

PENGENDALIAN BANJIR PADA SUNGAI BERJALIN (*BRAIDED*) STUDI KASUS SUNGAI RANSIKI MANOKWARI PAPUA BARAT

Fajar Setiawan¹⁾, Mamok Suprpto²⁾, Sulastoro R.I.³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

^{2) 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: setiawanfajar777@gmail.com

Abstract

West Papua is prone to natural disasters such as floods. Ransiki river, Manokwari, West Papua is a type of a braided river. The flow of braided river could easily change in direction. The change of flow direction maybe will reach and inundate the city area. This study aims to determine the cause Ransiki river as braided river and to design flood control using embankment. Flood control design is based on geological data, rainfall data, and the cross sections of Ransiki river. From geological map showed that the Ransiki river the dendritic flow patterns. These has flow pattern will make main river accept all water flow and sediment materials. Ransiki watershed surrounded by rock formations and in large numbers such as 1) Formation Befoor; 2) Formation Wai; 3) Formation Kemum; 4) Stone Mountain of Fire Arfak. This rock formations became the source material for sediment of Ransiki river. At the normal discharge, the water flow would flow on the sidelines of sediment, thus forming the braided lines braided. This situation will make the Ransiki river need of embankment on the both sides. This embankment will direct the flow and protect the city area around the river. Flood discharge with return period of 20 years is 790 m³/s has used a basic design. The height of embankment design varies from 2 m - 7 m with 1 m freeboard.

Keyword: Braided River, River Ransiki, Embankment.

Abstrak

Papua Barat merupakan daerah rawan bencana alam seperti banjir. Sungai Ransiki, Manokwari, Papua Barat adalah jenis sungai berjaln. Aliran sungai berjaln bisa dengan mudah berubah arah. Perubahan arah aliran dimungkinkan akan mencapai dan menggenangi wilayah kota. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab Sungai Ransiki terbentuk sebagai sungai berjaln dan merencanakan pengendalian banjir dengan menggunakan tanggul. Desain rencana pengendalian banjir didasarkan pada data geologi, data curah hujan, dan penampang Sungai Ransiki. Dari peta geologi menunjukkan bahwa Sungai Ransiki memiliki pola aliran dendritik. Pola aliran ini akan membuat sungai utama menerima semua aliran air dan material sedimen. DAS Ransiki dikelilingi oleh formasi batuan dengan ukuran dan dalam jumlah besar seperti 1) Formasi Befoor, 2) Formasi Wai; 3) Formasi Kemum; 4) Batuan Gunung Api Arfak. Formasi batuan ini menjadi sumber sedimen Sungai Ransiki. Pada debit normal, aliran air akan mengalir di sela-sela sedimen, sehingga membentuk garis aliran yang berjaln. Situasi ini akan membuat Sungai Ransiki membutuhkan tanggul di kedua sisi. Tanggul ini akan mengarahkan aliran dan melindungi wilayah kota di sekitar sungai. Perencanaan ini menggunakan debit banjir periode ulang 20 tahun sebesar 790 m³/s dan tinggi jagaan 1 m. Ketinggian tanggul desain bervariasi dari 2 m - 7 m.

Kata kunci: Sungai Berjaln, Sungai Ransiki, Tanggul.

PENDAHULUAN

Papua Barat rentan terhadap bencana alam seperti banjir. Penyebabnya adalah alih fungsi lahan dari hutan menjadi permukiman atau penebangan liar untuk perdagangan kayu. Dalam rentang waktu antara 2005 hingga 2009 dilaporkan terjadinya *deforestasi* nasional mencapai lebih dari satu juta hektar per tahun. Penelitian ini mengambil studi kasus Sungai Ransiki Kabupaten Manokwari Papua Barat. Sungai Ransiki termasuk jenis sungai *braiding* (bersirat) yang memiliki sifat selalu berpindah alur bila terjadi banjir. Perpindahan alur dapat melintas daerah permukiman. Bila keadaan ini dibiarkan, banjir bisa mengarah ke daerah permukiman. Sungai Ransiki melewati beberapa daerah permukiman penduduk, sehingga perlu dilakukan suatu upaya untuk melindungi penduduk kota Ransiki dari banjir. Dengan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui penyebab mengapa sungai Ransiki terbentuk sebagai sungai berjaln dan dapat membuat perencanaan pengendalian banjir Sungai Ransiki dengan menggunakan tanggul.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Tinjauan Pustaka

Dari beberapa sistem sungai, sungai Ransiki termasuk kedalam jenis sungai berjaln. Djauhari Noor (2009) menyebutkan bahwa Sungai Berjaln (*Braided Stream*) merupakan bentuk bentang alam hasil dari proses pengendalian yang disebabkan oleh saluran air sungai yang berpindah-pindah. Sungai berjaln umumnya berkembang di daerah tekuk lereng dan terjadi karena adanya perubahan kecepatan arus dari arah lereng yang kuat berubah menjadi lambat ketika sampai ke medan yang relatif datar. Hal ini membuat saluran air selalu berpindah pindah sesuai dengan perkembangan arusnya. Fahmi Amhar (2007), menjelaskan bahwa sistem pengendalian banjir dapat dilakukan melalui beberapa cara, antara lain: 1) Membuat situ (danau penampungan); 2) Kanalisasi; 3) Pompanisasi; 4) Tanggul.

Brian Caruso, Alex Ross, Claire Shuker (2013), melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui hidrolika banjir dan dampaknya terhadap vegetasi invasive pada sungai berjalun sungai Ahuriri, Selandia Baru. Penelitian ini menunjukkan meskipun banjir besar dapat merusak tumbuhan dalam jumlah yang besar di Sungai Ahuriri, namun tidak akan mungkin untuk secara besar mengurangi tutupan vegetasi invasif seluruh sungai. Pemodelan hidrolik awal pada sungai Ahuriri menunjukkan bahwa dengan debit 600 m³/s membuat genangan air hampir menutupi seluruh wilayah penelitian juga menunjukkan kecepatan aliran banjir yang signifikan.

Dasar Teori

Uji Kepanggahan Data Hujan

Metode yang digunakan adalah RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Bila Q/\sqrt{n} yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan panggah.

Analisis Agihan Frekuensi

Nilai parameter statistik kemudian dibandingkan dengan syarat dari masing-masing jenis distribusi.

Uji Chi Kuadrat

Metode Chi kuadrat digunakan untuk menguji simpangan vertikal apakah agihan pengamatan dapat diterima. Perhitungannya dengan menggunakan persamaan (Sudjana dalam Purwanto 2011:156):

$$\left(X^2\right)_{hit} = \sum_{i=1}^k \frac{(OF - EF)^2}{EF} \dots\dots\dots [1]$$

Jumlah kelas agihan dihitung dengan rumus:

$$k = + 3,22 \log n \dots\dots\dots [2]$$

$$Dk = k - (P + 1) \dots\dots\dots [3]$$

Dengan:

OF = Nilai yang diamati (*observed frequency*).

EF = Nilai yang diharapkan (*expected frequency*).

K = Jumlah kelas agihan.

N = Banyaknya data.

Dk = Derajat kebebasan (nilai kritis didapat dari tabel).

P = Banyaknya parameter agihan chi kuadrat (ditetapkan = 2).

Agar agihan frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga $X^2 < X^2_{cr}$. Harga X^2_{cr} dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi dengan derajat kebebasan (*level of significant*).

Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan horisontal. Dari grafik *ploting* data curah hujan diperoleh perbedaan maksimum antara agihan teoritis dan empiris (Δ_{maks}). Dalam bentuk persamaan dapat ditulis (Siegel dalam Purwanto 2011:163):

$$\Delta_{Maks} = [Pt - Pe] \dots\dots\dots [4]$$

Dengan:

Δ_{maks} = Selisih data probabilitas teoritis dan empiris

Pt = Peluang teoritis

Pe = Peluang empiris

Kemudian nilai Δ_{maks} dibandingkan dengan nilai Δ_{cr} dari tabel. Apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$, maka pemilihan metode frekuensi tersebut dapat diterapkan.

Analisis Debit Rancangan

Debit rancangan diestimasi berdasarkan hujan rancangan dengan menggunakan unit hidrograf Clark (*hydraulic reference* HEC-HMS, 2010)

$$\frac{dS}{dt} = I_t - O_t \dots\dots\dots [5]$$

Dengan:

$\frac{dS}{dt}$ = perubahan jumlah air pada waktu tertentu

I_t = Inflow
 O_t = Outflow
Profil Muka Air

Untuk menghitung elevasi muka air yang belum diketahui pada suatu penampang melintang dapat menggunakan persamaan energi (Istiarto,2011):

$$Y_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} + z_1 = Y_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + h_f + h_e \dots\dots\dots [6]$$

Dengan:

- Y_1, Y_2 = Kedalaman air pada ruas *cross section* (m)
- z_1, z_2 = Tinggi energi dari datum (m)
- V_1, V_2 = Kecepatan aliran (m/dt)
- α_1, α_2 = Koefisien kecepatan aliran
- g = Percepatan gravitasi (m^2/dt)
- h_f = Kehilangan tinggi akibat gesekan (m)
- h_e = Kehilangan tinggi akibat perubahan penampang (m)

Stabilitas Terhadap Guling

Untuk mengontrol stabilitas tanggul terhadap guling dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Hary Christady,2006):

$$Sf = \frac{M_t}{M_g} > 1,5 \dots\dots\dots [7]$$

Dengan:

- M_t = momen tahan
- M_g = momen guling

Stabilitas Terhadap Geser

Untuk mengontrol stabilitas tanggul terhadap geser menggunakan rumus sebagai berikut (Hary Christady,2006):

$$Sf = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} > 1,5 \dots\dots\dots [8]$$

Dengan:

- ΣR_h = Tahanan dinding terhadap penggeseran
- ΣP_h = Jumlah gaya-gaya horisontal

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Metode ini berupa pengumpulan data, analisis data, dan interpretasi hasil analisis untuk mendapatkan informasi guna pengambilan keputusan dan kesimpulan.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sungai Ransiki, Manokwari, Papua Barat. Wilayah administrasi Sungai Ransiki berada di Distrik Ransiki Kabupaten Manokwari. Kabupaten Manokwari adalah salah satu kabupaten di Provinsi Papua Barat, Indonesia.. Berdasarkan data dari BPS Maret 2010, Kabupaten Manokwari memiliki luas wilayah 14.676 km², terdiri dari 29 distrik, 9 kelurahan dan 409 kampung. Wilayah Sungai Ransiki Dapat di lihat pada Gambar.1.

Gambar.2. Peta Geologi Wilayah Sungai Ransiki

Dari segi geologi Daerah Aliran Sungai Ransiki dikelilingi oleh wilayah yang memiliki formasi batuan dengan ukuran cukup besar dan dalam jumlah yang banyak yaitu 1) Formasi Befoor; 2) Formasi Wai; 3) Formasi Kimum; 4) Batuan Gunung Api Arfak. Formasi batuan tersebut menjadi sumber material sedimen mulai dari pasir, kerikil, dan kerakal.

Sungai Ransiki memiliki penampang sungai yang lebar dan memiliki kelandaian aliran makin kecil ke arah hilir. Hal ini mengakibatkan sungai Ransiki yang memiliki jumlah konsentrasi sedimen cukup besar akan membentuk dataran kipas endapan atau sedimen tersebut akan memenuhi pada lembah yang semakin lebar. Adanya sedimen dengan berbagai ukuran yang terbawa dari hulu diendapkan secara berserakan dan bersatu membentuk gugus-gugus sedimen di alur sungai. Ketika debit sungai kecil, air akan mengalir di sela-sela gugusan sedimen yang berserakan tersebut sehingga membentuk garis-garis arus yang saling jalin menjalin (*braiding*) sehingga disebut sungai jalin atau *braided river*.

Uji Kepanggahan Data Hujan

Berdasarkan perhitungan RAPS didapatkan hasil bahwa stasiun hujan Ransiki pada DAS Ransiki dinyatakan panggah.

Analisis Frekuensi Agihan

Suatu data hujan pada umumnya mengikuti pola agihan tertentu. Hujan harian maksimum tahunan disajikan dalam Tabel .1.

Tabel 1. Hujan Harian Maksimum Tahunan

No.	Tahun	Hujan	No.	Tahun	Hujan	No.	Tahun	Hujan
1	1980	77.0	12	1991	247.3	23	2002	96.5
2	1981	83.6	13	1992	59.4	24	2003	84.0
3	1982	55.0	14	1993	127.5	25	2004	65.2
4	1983	100.0	15	1994	114.8	26	2005	154.6
5	1984	73.0	16	1995	114.8	27	2006	75.0
6	1985	135.8	17	1996	84.4	28	2007	73.6
7	1986	80.6	18	1997	71.5	29	2008	60.2
8	1987	52.0	19	1998	122.6	30	2009	90.9
9	1988	195.0	20	1999	129.0	31	2010	96.2
10	1989	62.6	21	2000	96.4	32	2011	70.6
11	1990	87.5	22	2001	120.7			

Berdasarkan uji kepanggahan, data dinyatakan panggah dan dapat dipakai. Langkah selanjutnya adalah mencari karakter data melalui uji statistik dasar. Hasil uji statistik menghasilkan antara lain: 1) *Mean*= 98,67; 2) Standar Deviasi= 41,641; 3) Koefisien *Skewness*= 1,9; 4) Kurtosis= 4,588; 5) Koefisien Variasi= 0,422. Nilai parameter statistik dasar tersebut digunakan dalam analisis beragam agihan.

Hasil Uji Chi Kuadrat dan Smirnof-Kolmogorov

Uji analisis frekuensi dilakukan dengan program Havra. Hasil uji analisis ini untuk uji Chi Kuadrat ditampilkan dalam Tabel .2 dan Tabel.3. untuk hasil Uji Smirnov-Kolmogorof

Tabel .2. Hasil Uji Chi Kuadrat

Distribusi Normal		Distribusi Log Normal	
Nilai Chi Kuadrat	:6,437	Nilai Chi Kuadrat	:2,063
Derajat Kebebasan	:2	Derajat Kebebasan	:2
Chi Kritik	:9,2104	Chi Kritik	:9,2104
Diterima		Diterima	
Distribusi Gumbel		Distribusi Pearson III	

Nilai Chi Kuadrat	:2,375	Nilai Chi Kuadrat	:1,375
Derajat Kebebasan	:2	Derajat Kebebasan	:1
Chi Kritik	:9,2104	Chi Kritik	:6,6349
Diterima		Diterima	

Tabel .3. Hasil Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji Smirnov-Kolmogorof		
Distribusi Normal	:0,157	Diterima
Distribusi Gumbel	:0,085	Diterima
Distribusi Log Normal	:0,088	Diterima
Distribusi Pearson III	:0,151	Diterima
D Kritik	:0,282	

Dari uji tersebut dapat disimpulkan bahwa deret data yang paling tepat adalah mengikuti agihan Log Normal. Dengan demikian, untuk menghitung hujan rancangan selanjutnya digunakan agihan Log Normal.

Hujan Rancangan

Debit rancangan dihitung berdasarkan hujan rancangan karena tidak tersedia data debit. Hujan rancangan untuk tiap jenis agihan telah dihitung dan yang digunakan dalam analisis adalah hujan rancangan yang mengikuti agihan Log Normal sesuai dengan hasil uji data. Hujan rancangan disajikan dalam Tabel.4.

Tabel 4 Hujan Rancangan untuk Beragam Kala Ulang

No	Prob	Kala Ulang (Thn)	Normal	Log Normal	Gumbel	Pearson III
1	0.50	2	99	92	92	87
2	0.20	5	134	125	129	124
3	0.10	10	152	146	153	152
4	0.05	20	167	167	176	181
5	0.02	50	184	193	207	218

Lama Hujan dan Hujan Jam-Jaman

Untuk mendapatkan debit rancangan berdasarkan hujan rancangan diperlukan data hujan jam jaman. Disebabkan data hujan jam jaman tidak tersedia untuk wilayah penelitian, maka hujan jam jaman diturunkan dari hujan harian berdasarkan perkiraan lama hujan atau waktu konsentrasi. Lama hujan di wilayah penelitian berdasarkan laporan studi oleh *Weather Modification Technology Center, UPT HB Webmaster team* pada tahun 2010 ditetapkan selama 3 jam. Penurunan hujan jam jaman dari hujan harian menggunakan cara *modified Mononobe*.

Dengan koefisien run off sebesar 0,75 maka hasil perhitungan agihan hujan jam-jaman dengan kala ulang 2 tahun menjadi: $T_1 = 48$ mm,

$T_2 = 12$ mm,

$T_3 = 9$ mm.

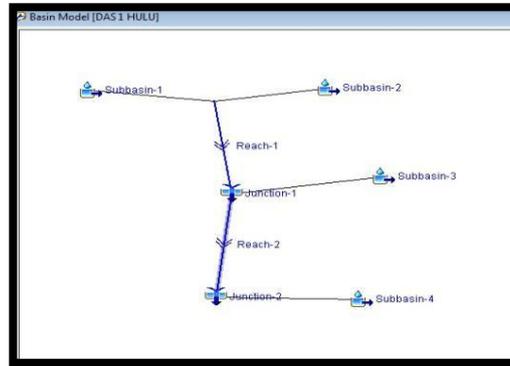
Untuk selanjutnya perhitungan agihan hujan jam-jaman untuk bernagai kala ulang ditampilkan pada Tabel.5.

Tabel .5. Agihan Hujan Jam Jaman untuk beragam Kala Ulang

T(jam)	Kala Ulang (thn)				
	2	5	10	20	50
1	48	65	76	87	100
2	12	17	20	23	26
3	9	12	14	16	18

Debit Rancangan

Daerah aliran Sungai Ransiki, dibedakan menjadi dua bagian atas dasar karakter kemiringan dasar sungainya, yaitu DAS Hulu dan DAS Hilir. Dengan pemahaman tersebut, maka disusun model DAS seperti yang ditampilkan dalam Gambar.3. dengan wilayah penelitian yaitu pada *reach 2* (antara *junction 1* dan *junction 2*). Debit rancangan dihitung berdasarkan hujan rancangan dengan berbagai asumsi yang terkait dengan kondisi fisik lapangan



Gambar.3. Model DAS Ransiki

Hasil perhitungan debit rancangan untuk beragam kala ulang dengan menggunakan alat bantu HEC-HMS didapatkan nilai $Q_2 = 375 \text{ m}^3/\text{s}$,

$$Q_5 = 557 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$Q_{10} = 674 \text{ m}^3/\text{s},$$

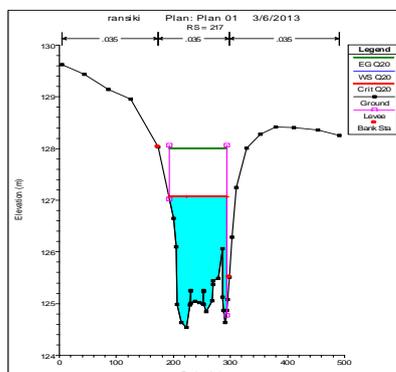
$$Q_{20} = 790 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$Q_{50} = 922 \text{ m}^3/\text{s}.$$

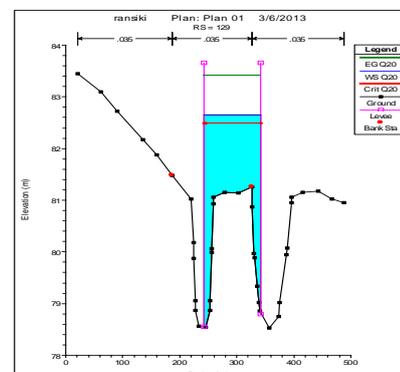
Perencanaan Tanggul

Tanggul dimaksudkan untuk membatasi aliran horizontal. Dalam perencanaan tanggul, simulasi analisis dilakukan dengan bantuan program Hec Ras 4.1.0. Dari hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan didapatkan debit banjir dengan kala ulang 2, 5, 10, 20, dan 50 tahun. Untuk simulasi ini debit yang akan digunakan adalah debit banjir dengan kala ulang 20 tahun sebesar $790 \text{ m}^3/\text{s}$.

Setelah semua data geometrik dimasukkan analisis dijalankan dengan tipe aliran *steady flow* pada Q_{20} ($790 \text{ m}^3/\text{s}$). Sehingga setelah analisis dijalankan akan menghasilkan profil muka air banjir pada Q_{20} pada penampang melintang dan memanjang sungai. Tinggi profil muka air ini digunakan sebagai dasar penentuan tinggi tanggul yang akan dibangun di sepanjang kanan kiri sungai. Contoh penampang melintang hasil analisis dapat dilihat pada Gambar.4. dan Gambar.5.



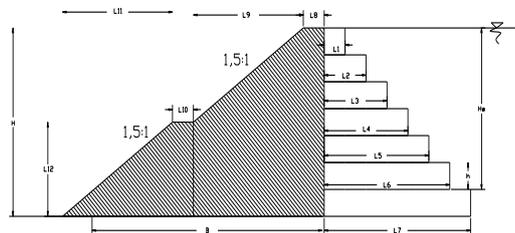
Gambar.4. Cross Section Sta 217



Gambar.5. Cross Section Sta 154

Desain Tanggul

Tanggul direncanakan dengan menggunakan bronjong. Dasar bronjong yang akan diletakkan di sepanjang kanan kiri sungai dilakukan penggalian, sehingga material hasil galian akan ditempatkan di belakang bronjong untuk menambah stabilitas bronjong. Sketsa tanggul dapat dilihat pada Gambar.6. Uji kestabilan terhadap guling dan geser pada ketinggian tanggul maksimum telah menghasilkan nilai keamanan yang memenuhi batas minimum.



Gambar. 6. Tubuh Tanggul

SIMPULAN

1. Sungai Ransiki termasuk sungai dengan pola aliran dendritik yang melewati 4 formasi batuan yaitu 1) Formasi Befoor; 2) Formasi Wai; 3) Formasi Kemum; 4) Batuan Gunung Api Arfak. Dengan penampang sungai yang lebar dan memiliki kelandaian aliran yang semakin kecil ke arah hilir maka terbentuk dataran sedimen yang memenuhi pada lembah yang semakin lebar. Ketika debit sungai dalam keadaan normal air akan mengalir di sela-sela gugusan sedimen yang berserakan sehingga membentuk garis-garis arus yang saling jalin-menjalin.
2. Analisis perencanaan tanggul pada sisi kiri dan kanan berjarak 100 m menggunakan debit banjir dengan kala ulang 20 tahun sebesar 790 m³/s dan tinggi jagaan yang ditambahkan adalah 1 m, sehingga tinggi tanggul bervariasi dari 2 m- 7 m. Dengan adanya tanggul diharapkan dapat mengatasi banjir Sungai Ransiki agar tidak menimbulkan bencana bagi penduduk yang bertempat tinggal di sepanjang Sungai Ransiki

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada segenap pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, segenap pimpinan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Dr.Ir. Mamok Suprpto, M.Eng selaku dosen pembimbing I, Ir. Sulastoro R.I., MSi selaku dosen pembimbing II, PT.Aditya Engineering Consultant atas bantuannya dalam pengumpulan data, rekan-rekan mahasiswa jurusan Teknik Sipil, semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungannya.

REFERENSI

- Alex Ross, Brian Caruso, Claire Shuker.2013. *Flood Hydraulics and Impacts on Invasive Vegetation in Braided River Floodplain New Zealand*. Journal Environment and Natural Resources Researc, Vol 3 No.1: Canadian Center of Science and Education.
- Djauhari Noor.2009.*Pengantar Geologi*.Bogor: Graha Ilmu
- Fahmi Amhar.2007.*Sistem Pengendali Banjir*.*[online]*.
Tersedia di: <http://fahmi@multiplay.com/sistem-pengendalian-banjir/2007/02/12>. [25Oktober 2013]
- Hary Christady.2006.*Teknik Fondasi 1*, Cetakan Ketiga.Yogyakarta: Beta Offset
- Istiarto.2011.*Simulasi Aliran 1 Dimensi Dengan Bantuan Program Hidrodinamika HECRAS*.*[online]*.
Tersedia di:<http://istiarto.staff.ugm.ac.id/> [25 Oktober 2013]
- Purwanto.2011. *Statistika Untuk Penelitian*.Cetakan Kesatu.Yogyakarta:Pustaka Pelajar.