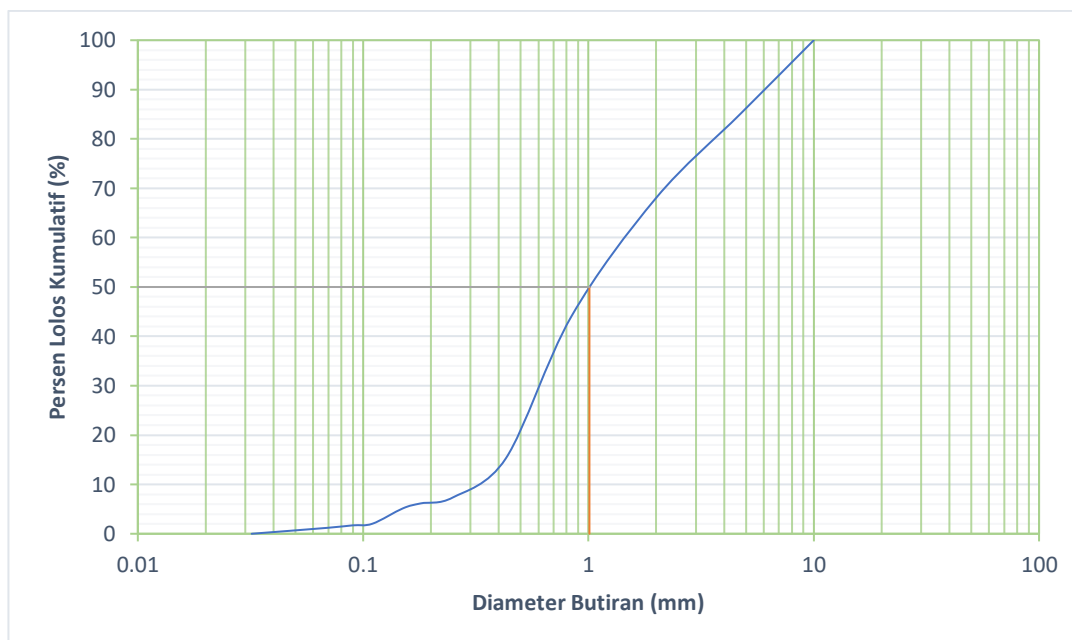
Tabel 4.4 Elevasi Muka Air Pada Bulan Kering di Hilir Pemodelan

Hari	H (m)	Hari	H (m)	Hari	H (m)
1	20.690	11	20.740	21	20.670
2	20.690	12	20.690	22	20.670
3	20.720	13	20.670	23	20.670
4	20.770	14	20.670	24	20.670
5	20.740	15	20.670	25	20.670
6	20.720	16	20.670	26	20.670
7	20.720	17	20.640	27	20.670
8	20.690	18	20.740	28	20.670
9	20.690	19	20.740	29	20.670
10	20.770	20	20.670	30	20.670

5. Data sedimen Sungai Progo berupa material dasar sungai yang terlihat pada Tabel 4.5. Untuk simulasi transpor sedimen pada model sungai digunakan asumsi material dasar sedimen seragam dengan mengambil ukuran butir material D_{50} (Gambar 4.2) yakni sebesar 1.01 mm

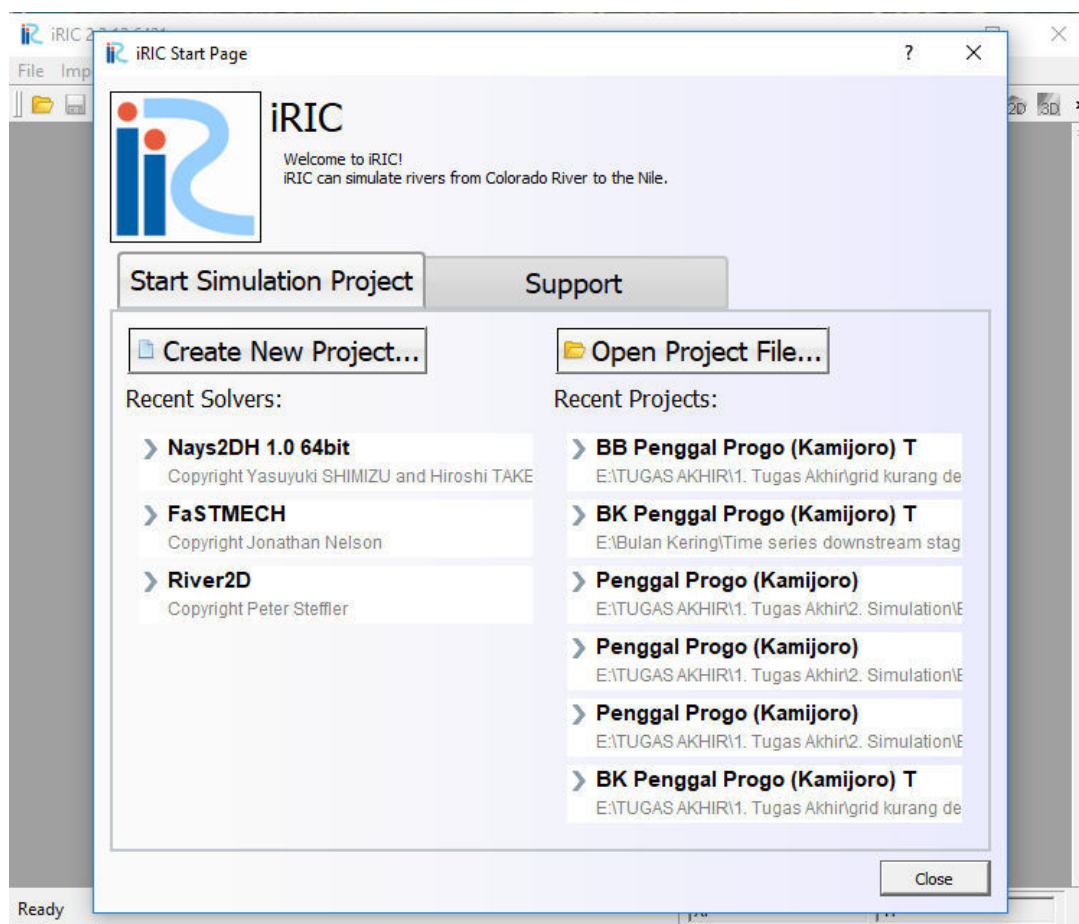
Tabel 4.5 Persentase Lolos dan Tertahan Butiran Sedimen

No	Size (mm)	Persentase Lolos (%)	Persentase Tertahan (%)
1	0.032	0	100
2	0.07	1.22	98.78
3	0.09	1.71	98.29
4	0.11	2.04	97.96
5	0.15	5.14	94.86
6	0.18	6.15	93.85
7	0.25	7.35	92.65
8	0.43	15.28	84.72
9	0.84	44.04	55.96
10	2	68.08	31.92
11	4.75	85.17	14.83
12	10	100	0

**Gambar 4.2 Penentuan Ukuran Butir Sedimen D₅₀**

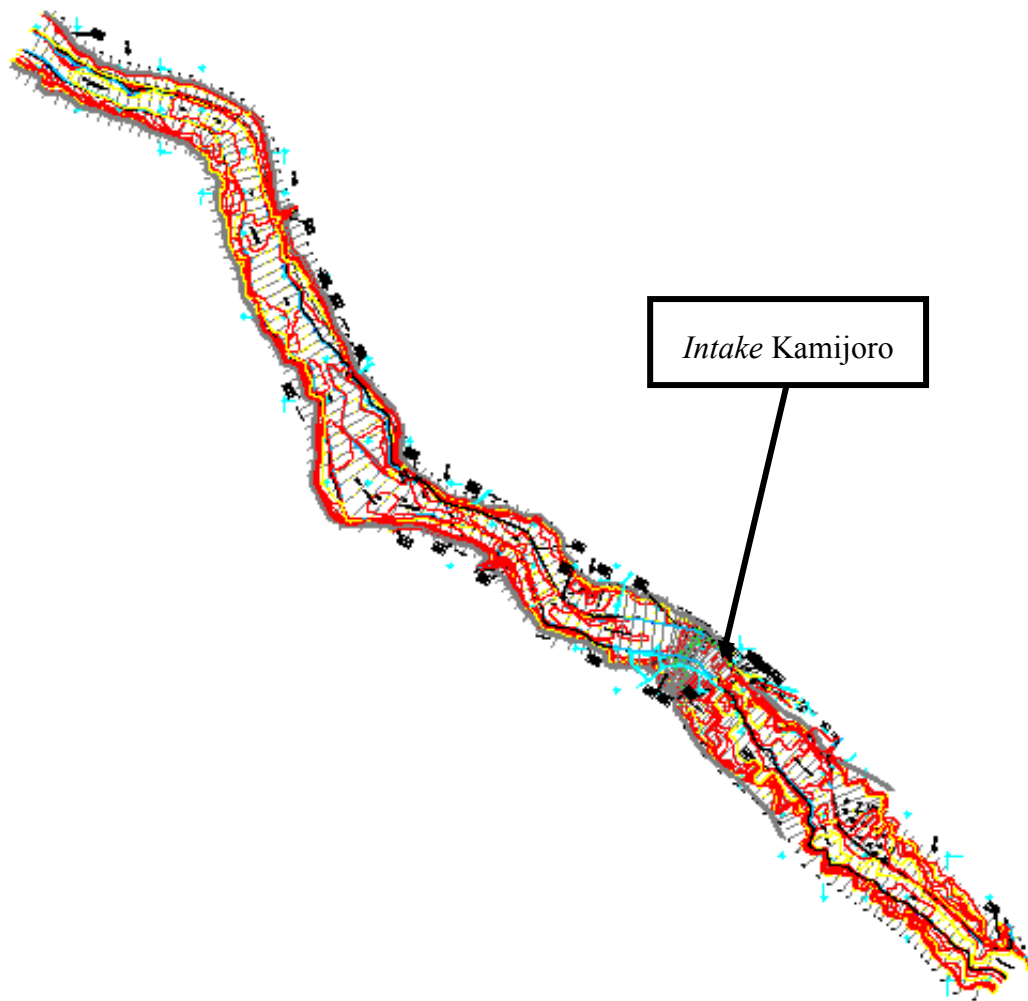
4.3 Program Simulasi dan Lokasi

Program simulasi dalam penelitian ini digunakan program I-RIC versi 2.3 untuk melakukan pemodelan dan simulasi aliran. Gambar 4.3 menunjukkan tampilan program I-RIC.



Gambar 4.3 Tampilan Program I-RIC

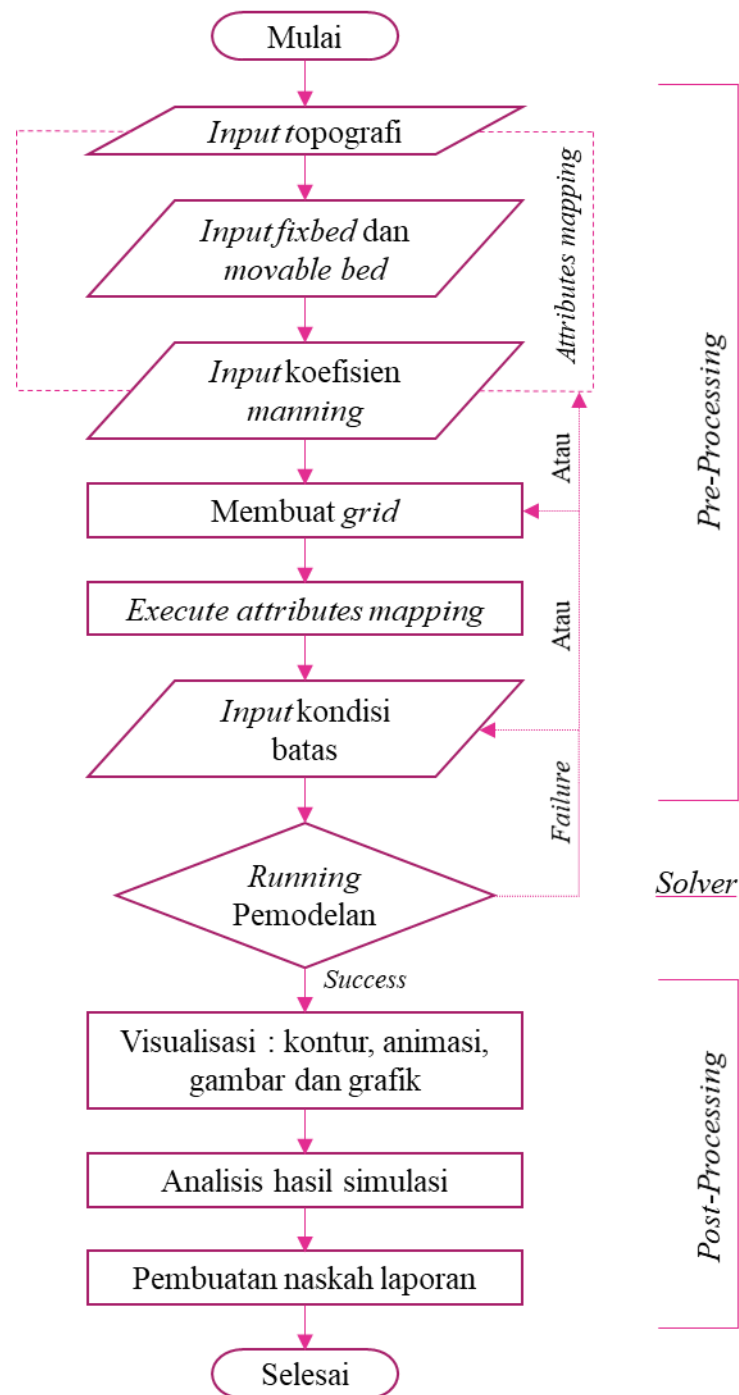
Lokasi Sungai Progo yang diteliti yaitu sepanjang 4 km di *Intake* Kamijoro. Gambar 4.4 menunjukkan penggal sungai yang dimodelkan.



Gambar 4.4 Topografi Sungai Progo

4.4 Prosedur Simulasi

Simulasi suatu pemodelan sungai dengan menggunakan *software* I-RIC modul Nays2DH memiliki tiga tahapan utama yaitu *pre-processing*, *solver*, dan *post-processing* (lihat Gambar 4.5).

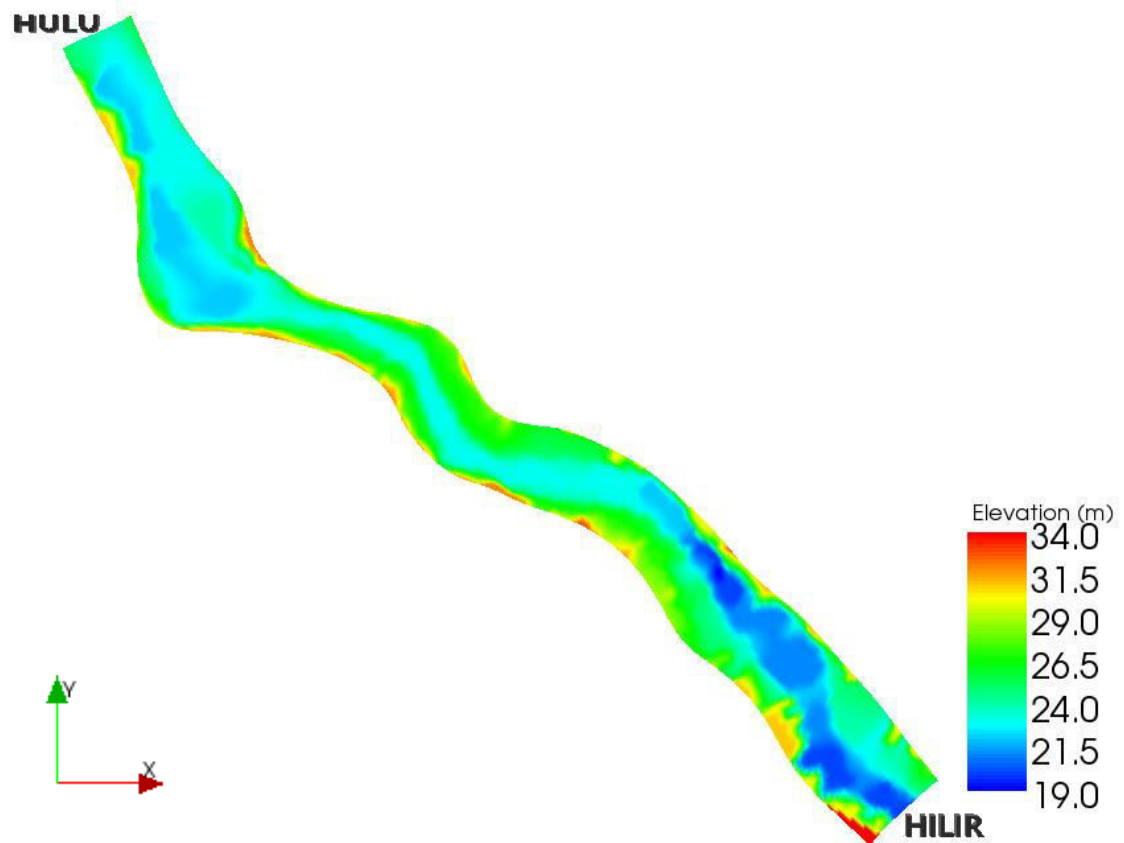


Gambar 4.5 *Flowchart* Simulasi Pemodelan dengan I-RIC

4.4.1 *Pre-Processing*

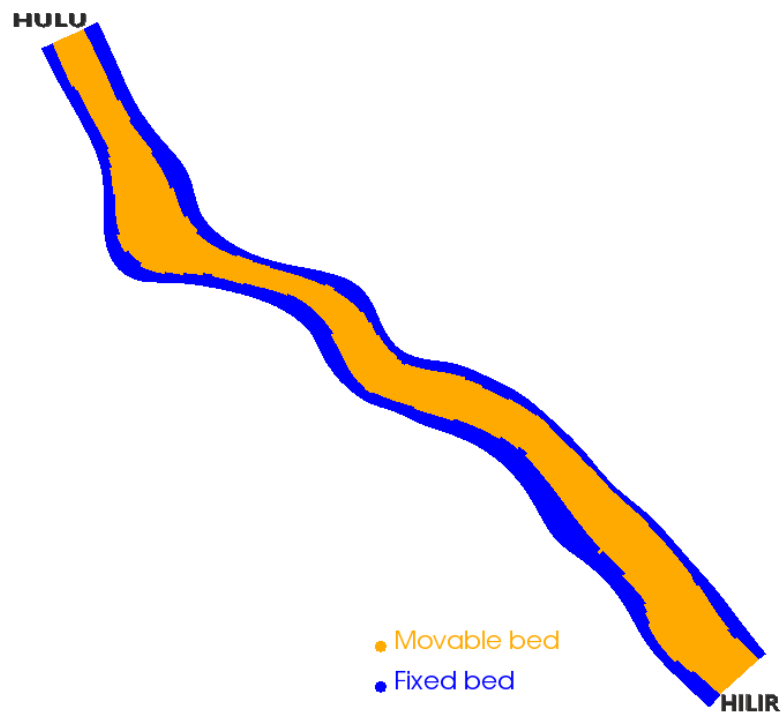
Pada tahap *Pre-Processing* secara umum berisikan *input* data pada software dan kondisi-kondisi batas yang diperlukan dalam menjalankan simulasi. Hal tersebut disesuaikan dengan data dan asumsi yang diambil selama permodelan. *input* data yang digunakan pada proses simulasi sebagai berikut (lihat Lampiran 3).

1. Topografi yang digunakan dalam simulasi merupakan hasil survey lapangan yang diubah dalam koordinat UTM sesuai Subbab 4.2 Gambar 4.1.



Gambar 4.6 Pemodelan Topografi Penggal Sungai Progo

2. *Fix bed* dan *movable bed* ditentukan dengan asumsi bagian penampang sungai yang mungkin terkena aliran air pada debit tertentu butiran dasar sungainya dapat bergerak (*movable bed*), selain hal tersebut dianggap *fix bed*.



Gambar 4.7 Pemodelan *Fix Bed* Dan *Movable Bed*

3. Nilai koefisien Manning diasumsikan sama sepanjang daerah pemodelan diambil nilainya sebesar 0.03 (HEC-RAS: *Hydraulic Reference Manual*, 2010).



Gambar 4.8 Pemodelan Koefisien Manning

Sedangkan kondisi-kondisi batas yang diambil parameternya sebagai berikut.

1. *Solver type*

- a. Deformasi dasar sungai diasumsikan terjadi selama simulasi
- b. Metode beda hingga (*finite difference method*, FDM) yang digunakan CIP *method* karena hasil perhitungan dengan metode ini akan lebih teliti (Nays2DH *Solver Manual*, 2014).
- c. Gradasi material sedimen sungai pada simulasi menggunakan asumsi gradasi seragam dengan diambil d_{50} sebagai ukuran butiran sedimen sesuai Tabel 4.5 dan Gambar 4.2.
- d. Simulasi sedimen transpor mensimulasikan *bed load* menggunakan persamaan Meyer Peter dan Muller maupun *suspended load* menggunakan persamaan Lane-Kallinske dengan vektor aliran *bedload* menggunakan persamaan Watanabe.
- e. Model turbulensi menggunakan *zero equation model* (lihat Subbab 3.5.2).
- f. Elevasi topografi hasil survey diasumsikan sebagai *fix bed*.

2. *Boundary Condition*

- a. Elevasi muka air di hilir pemodelan dipilih berubah terhadap waktu (*time series data*).
- b. Kecepatan aliran dihilu pemodelan diasumsikan seragam dengan kemiringan dasar sungai dihitung berdasarkan data topografi yang dimasukkan.
- c. Debit aliran dan sedimen diasumsikan *equilibrium*.

3. *Time*

- a. Interval waktu hasil simulasi dibuat per 1 jam atau 3600 detik.
- b. Perhitungan *time step* diambil 0.1 detik. Semakin kecil *time step* semakin presisi dan stabil hasil simulasi.
- c. Simulai dimulai dari debit aliran detik ke 0.
- d. Perhitungan deformasi dasar sungai dimulai setelah 24 jam (8600 detik) waktu simulasi untuk menstabilkan aliran pada simulasi terlebih dahulu.
- e. Iterasi maksimum diambil 10 (*default*).

- f. Faktor relaksasi (relaxation factor) perhitungan elevasi muka air diambil 0.8 (*default*). Faktor relaksasi lebih kecil dari 1 akan membutuhkan waktu yang lebih lama agar simulasi dapat konvergen akan tetapi dapat membuat simulasi menjadi lebih stabil (lihat Subbab 3.5.8).

4. *Initial water surface*

Inisiasi elevasi muka air pada awal simulasi dibuat aliran seragam.

5. *Bed Material*

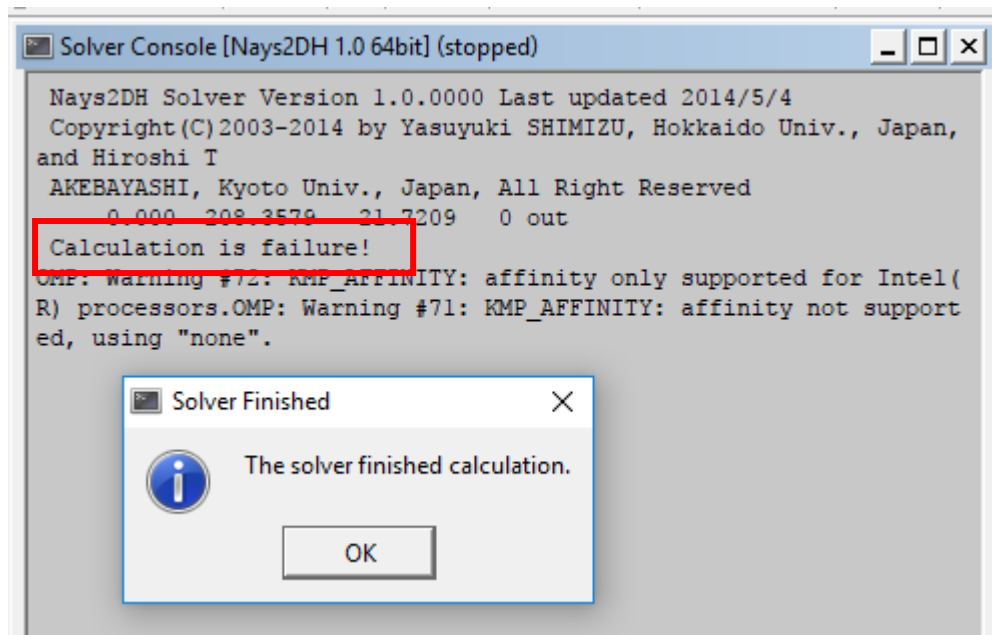
Ukuran butiran sedimen sebesar 1.01 mm sesuai Tabel 4.5 dan Gambar 4.1.

6. *Others*

- a. Nilai massa jenis air 1000 kg/m^3
- b. Nilai rapat relatif sedimen 2.65
- c. Rasio rongga udara sedimen 0.4

4.4.2 *Solver*

Tahap *solver* ini dapat dikatakan juga tahap perhitungan simulasi pemodelan (*running* pemodelan) yang dilakukan software I-RIC. *Running* pemodelan membutuhkan waktu tergantung pada kemampuan komputer memprosesnya dan banyaknya *grid* pada simulasi serta besar *time step* yang digunakan. Apabila terjadi kegagalan simulasi akan muncul *pop up* jendela perhitungan gagal (lihat Gambar 4.9), maka perlu diperiksa ulang kondisi batas simulasi, *grid* simulasi, atau *attributes mapping* yang dimasukkan.



Gambar 4.9 Kegagalan Simulasi Pada Saat *Running*

4.4.3 *Post-Processing*

Post-Processing merupakan tahap penyajian, analisis, pembahasan dan pemberian kesimpulan dari hasil simulasi yang berhasil. Penyajian hasil simulasi dapat berupa grafik maupun visualisasi animasi bergerak tentang kondisi pemodelan selama waktu simulasi berlangsung. Parameter yang dapat disajikan modul Nays2DH pada *software* I-RIC ini berupa kedalaman aliran, elevasi muka air, perubahan dasar sungai, elevasi dasar sungai, angka froude, vorticity, *shield number*, kecepatan aliran, *suspended load flux*, dan *bed load flux*.

Analisis dan pembahasan hasil simulasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi pemodelan yang terjadi di penggal Sungai Progo antara bulan basah dan bulan kering. Hal-hal yang dibandingkan disesuaikan dengan penyajian visualisasi yang disebutkan diatas. Kemudian akan ditarik kesimpulan perbedaan hasil simulasi pada bulan basah dan bulan kering.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis simulasi transpor sedimen penggal Sungai Progo di sekitar *Intake* Kamijoro sebagai berikut ini.

1. Aliran Sungai Progo tetap masuk ke *Intake* Kamijoro meskipun pada debit yang kecil dengan kedalaman aliran 0,3 m.
2. Pada bulan basah maupun bulan kering aliran mengarah di sekitar pintu *Intake* Kamijoro sepanjang waktu simulasi aliran.
3. Aliran penggal Sungai Progo ialah aliran subkritis karena memiliki angka Froude kurang dari satu ($Fr < 1$) baik pada simulasi bulan basah maupun bulan kering.
4. Pada *Intake* Kamijoro memiliki konsentrasi *suspended load* dan *bedload flux* lebih besar dari pada di hulu maupun di hilir *intake* baik pada simulasi bulan basah maupun pada simulasi bulan kering dengan nilai konsentrasi *suspended load* terbesar $1,866 \times 10^{-5}$ mg/l dan *bedload flux* terbesar $0,00076$ m²/s. Hal ini menunjukkan terjadinya pengendapan di sekitar *Intake* Kamijoro.
5. Pada saat bulan basah dan bulan kering pengambilan air Sungai Progo di *Intake* Kamijoro akan terganggu karena telah terjadi pengendapan material sedimen di sekitar *Intake*.

6.2 SARAN

Adapun saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian simulasi transpor sedimen penggal Sungai Progo di sekitar *Intake* Kamijoro sebagai berikut ini.

1. Simulasi transpor sedimen dilakukan dengan rentang waktu minimal satu tahun agar mendapatkan laju sedimentasi yang terjadi pertahunnya.
2. Hasil simulasi Nays2DH akan lebih konvergen dan presisi bila dilakukan *running* dengan *time step* dan *grid* yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade, K.T.B. 2011. Studi Kecepatan Jatuh Sedimen Di Pantai Berlumpur (Studi Kasus Lokasi Pantai Bunga Batubara Sumatera Utara). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Afiat, R.F. 2012. Pengaruh Debit Aliran Terhadap Gerusan Di Sekitar Abutmen Jembatan. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Agung, B.S. 2014. *Perhitungan Sedimen. Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan DAS*. Surakarta.
- Anandhita, Tia. et. al. 2015. Analisis Pengaruh Back Water (Air Balik) terhadap Banjir Sungai Rangkui Kota Pangkalpinang. *Jurnal Fropil Vol.3*. Bangka Belitung.
- Anonim, 2016. *SMS 12.1 Tutorial : Overview*. Aquaveo. Provo.
- Bachtiar, H. et. al. 2011. Model Sederhana 2-Dimensi Arah Pergerakan Sedimen di Sungai Porong Jawa Timur. *Jurnal Geologi Kelautan Vol. 9*. Jakarta.
- Bakker, A. 2002. *Applied Computational Fluid Dynamics*. Fluent Inc.
- Brunner, G.W. 2010. *HEC-RAS : River Analisis System Hydraulic Reference Manual Version 4.1*. US Army Corps of Engineers : Hydrolic Engineering Center. Davis.
- Cenne, A.A. 2016. Study Karakteristik Sedimen dan Morfologi Dasar Muara Sungai Jeneberang. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Hasanuddin. Makassar. Makassar.

- Faris, T. 2017. Analisis Numerik Pengaruh Aliran Debris Terhadap Gerusan Lokal Pada Pilar Menggunakan Software IRIC: Nays2DH 1.0 (Studi Kasus Pilar Kapsul Dan Pilar Tajam). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Grade, R.J. K.G. dan Ranga R. 1978. *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problem*. Wiley Eastern Limited. Roorkee
- Harijadi. 2015. Analisis Banjir Way Besai dengan Model Matematis Unsteady Flow Menggunakan Software HEC – RAS. *Jurnal Rekayasa Vol. 19*. Lampung.
- Istiarto. 2014. *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Dasar : Simple Geometry River*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Istiarto. 2014. *Materi Kuliah Transpor Sedimen : Awal Gerak Butir Sedimen*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kurniawan, E. 2004. Kajian Pola Aliran Sungai Progo Hilir dengan 2 Groundsill Menggunakan Software BOSS SMS. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Linangkung, E. 2016. *Hasil Kerja Paksa yang Mengairi Sebelas Desa*. (Online). (koran-sindo.com diakses tanggal 24 mei 2017).
- Mananoma, T. 2008. Pengelolaan Transpor Sedimen di Sungai Sebagai Dasar Optimasi Pengendalian Daya Rusak Air (Studi Kasus Ruas Sungai Progo Tengah, Yogyakarta). *Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XXV Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI)*. Palembang.
- Mananoma, T. et. al. 2003. Fenomena Alamiah Erosi dan Sedimentasi Sungai Progo Hilir. *Jurnal dan Pengembangan Keairan*. Semarang.

- Nurhady, S. 2008. Simulasi 2 Dimensi Transpor Sedimen di Sungai Mesuji Provinsi Lampung. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai.
- Pragnjono, M. 1988. *Sedimen Transpor*. Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada (KMTS UGM). Yogyakarta.
- Sarkawt, H.M. 2017. Application of Numerical Modeling to Study River Dynamics: Hydro-Geomorphological Evolution Due to Extreme Events in the Sandy River, Oregon. *Thesis*. (Unpublished). Portland State University. Portland.
- Shahjahan, M.A. et. al. 2017. Two-Dimensional Simulation of Flows in an Open Channel with Groin-Like Structures by iRIC Nays2DH. *Journal Hindawi Volume 2017 ID 1275498*. Khulna University of Engineering and Technology. Khulna.
- Shimizu, Y. et. al. 2014. *Nays2DH Solver Manual. I-RIC Software*. I-RIC. Japan.
- Triatmodjo, B. 2013. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.

LAMPIRAN

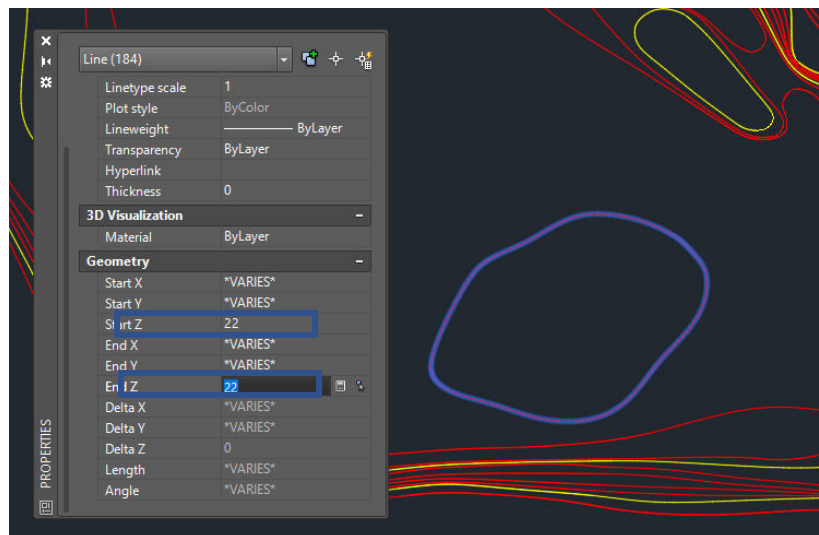
LAMPIRAN 1

PROSEDUR PEMBUATAN FILE TOPOGRAFI
FORMAT EKSTENSI TXT

Lampiran 1 Prosedur Pembuatan *File* Topografi Format Ekstensi Txt

Pada Lampiran 1 ini akan dijabarkan cara membuat *file* topografi untuk data masukkan pada *software* I-RIC. Langkah-langkahnya sebagai berikut.

1. Peta situasi hasil survey lapangan dalam format dwg atau dxf dipastikan sudah pada koordinat arah x dan y dengan benar dengan cara memeriksa koordinat pada titik BM pada peta sama dengan koordinat yang tertera pada *file* Autocad.
2. Apabila pada garis kontur di Autocad tidak memiliki data elevasi garis maka perlu dimasukkan secara manual data elevasi garis kontur tersebut. Hal ini dimaksudkan agar *software* dapat membaca koordinat maupun elevasi garis kontur.

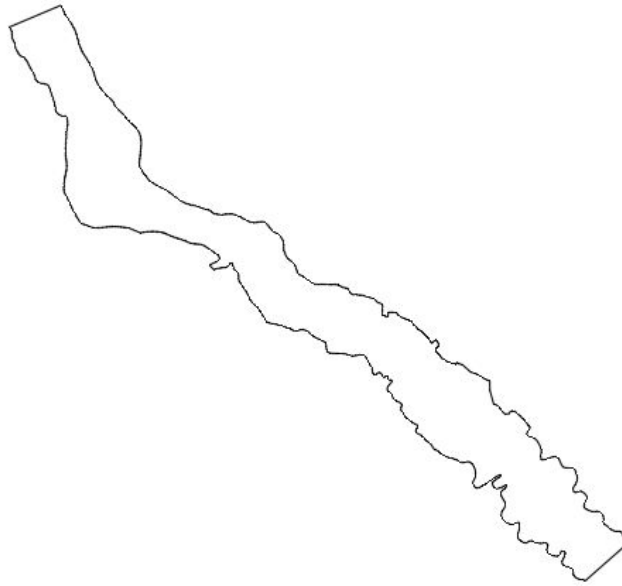


Gambar L-1.1 Input Elevasi Pada Garis Kontur

Untuk memasukkan data elevasi dilakukan dengan cara berikut.

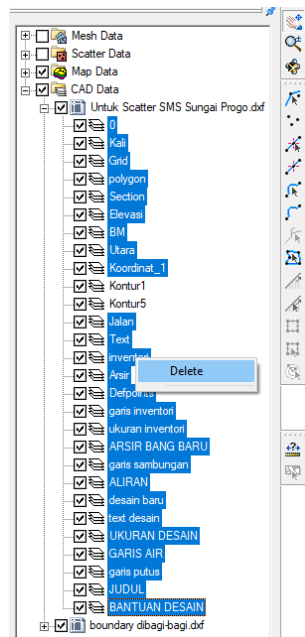
- a. *Block* garis kontur yang akan dimasukkan data elevasinya
- b. Klik kanan, pilih *properties*
- c. Pada bagian *geometry* masukkan data elevasi pada baris *start Z* dan *end Z*.
- d. Lakukan pada semua garis kontur sehingga semuanya memiliki data elevasi.

3. Membuat file Autocad kondisi batas, yaitu batasan daerah yang akan dibuat topografinya biasanya sampai pada garis kontur terakhir hasil survey.



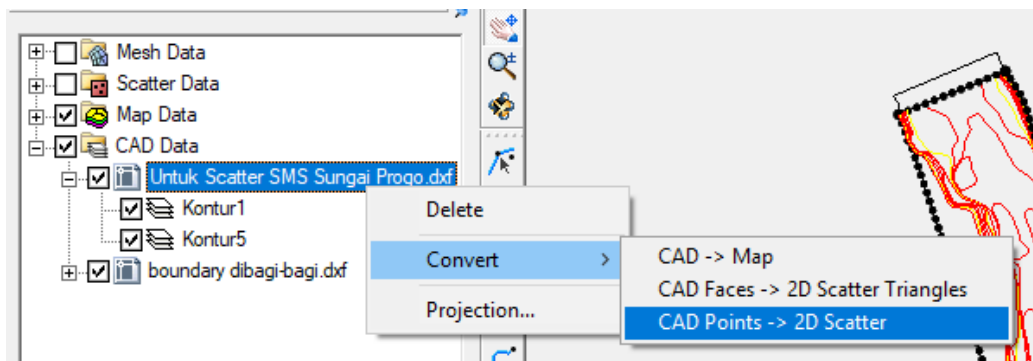
Gambar L-1.2 Kondisi Batas

4. Jalankan *software* SMS dan buka *file* Autocad yang telah dibuat baik *file* topografi maupun kondisi batas.
5. Membuat *scatter* data dari *file* topografi dilakukan dengan cara berikut.
 - a. Pada *project explorer* terdapat sub menu CAD data, hapus selain *layer* kontur pada data layer topografi dengan cara *block layer* yang akan dihapus, klik kanan dan klik *delete*.



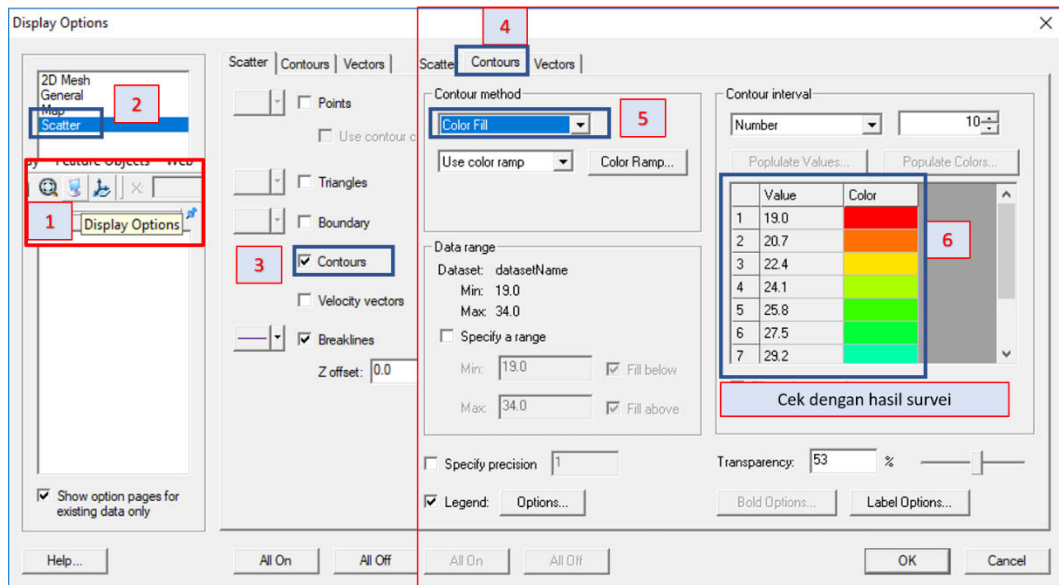
Gambar L-1.3 Delete Layer

- b. Mengubah autocad topografi ke data *scatter* dengan cara klik kanan pada file Autocad topografi di sub menu CAD data, pilih *convert*, pilih CAD *points* -> 2D *scatter*.



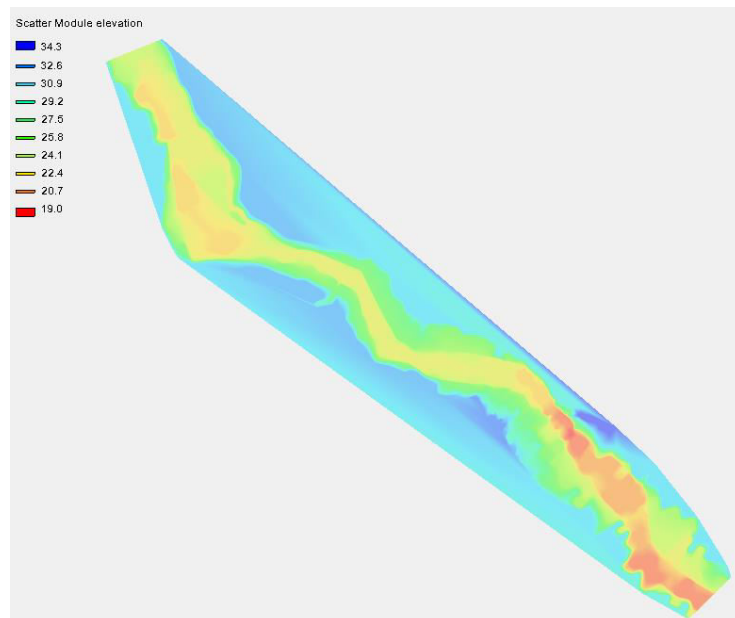
Gambar L-1.4 Convert Topografi Ke Scatter

- c. Memeriksa data elevasi pada *scatter* hasil konversi sudah sesuai dengan data survei dengan cara klik *display options*, pilih *scatter*, centang *contours*, pilih sub menu *contours*, pilih *colour fill* pada *contour method*, dan lakukan cek nilai elevasi pada tabel yang tertera dengan elevasi hasil survei.



Gambar L-1.5 Periksa Elevasi Kontur

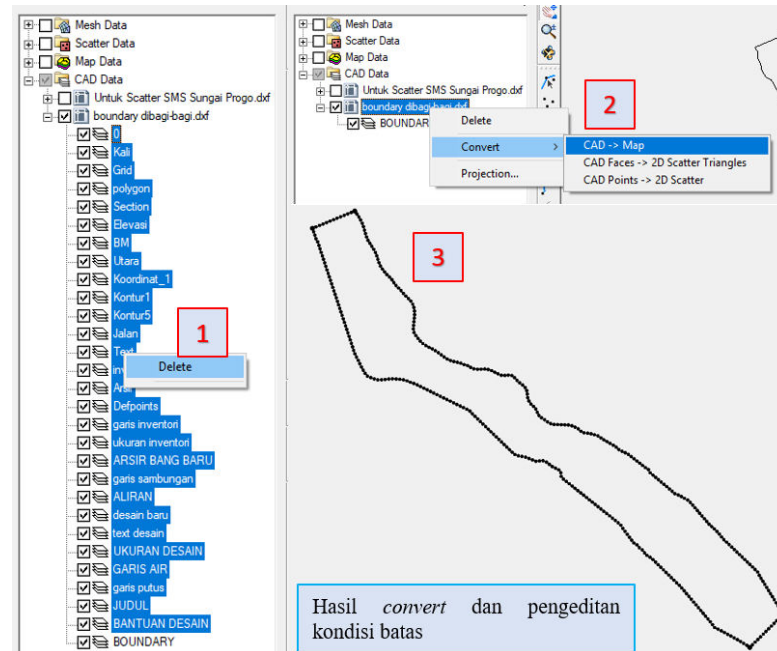
d. Hasil perubahan *file* Autocad topografi ke *scatter data set*



Gambar L-1.6 Scatter Data Set

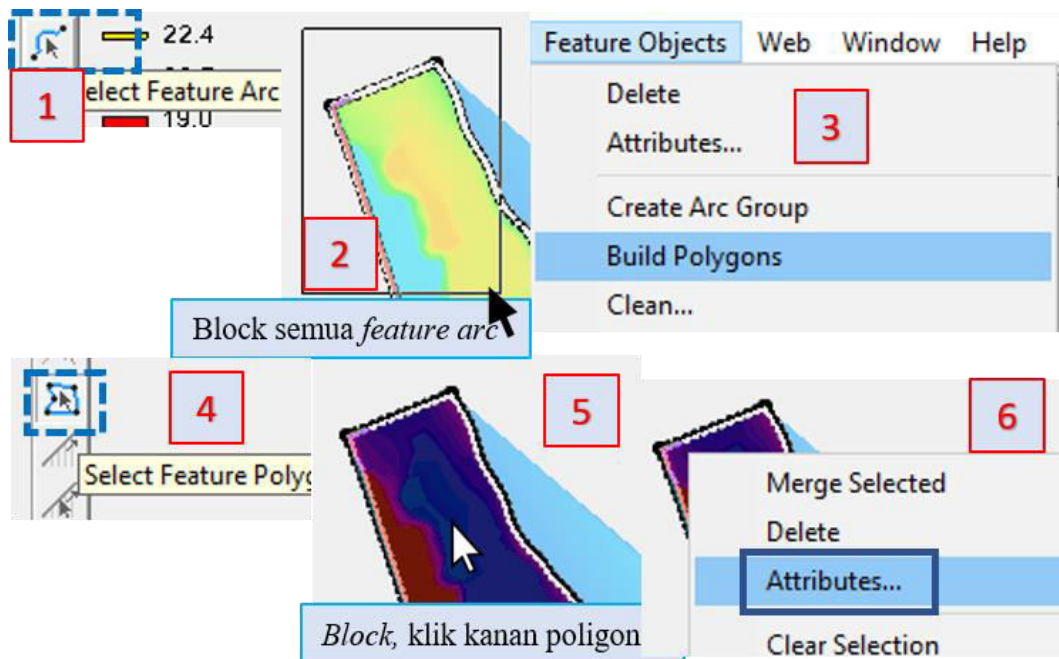
6. Membuat kondisi batas yaitu daerah yang akan diambil koordinat dan elevasinya. Sama seperti poin 5a dan 5b hanya *convert*-nya CAD-> Map. Setelah dikonversi ubah *node* atau *vertices* yang tidak sesuai dan tentukan

kerapatan vertices-nya. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada *Modul SMS Tutorial : Overview*.



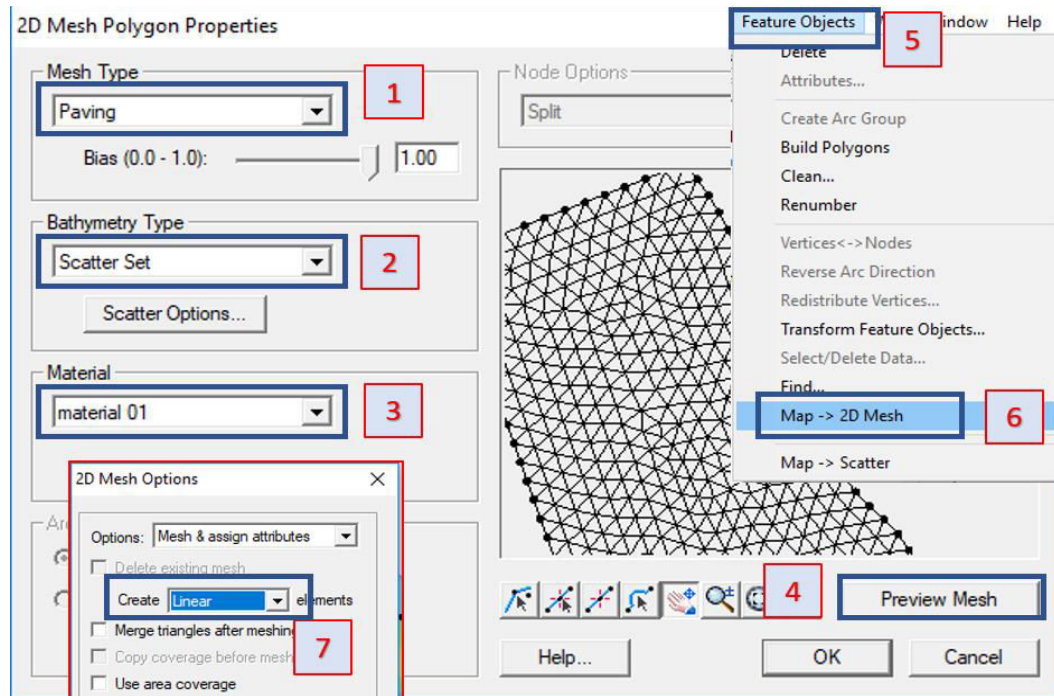
Gambar L-1.7 Kondisi Batas

7. Mengubah kondisi batas (*map data*) dan topografi (*scatter data*) menjadi *mesh data* dengan langkah awal membuat poligon kondisi batas dan menginputkan *attributes mesh* (*Modul SMS Tutorial : Overview*).
 - a. *Block arcs boundary condition* atau garis batas kondisi dengan tool “*select feature arc*”. Dapat juga dengan mem-*block* bagian yang ingin dijadikan poligon saja (lihat Gambar L-1.8).
 - b. Klik *feature objects*, pilih *build polygons*, kemudian pilih tool “*select feature polygons*” dan *block* poligon yang ingin dijadikan *mesh data* lalu klik kanan pilih *attributes* (lihat Gambar L-1.8).



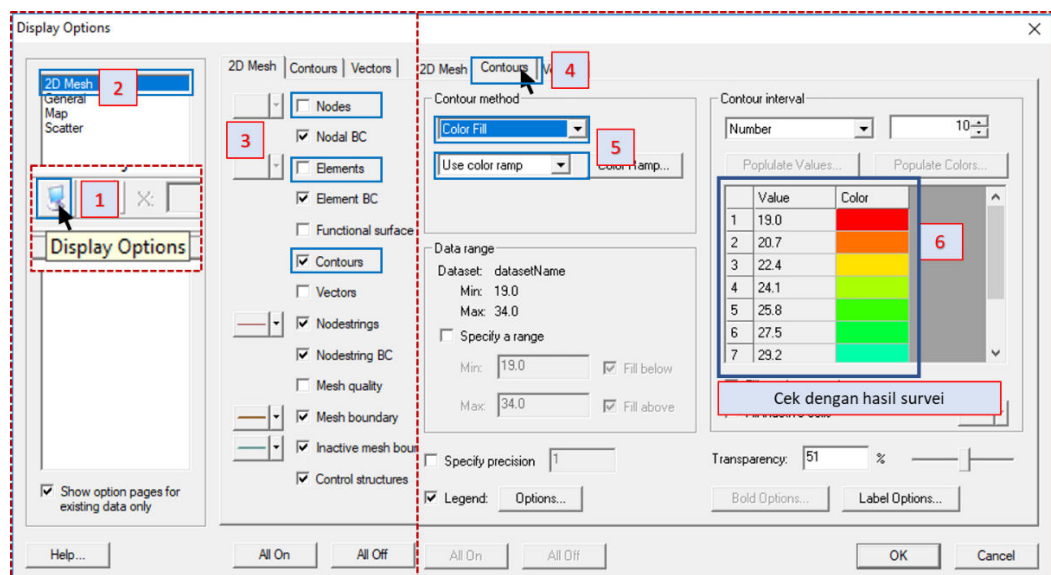
Gambar L-1.8 Membuat Mesh

- c. Kemudian akan muncul jendela *2D mesh polygon properties*. Pilih *mesh type* adalah *paving* dan kedalaman sungai yang dipakai atau *bathymetry type* yaitu *scatter set* yang telah dibuat dan *material type* pilih material 01 atau sesuai yang telah dibuat. Kemudian klik *preview* untuk melihat hasil *mesh* (lihat Gambar L-1.9).
- d. Mengubah *map data* menjadi *mesh data* dengan cara pilih menu *feature objects* dan klik *map -> 2D mesh*. Lalu, pilih create “*linear*” *elements* pada jendela *2D mesh options* dan klik ok (lihat Gambar L-1.9).



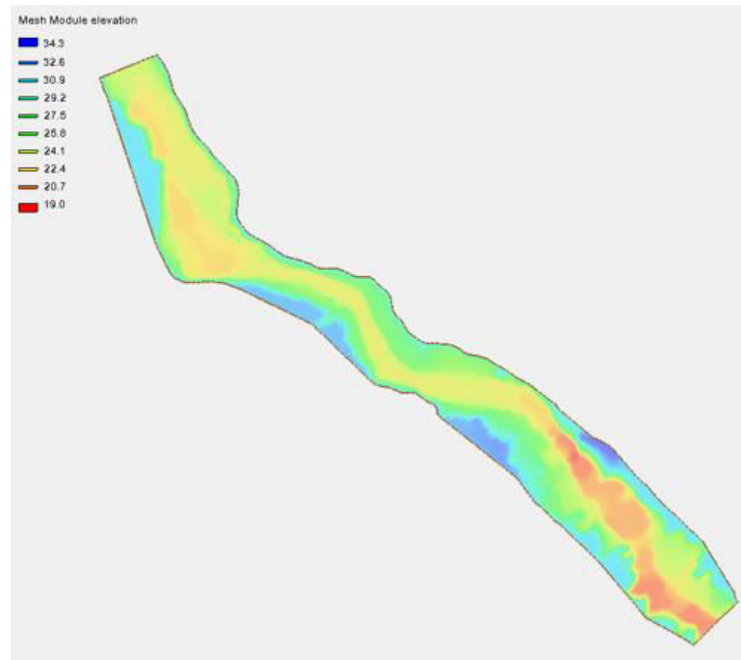
Gambar L-1.9 Membuat Mesh (Lanjutan)

- e. Melakukan pengaturan tampilan *mesh data* dan memeriksa elevasinya apakah sesuai dengan hasil survei dilakukan dengan cara klik *display options* pilih *2D mesh*, centang *contours*, *nodes* dan *elements* tidak dicentang agar garis-garis *paving mesh type* tidak terlihat. Klik *tab contours*, pilih *colour fill* dan *use colour ramp* kemudian periksa elevasi pada *mesh* sama tidaknya dengan hasil survei (lihat Gambar L-1.10).



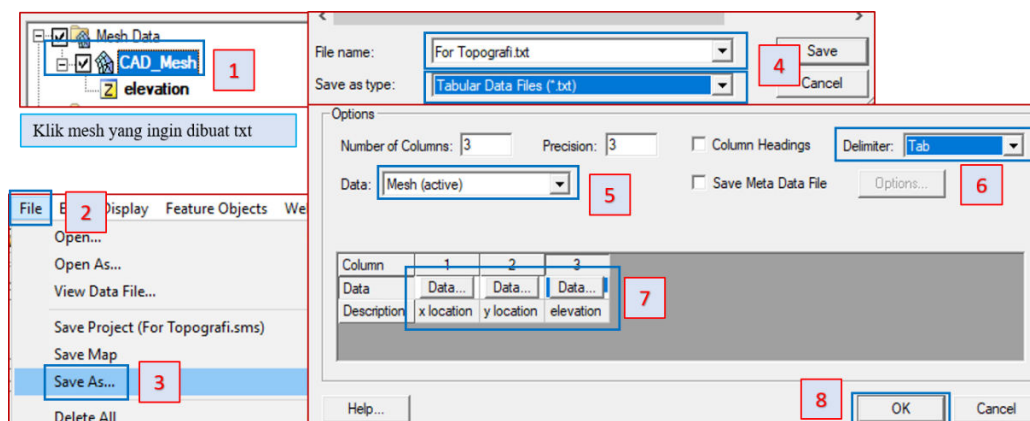
Gambar L-1.10 Pengaturan Mesh dan Periksa Elevasi

- f. Hasil *meshing* ditunjukkan Gambar L-1.11 yaitu topografi pemodelan sungai yang akan disimulasikan.



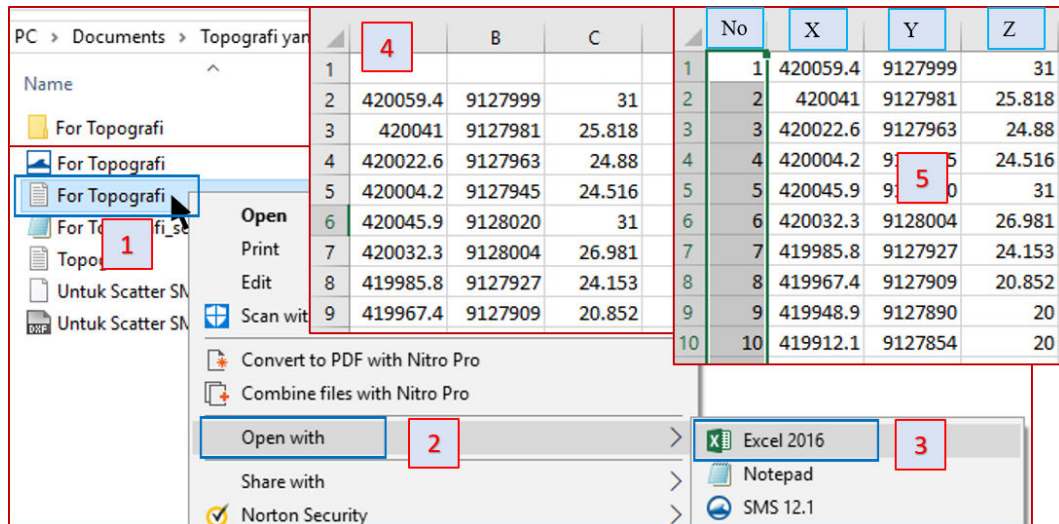
Gambar L-1.11 Topografi Hasil *Meshing*

8. Membuat *file* topografi dengan format txt dari *software* SMS dengan cara
- Klik *mesh data* yang akan dibuat *file* txt-nya, pilih menu *file* dan klik *save as* kemudian pilih lokasi menyimpan *file* txt di komputer dan beri nama *file* serta *save as type*: dipilih “*tabular data files (*.txt)*”, klik *save*.
 - Ubah *data* menjadi *mesh (active)* dan klik data pada kolom 1 pilih *x location*, kolom 2 pilih *y location* dan kolom 3 pilih *elevation*. Pilih *delimiter* yang digunakan *tab* (lihat Gambar L-1.12).



Gambar L-1.12 Membuat *File* Txt Topografi

9. Membuat *file* topografi format *txt* agar dapat dibaca pada *software* I-RIC.
- a. Klik kanan *file* *txt* topografi yang telah dibuat, pilih *open with* dan buka menggunakan program Excel. Kemudian beri tambahan kolom baru didepan kolom XYZ yaitu kolom berisi nomor urut data sesuai pada Gambar L-1.13.



Gambar L-1.13 Membuat *File* Txt Topografi (Lanjutan)

- b. *Save file* koordinat topografi tersebut dan data siap digunakan untuk simulasi.

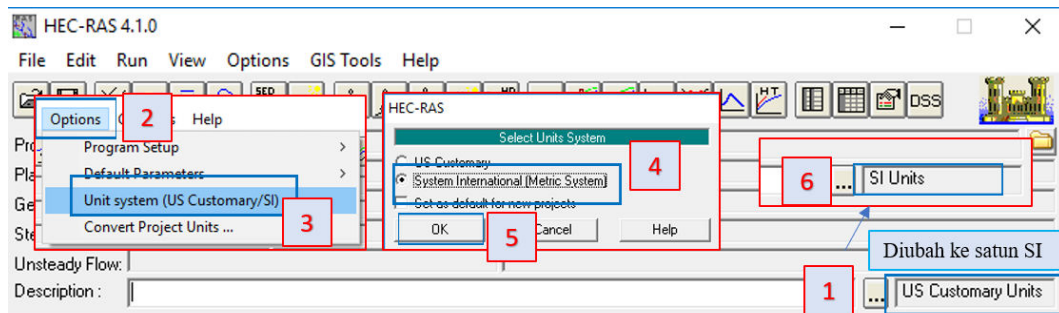
LAMPIRAN 2

PROSEDUR SIMULASI ELEVASI MUKA AIR
HILIR PEMODELAN DENGAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE* HEC-RAS

Lampiran 2 Prosedur Simulasi Elevasi Muka Air Hilir Pemodelan Menggunakan *Software* HEC-RAS

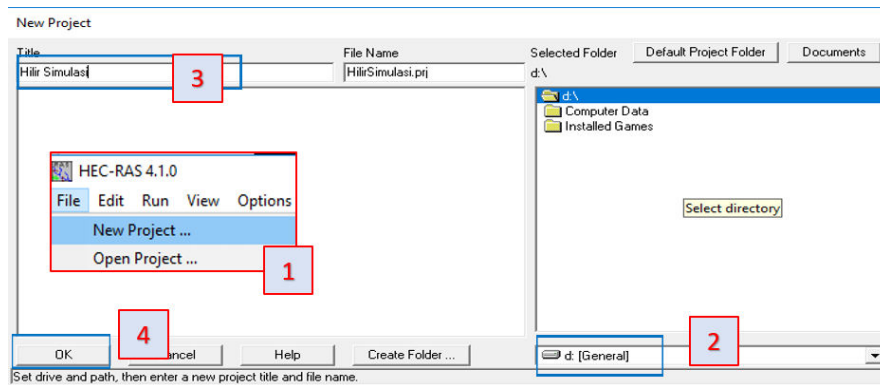
Pada hilir pemodelan tidak tersedia elevasi muka air sehingga untuk mendapatkan elevasi muka air sebagai kondisi batas selama simulasi di Penggal Sungai Progo sekitar *Intake* Kamijoro menggunakan bantuan *software* HEC-RAS dengan simulasi *steady flow*. Untuk lebih jelas dalam mengambil parameter simulasi *software* HEC-RAS dapat dilihat pada Modul Pelatihan Simulasi 1D : *Simple Geometry River* (Istiarto, 2014). Simulasi untuk mendapat elevasi muka air hilir dilakukan dua kali yaitu pada debit bulan basah dan bulan kering tetapi langkah-langkah simulasi tetap sama. Berikut akan dipaparkan langkah-langkah simulasi untuk mendapatkan elevasi muka air hilir.

1. Mempersiapkan *file* HEC-RAS untuk simulasi Penggal Sungai Progo
 - a. Ubah satuan dari *US customary units* ke *SI units* dengan cara klik *options*, pilih *unit system (US customary/SI)*. Lalu, pilih *system international (metric system)* dan klik ok.



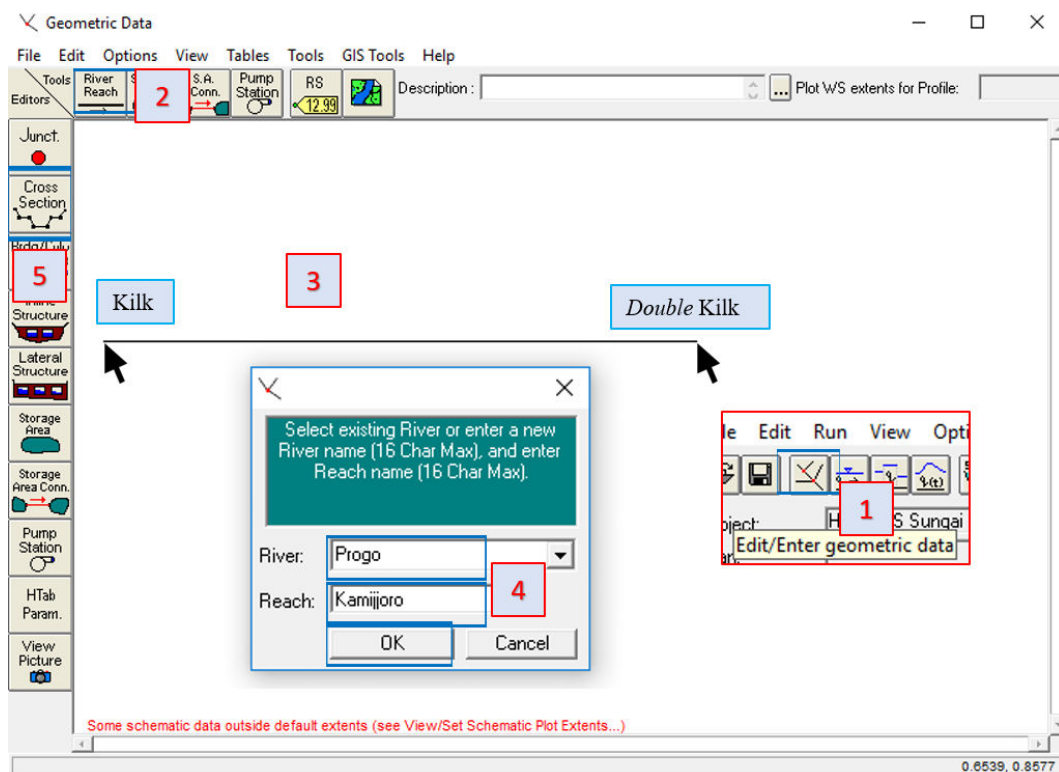
Gambar L-2.1 Mengubah Satuan Menjadi SI di HEC-RAS

- b. Membuat *project file* HEC-RAS dengan cara klik menu *file* pilih *new project*, pilih tempat penyimpanan *file* HEC-RAS dan beri nama *file* pada kotak *title* kemudian klik ok.



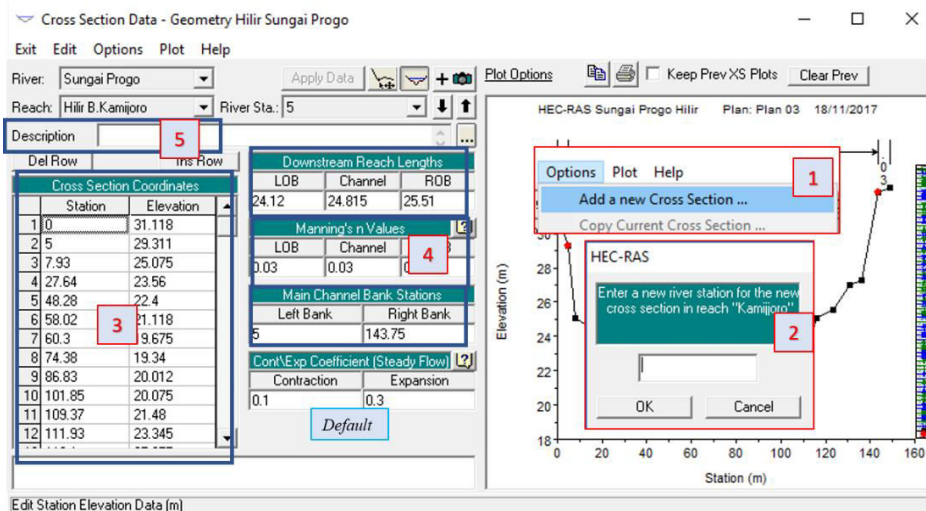
Gambar L-2.2 Membuat File HEC-RAS Untuk Simulasi

2. Memasukkan data geometri Penggal Sungai Progo. Pada kasus ini masukkan geometri ada dua *river reach* dan *cross section*.
 - a. Memasukkan model *river reach* (model sungai) dengan cara klik *edit / enter geometric data* dan klik *river reach*. Lalu, buat garis model sungai dengan cara klik pada *display* HEC-RAS dan klik dua kali untuk mengakhiri garis (garis *river reach* dibuat dari hulu ke hilir). Kemudian akan muncul jendela untuk memberikan nama sungai (*river*) dan *reach* lalu klik ok.

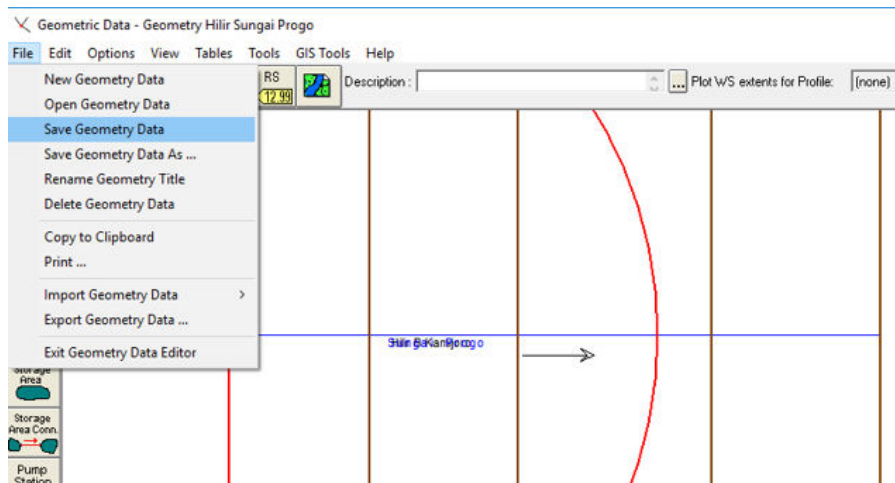


Gambar L-2.3 Input Pemodelan Sungai (River Reach) di HEC-RAS

- b. Memasukkan data potongan melintang model penggal Sungai Progo atau di HEC-RAS dinamakan *station* dengan cara klik *cross section*, klik menu *options* dan pilih *add a new cross section* kemudian akan muncul jendela penomoran *station* masukan angka nomor urutnya. Selanjutnya, masukkan data *station* (x) dan elevasi (y) potongan melintang pemodelan sungai dan masukan pula parameter lainnya seperti *reach length*, koefisien Manning dan jarak arah x tanggul kiri dan kanan potongan melintang. Perlu diingat memasukkan data *cross section* dimulai dari hilir ke hulu. Modul Pelatihan Simulasi 1D : *Simple Geometry River* (Istiarto, 2014)
- c. *Save file* geometri HEC-RAS, pilih *file save geometry data*.

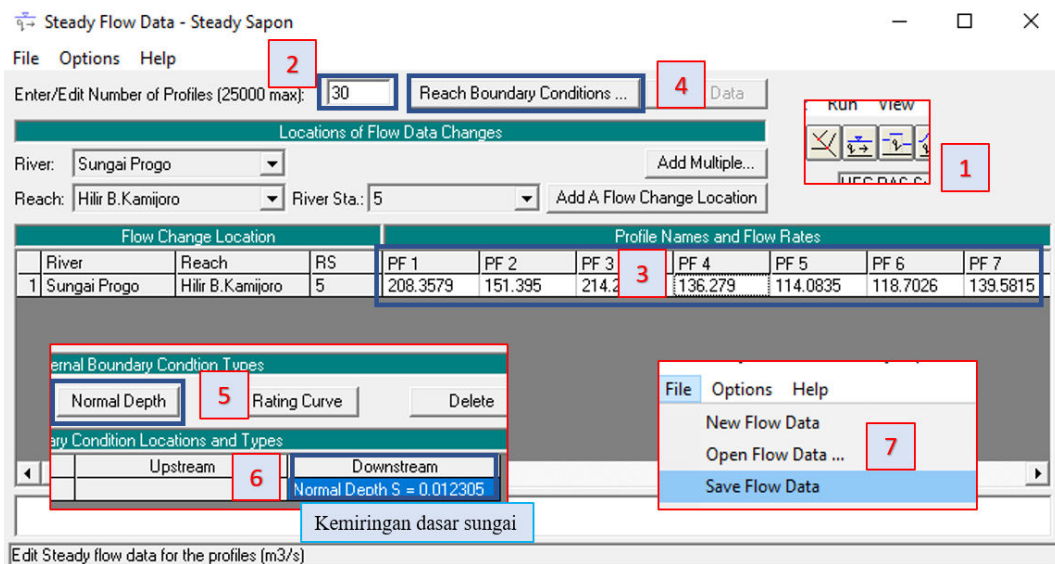


Gambar L-2.4 Input Parameter Potongan Melintang (Station)



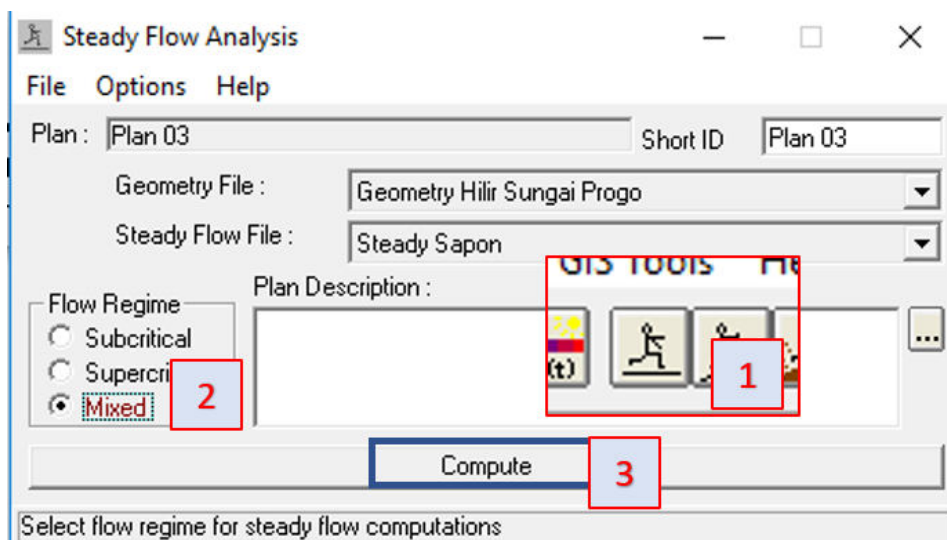
Gambar L-2.5 Simpan Geometry Data

3. Memasukkan kondisi batas untuk simulasi steady flow berupa debit dan kemiringan sungai. Pertama klik *icon steady flow* lalu masukkan *number of profiles* yaitu jumlah data debit yang akan dimasukkan dan masukkan data debit pada kolom PF secara berurutan. Kemudian klik *rech boundary conditions*, pilih *normal depth* dan klik kolom *downstream* lalu masukkan kemiringan sungai. Simpan kondisi batas *steady flow* dengan klik menu *file* dan pilih *save flow data*.



Gambar L-2.6 *Input Kondisi Batas Simulasi Steady Flow*

4. Melakukan simulasi aliran untuk mendapatkan kemiringan energi aliran model penggal Sungai Progo. Klik *run steady flow*, pilih *mixed* kemudian *computed*.



Gambar L-2.7 *Simulasi Steady Flow*

5. Memeriksa kemiringan energi aliran dengan cara klik *view summary output table by profiles*. Nilai *E.G. Slope* ialah kemiringan energi aliran, nilai ini dirata-rata untuk mendapatkan kemiringan energi baru sebagai *input* data kondisi batas *steady flow* dalam simulasi elevasi muka air hilir dengan HEC-RAS.

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: Sungai Progo Reach: Hilir B. Kamijoro Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)
Hilir B. Kamijoro	5	PF 1		23.08	0.000412	1.19	175.30	74.0E
Hilir B. Kamijoro	5	PF 2		22.70	0.000321	1.01	149.96	67.1E
Hilir B. Kamijoro	5	PF 3		23.12	0.000419		177.89	74.7E
Hilir B. Kamijoro	5	PF 4		22.59	0.000292		143.11	65.2C
Hilir B. Kamijoro	5	PF 5		22.48	0.000246			24
Hilir B. Kamijoro	5	PF 6		22.46	0.000256			77
Hilir B. Kamijoro	5	PF 7		22.62	0.000299			64

Slope of the energy grade line at a cross section.

Gambar L-2.8 Kemiringan Energi Aliran Hasil Simulasi

6. Memasukkan kemiringan energi aliran yang baru hasil rerata dari *running* sebelumnya. Klik *icon steady flow* dan pilih *reach boundary conditions*. Lalu klik kolom *downstream* kemudian isikan kemiringan energi aliran rerata .

Steady Flow Data - Steady Sapon

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (25000 max): 30 Reach Boundary Conditions ... Data

Locations of Flow Data Changes

River: Sungai Progo Add Multiple...

Reach: Hilir B. Kamijoro River Sta.: 5 Add A Flow Change Location

Flow Change Location	Profile Names and Flow Rates											
<table border="1"> <tr> <th>River</th> <th>Reach</th> <th>R</th> <th>Boundary Condition Types</th> <th>Flow Rates</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Sungai Progo</td> <td>Hilir B. Kamijoro</td> <td>5</td> <td>Normal Depth Rating Curve Delete</td> <td>0835 PF 6 PF 7</td> </tr> </table>	River	Reach	R	Boundary Condition Types	Flow Rates	1	Sungai Progo	Hilir B. Kamijoro	5	Normal Depth Rating Curve Delete	0835 PF 6 PF 7	
River	Reach	R	Boundary Condition Types	Flow Rates								
1	Sungai Progo	Hilir B. Kamijoro	5	Normal Depth Rating Curve Delete	0835 PF 6 PF 7							

HEC-RAS

Enter the downstream slope for normal depth computation for reach: Hilir B. Kamijoro for all profiles.

Downstream
Depth S = 3.970307E-03

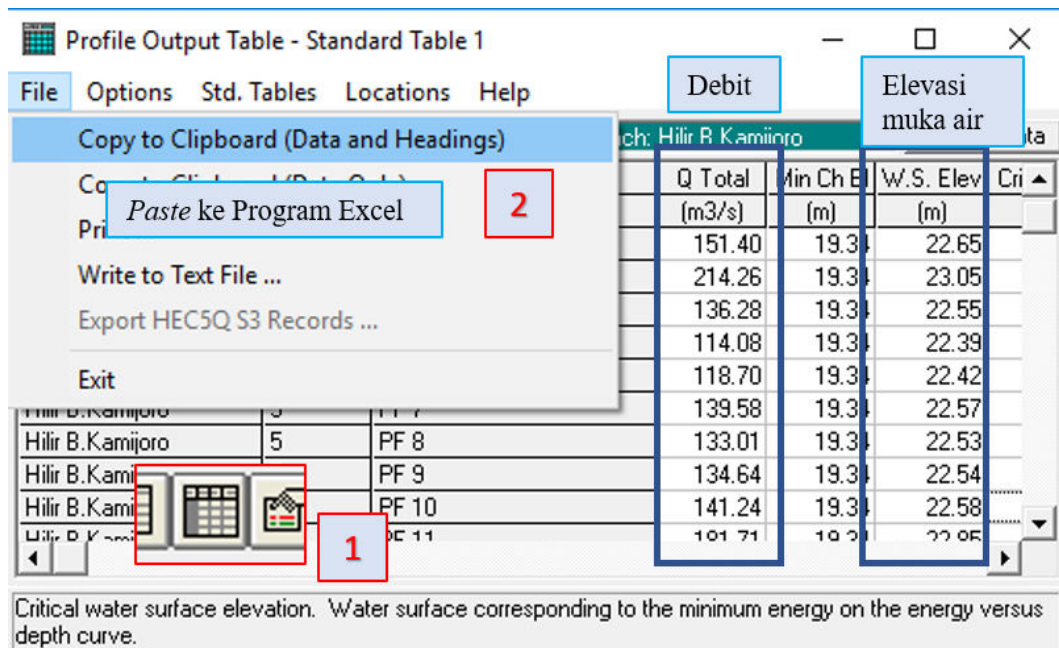
Kemiringan Energi Dirata-rata 3.970307E-03

OK Cancel

Edit Steady flow data for the profiles (m³/s)

Gambar L-2.9 Input Kemiringan Energi Baru

7. *Running* kembali simulasi sesuai langkah empat (4).
8. Merekap data debit dan elevasi muka air hasil simulasi HEC-RAS. klik *view summary output table by profiles* dan klik menu *file* lalu pilih *copy to clipboard (data and headings)*. Data ini telah tersalin kemudian *paste* ke program Excel untuk dilakukan penyaringan data sehingga didapat data debit dan elevasi pada bulan basah dan bulan kering seperti pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, dan Tabel 4.4.



Gambar L-2.10 Hasil Simulasi HEC-RAS

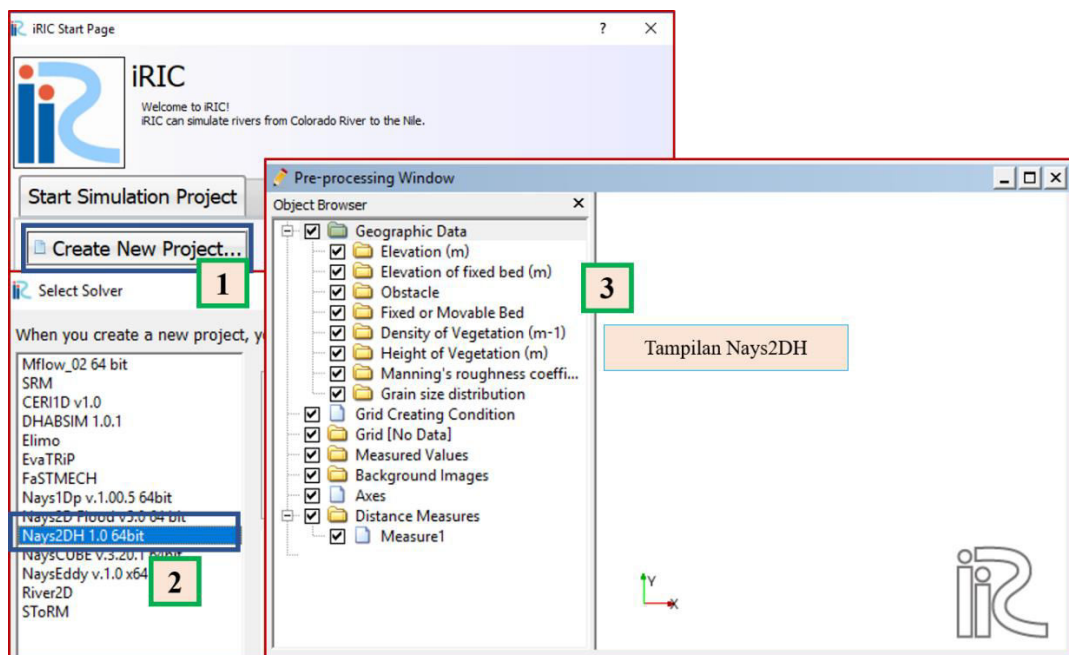
LAMPIRAN 3

PROSEDUR SIMULASI NAYS2DH DENGAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE* I-RIC

Lampiran 2 Prosedur Simulasi Nays2DH Dengan Menggunakan Software I-RIC

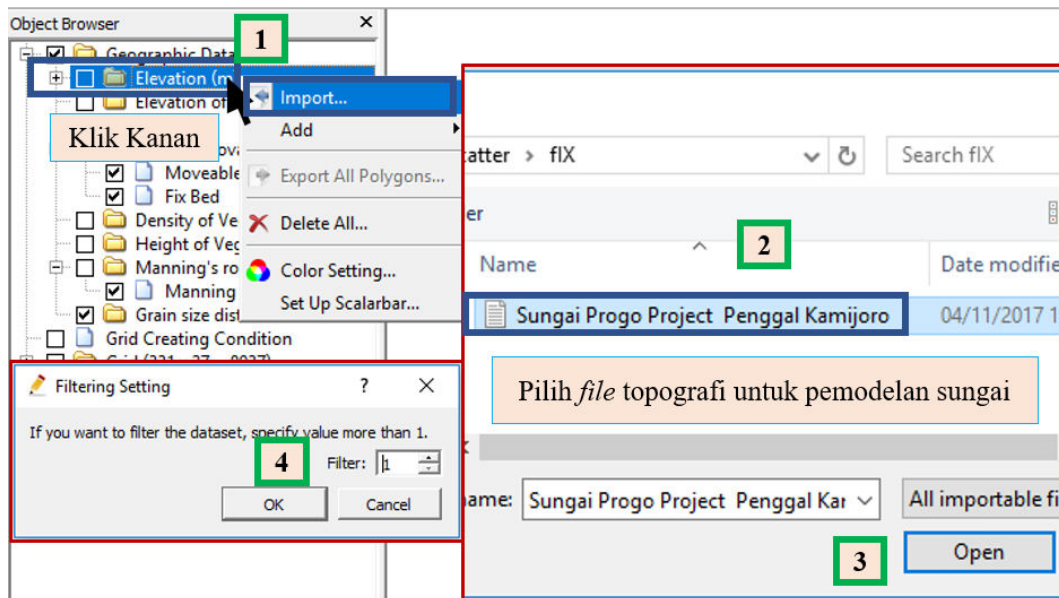
Prosedur secara umum penggunaan modul Nays2DH pada I-RIC terdapat dalam *Nays2DH Solver Manual* (2014) dan *Nays2DH Examples* (2013). Berikut akan dipaparkan langkah-langkah dalam simulasi pola aliran dan transpor sedimen penggal Sungai Progo yang dilakukan.

1. Menjalankan *software* I-RIC, klik *create new project*, Pilih modul Nays2DH 1.0 64 bit.



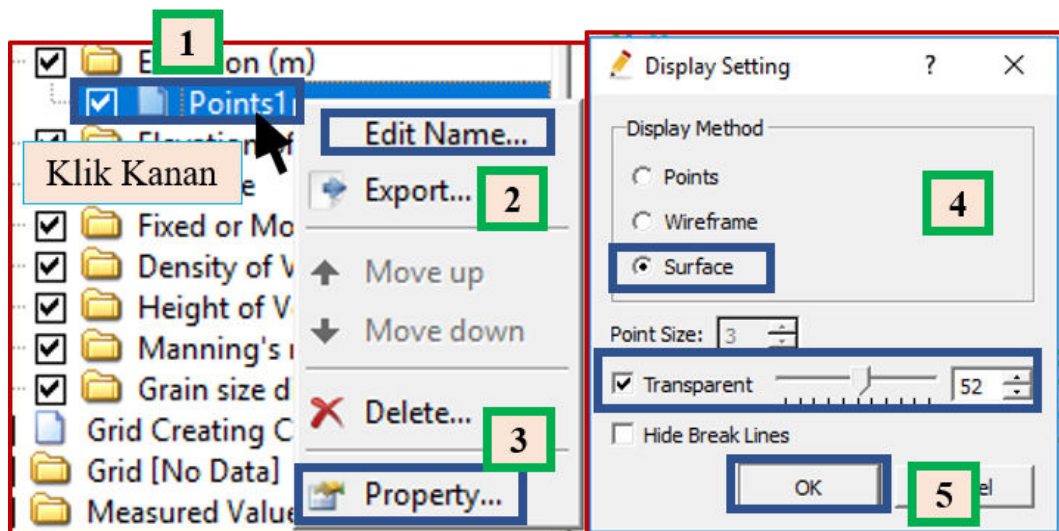
Gambar L-3.1 Membuka Modul Nays2DH

2. Memasukkan data topografi penggal Sungai Progo dengan cara klik kanan pada sub menu *elevation (m)*, pilih *import* kemudian pilih file topografi yang telah disiapkan (sesuai Lampiran 1). Klik *open* dan klik ok pada jendela yang tampil.



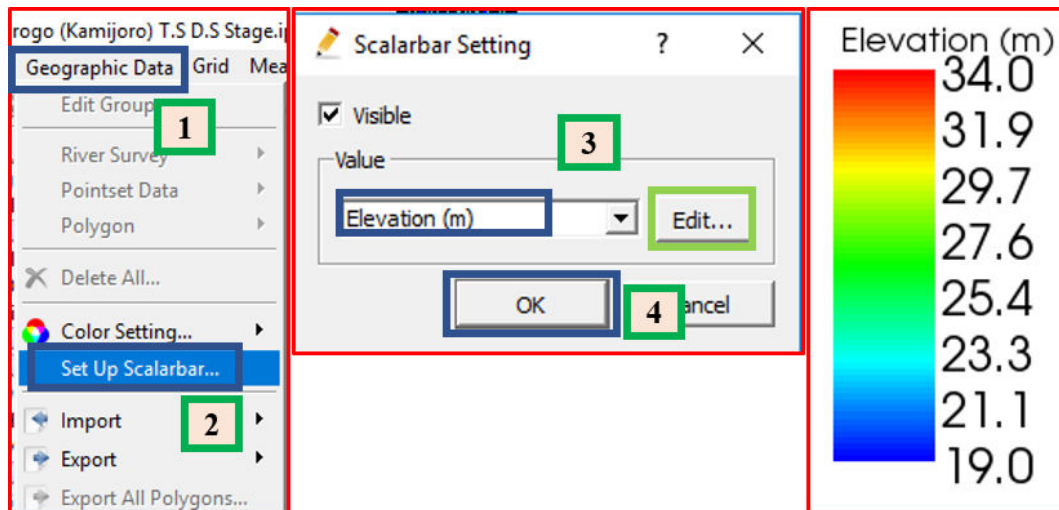
Gambar L-3.2 Input Data Topografi Penggal Sungai Progo

3. Mengubah tampilan topografi Penggal Sungai Progo yang telah dimasukkan.
 - a. Mengubah nama dengan klik kanan pada *file* topografi yang dimasukkan, pilih *edit name* dan buat nama “topografi”.
 - b. Mengubah tampilan topografi menjadi ketinggian berdasarkan warna permukaan dengan klik kanan pada *file* topografi, pilih properti dan pilih *surface* pada jendela *display setting* kemudian atur transparansi kontur topografi.



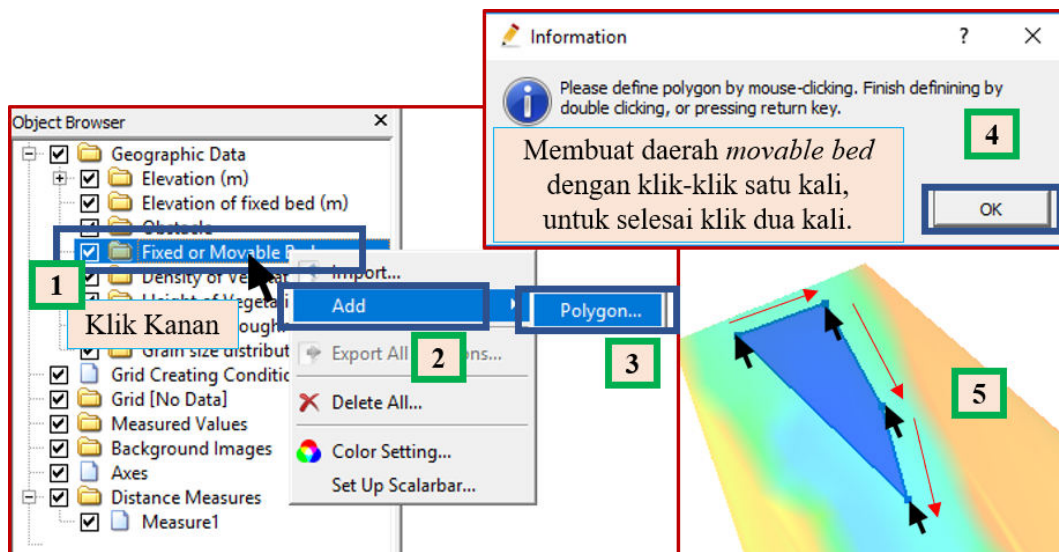
Gambar L-3.3 Pengaturan Tampilan Topografi

- c. Menampilkan legenda topografi sekaligus untuk memeriksa hasil masukkan data topografi dengan cara klik menu *geographic data*, pilih *set up scalarbar*. Pada jendela *scalarbar setting* pilih *elevation (m)*, jika ingin mengubah pengaturan legenda klik *edit*. Selanjutnya pilih ok.



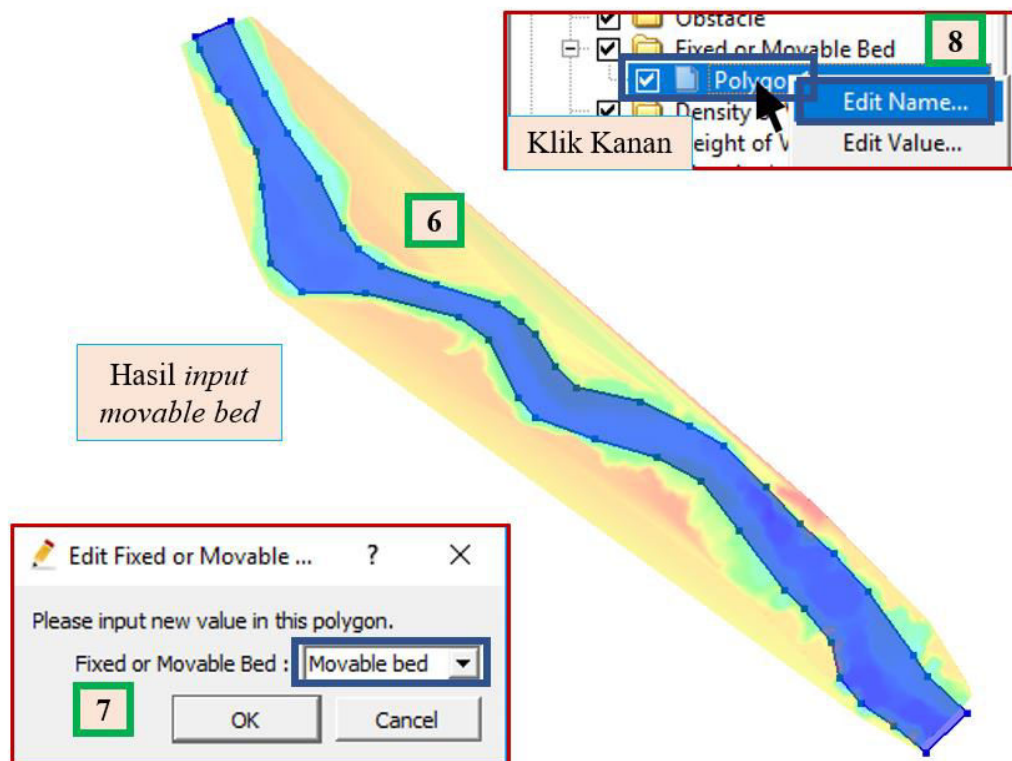
Gambar L-3.4 Pengaturan Tampilan Topografi (Lanjutan)

4. Membuat poligon atau area *movable load* yaitu area dimana partikel dasar sungai dapat berpindah akibat proses transpor sedimen. Pada sub menu *fixed or movable bed* klik kanan, pilih *add* dan pilih *polygon*. Kemudian akan tampil jendela informasi yang memberitahu cara membuat poligon *movable bed*.



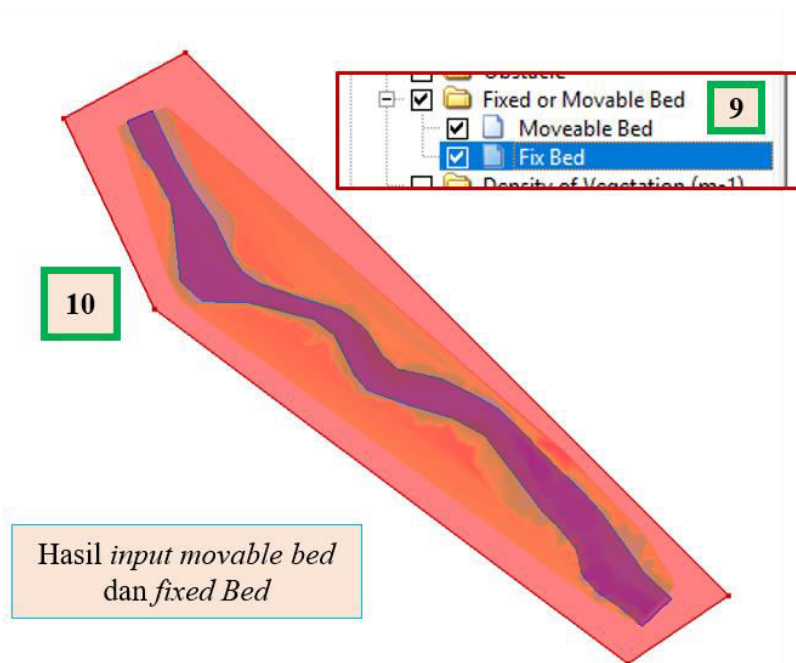
Gambar L-3.5 Membuat Poligon Atau Area Movable Bed

5. Setelah membuat poligon *movable bed* klik dua kali atau tekan *enter* untuk selesai. Kemudian akan tampil jendela *edit fixed or movable*, pilih *movable bed*. Lalu, mengubah nama poligon menjadi “*movable bed*” dengan cara klik kanan dan pilih *edit name*.



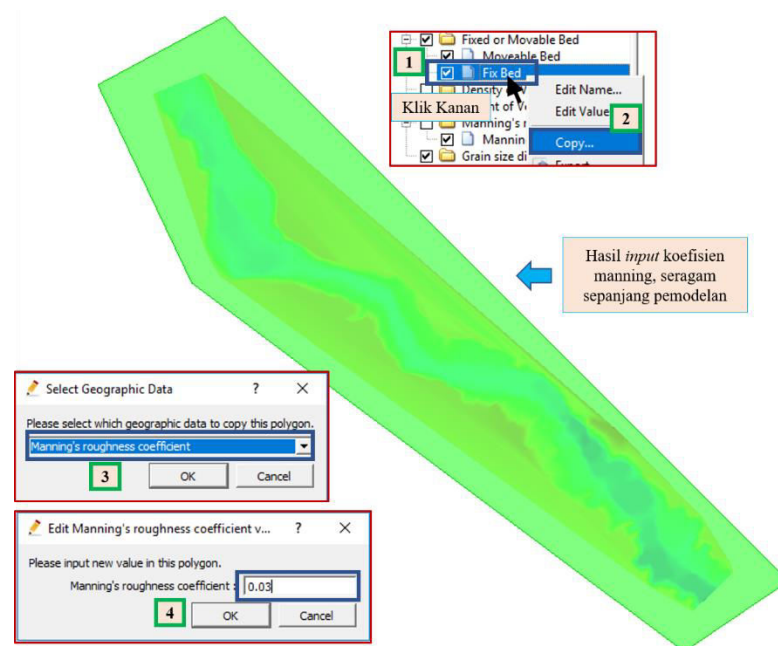
Gambar L-3.6 Membuat Poligon Atau Area *Movable Bed* (Lanjutan)

6. Membuat poligon atau area *fixed bed* yaitu area pemodelan yang tidak terjadi deformasi topografi. Prosedur yang digunakan seperti poin 4 dan 5, hanya dibagian daerah poligon berbeda dan jendela *edit fixed or movable* dipilih *fixed bed*.



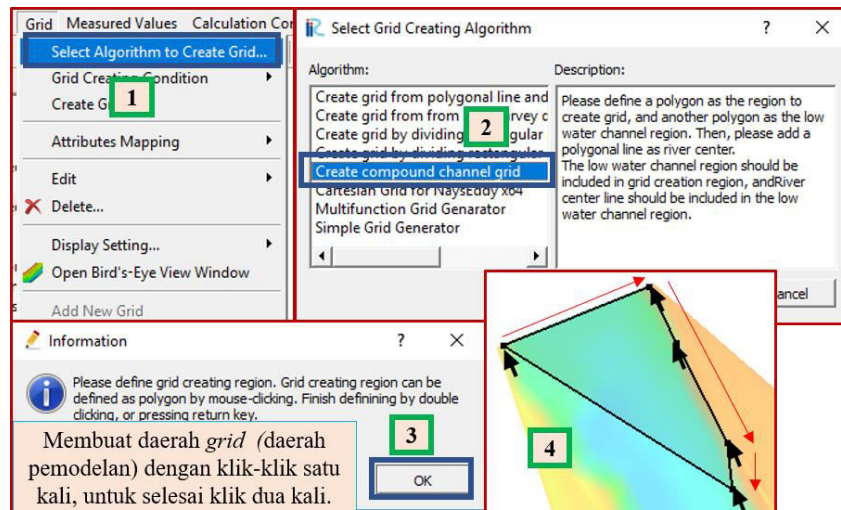
Gambar L-3.7 Membuat Poligon Atau Area *Fixed Bed*

7. Membuat poligon atau area koefisien Manning. Sesuai Subbab 4.2 koefisien manning dibuat seragam diseluruh daerah pemodelan sehingga areanya sama seperti area *fixed bed*, maka hanya perlu menyalin dari area *fixed bed*. Klik kanan sub *fixed bed*, pilih *copy* dan pada jendela yang tampil pilih *Manning roughness coefficient*. Masukkan nilainya 0.03.



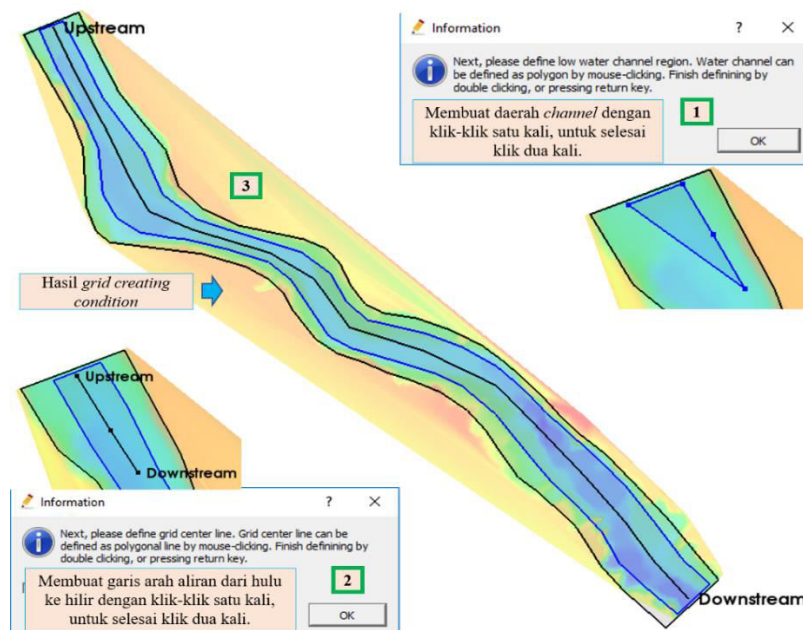
Gambar L-3.8 Membuat Poligon Atau Area Koefisien Manning

8. Membuat daerah batas pemodelan atau pada I-RIC disebut *grid condition*. Klik menu *grid*, pilih *grid algorithm to create grid* dan pilih *create compound channel grid*. Maka akan tampil jendela informasi untuk membuat daerah kondisi batas yang dimodelkan.



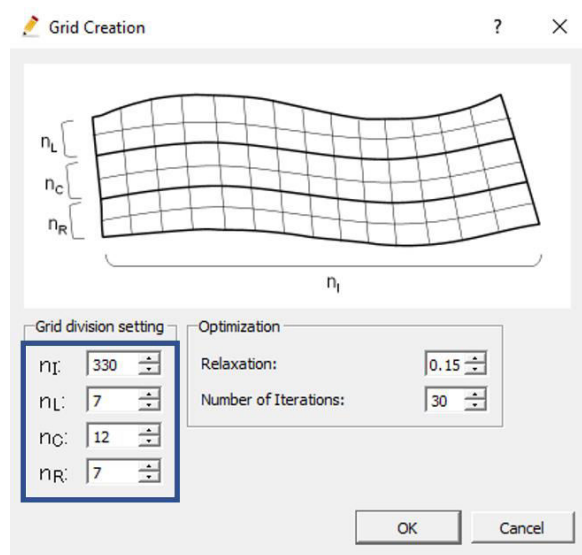
Gambar L-3.9 Membuat Daerah Batas Pemodelan

9. Saat selesai membuat batas pemodelan maka akan tampil kembali jendela informasi untuk membuat daerah *channel* yaitu bagian yang akan dialiri air sungai meskipun saat elevasi muka air rendah. Selanjutnya membuat garis arah aliran dimulai dari hulu ke hilir pemodelan.



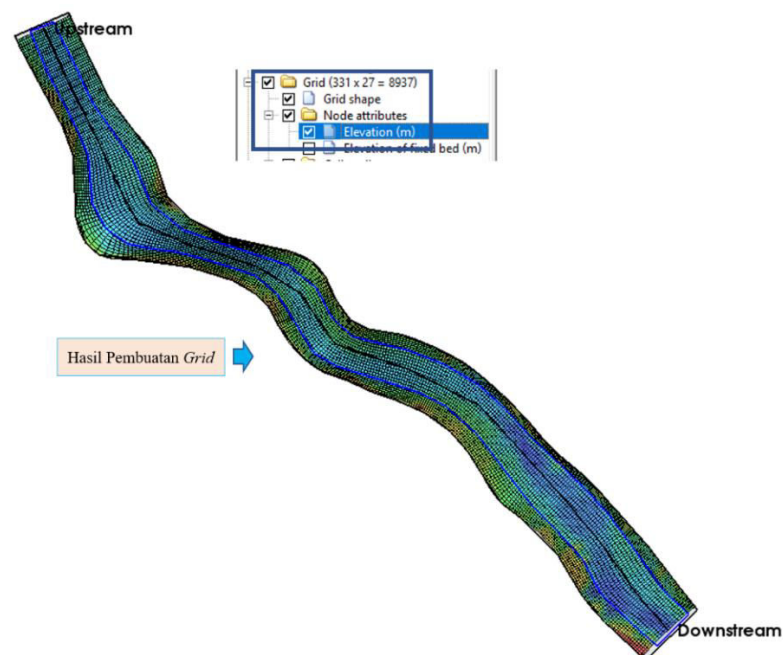
Gambar L-3.10 Membuat Daerah Batas Pemodelan (Lanjutan)

10. Memasukkan jumlah *grid* untuk pemodelan seperti pada Gambar L-3.11. Perlu diingat *grid* mempengaruhi hasil simulasi, semakin renggang *grid* maka akan semakin cepat proses *running* akan tetapi semakin tidak presisi hasil perhitungan dan sebaliknya.



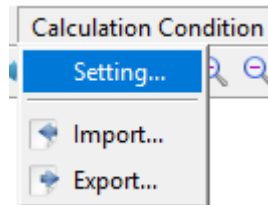
Gambar L-3.11 Memasukkan Jumlah *Grid* Untuk Pemodelan

11. Menampilkan warna kontur pada daerah penggal Sungai Progo yang dimodelkan dengan cara centang sub menu *node attributes* dan *elevation (m)* pada *object browser*.

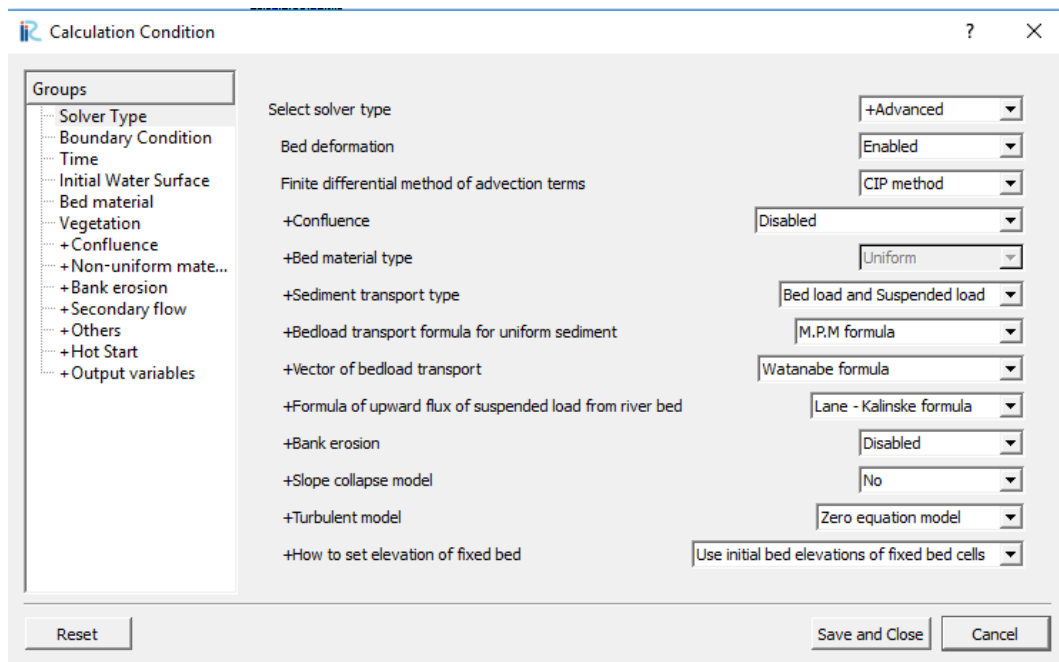


Gambar L-3.12 Hasil Pembuatan *Grid* Pemodelan

12. Memasukkan kondisi batas perhitungan yaitu parameter-parameter yang digunakan selama simulasi pemodelan sesuai dengan Subbab 4.4.1. klik menu *calculation condition* dan pilih *setting*. Gambar L-3.14 sampai Gambar L-3.20 merupakan kondisi batas perhitungan sesuai yang dipapakan Subbab 4.4.1 sebelumnya.



Gambar L-3.13 *Calculation Condition*



Gambar L-3.14 *Calculation Condition : Solver Type*

Calculation Condition

Groups

- Solver Type
- Boundary Condition**
- Time
- Initial Water Surface
- Bed material
- Vegetation
- + Confluence
- + Non-uniform mate...
- + Bank erosion
- + Secondary flow
- + Others
- + Hot Start
- + Output variables

Periodic boundary condition: Disabled

Water surface at downstream: Given from time series data

Constant value (m): 0

Slope for uniform flow: Calculated from geographic data

Slope value at downstream: 0.001

Velocity at upstream: Uniform flow

Slope for uniform flow: Calculated from geographic data

Slope value at upstream: 0.001

+Slope value of tributary channel: 0.001

Time unit of discharge/water surface file: Hour

Time series of discharge at upstream and water level at downstream: Edit

+Discharge time series of tributary channel: Edit

+Change the supply rate of sediment from the upstream boundary: No

+The ratio of supplied sediment transport to an equilibrium sediment transport (%): 100

Reset Save and Close Cancel

Gambar L-3.15 *Calculation Condition : Boundary Condition*

Calculation Condition

Groups

- Solver Type
- Boundary Condition
- Time**
- Initial Water Surface
- Bed material
- Vegetation
- + Confluence
- + Non-uniform material
- + Bank erosion
- + Secondary flow
- + Others
- + Hot Start
- + Output variables

Output time interval (sec): 3600

Calculation time step (sec): 0.1

Start time of output (sec): 0

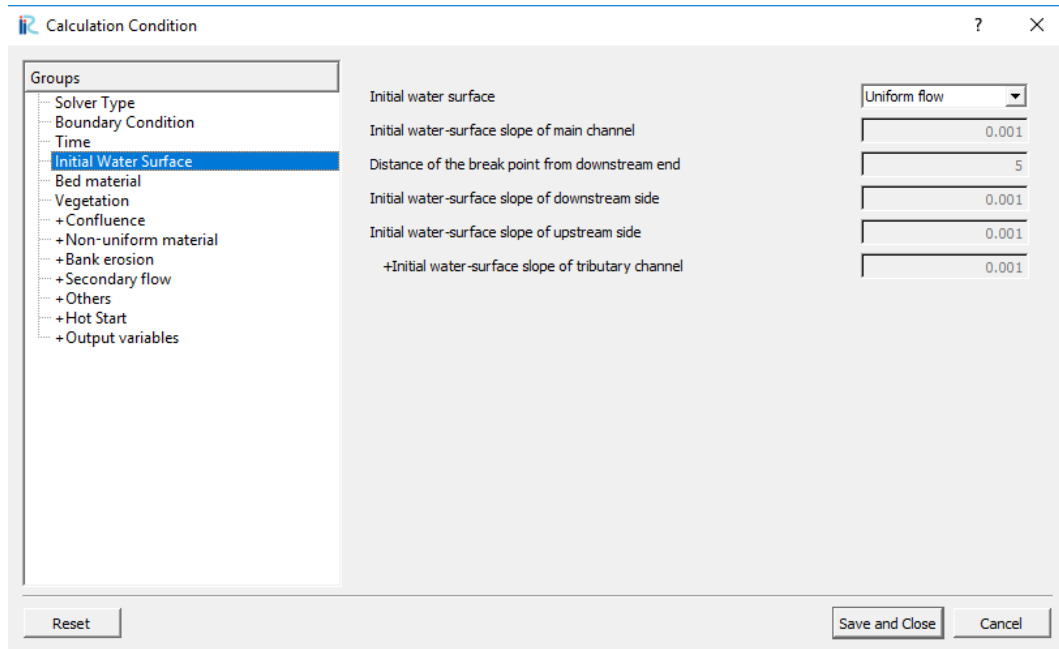
Start Time of bed deformation (sec)
[Negative is no bed deformation]: 86400

Maximum number of iterations of water surface calculation: 10

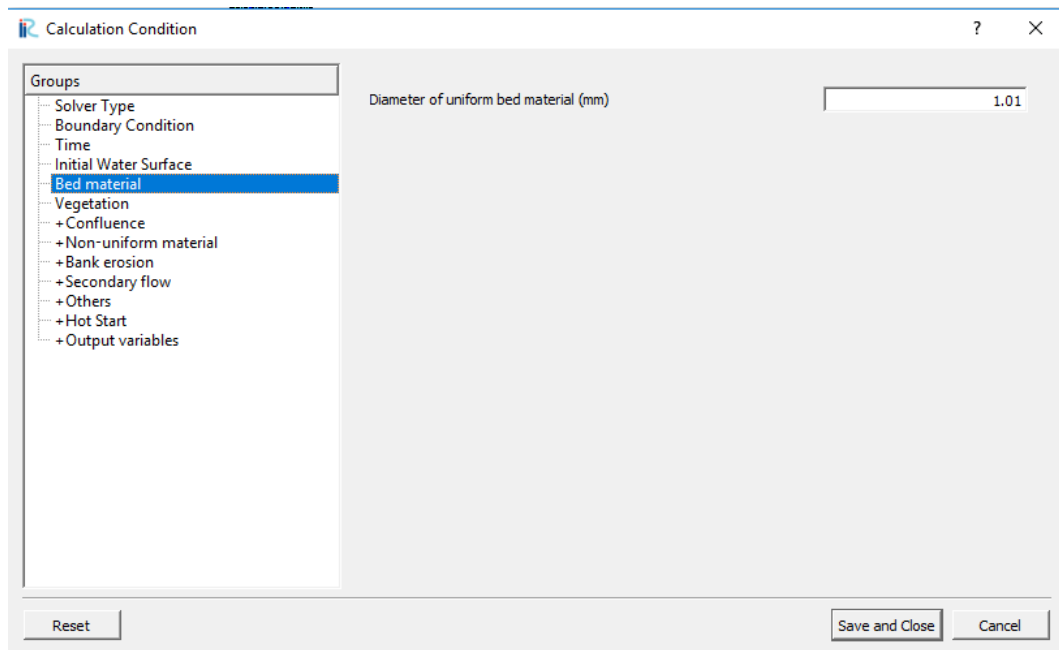
Relaxation coefficient for water surface calculation: 0.8

Reset Save and Close Cancel

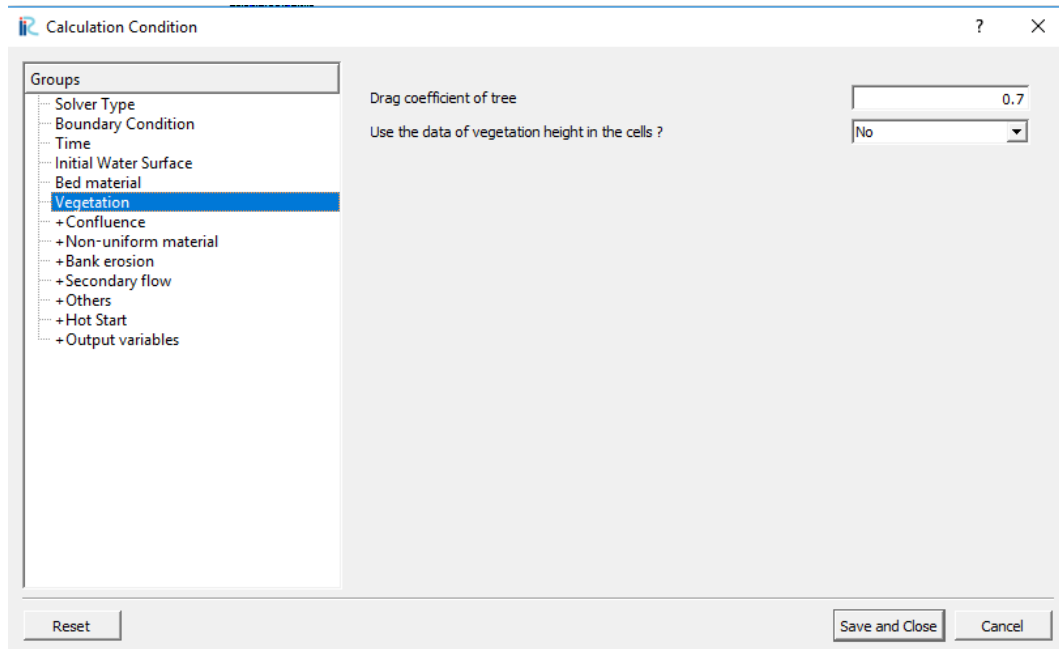
Gambar L-3.16 *Calculation Condition : Time*



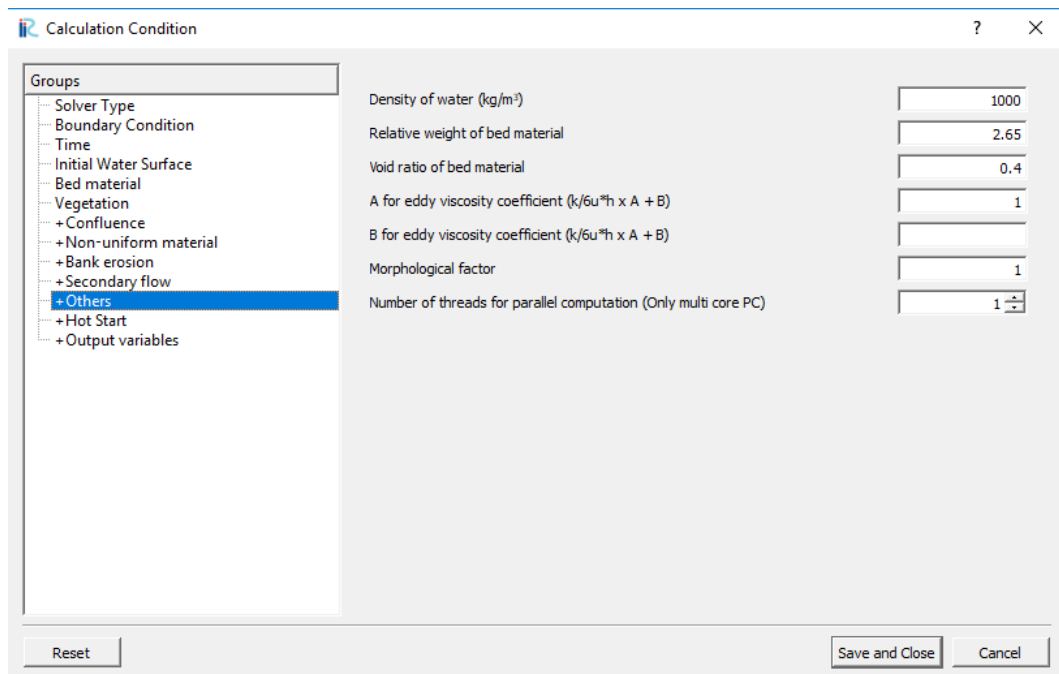
Gambar L-3.17 *Calculation Condition : Initial Water Surface*



Gambar L-3.18 *Calculation Condition : Bed Material*

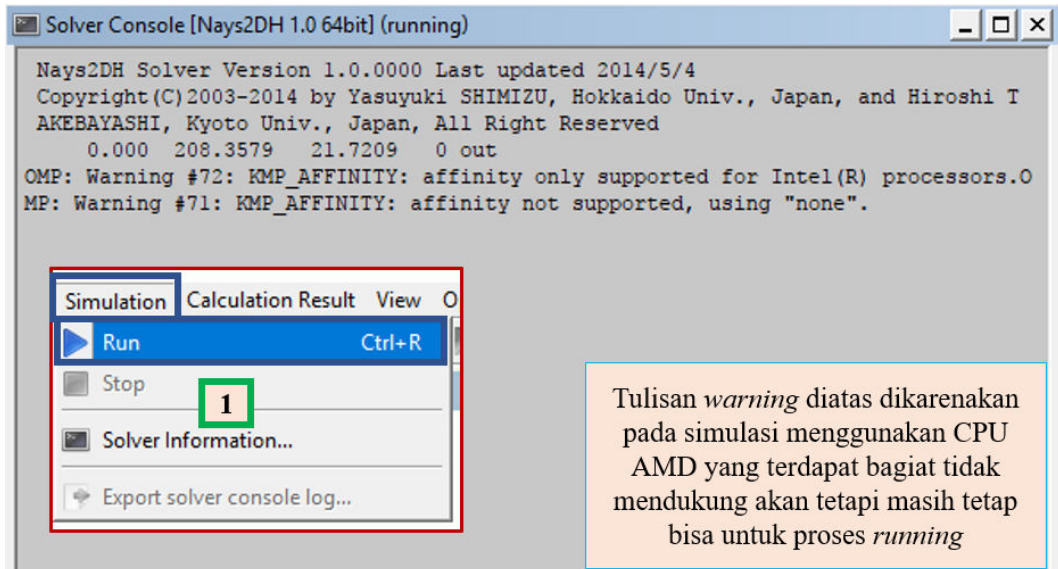


Gambar L-3.19 Calculation Condition : Vegetation



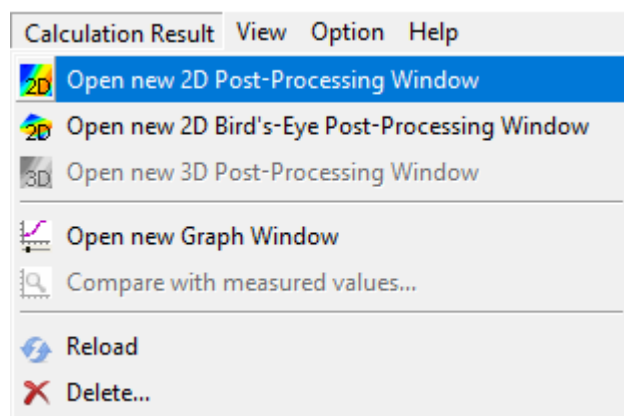
Gambar L-3.20 Calculation Condition : Others

13. *Running* simulasi pemodelan penggal Sungai Progo dengan cara klik menu *simulation* pilih *run*. Maka proses *run* pemodelan akan berjalan dan membutuhkan waktu.



Gambar L-3.20 Running Pemodelan Penggal Sungai Progo

14. Apabila telah selesai *running* pemodelan sungai, untuk melihat hasil simulasi klik menu *simulation result*. Jika ingin melihat gambar tampak atas hasil simulasi pilih *open new 2D post-processing window* dan jika ingin melihat grafik hasil simulasi pilih *open new graph window*.



Gambar L-3.21 Menu Hasil Simulasi Pemodelan