

**ANALISIS DEBIT PUNCAK MENGGUNAKAN METODE HIDROGRAF
SATUAN SINTETIS ITB 1 DAN HEC-RAS VERSI 5.0.7
(Studi Kasus DAS Air Manna Bagian Hilir)**

Muhamad Syahroni¹⁾, Khairul Amri¹⁾, Yuzuar Afrizal¹⁾

¹⁾ Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371
Corresponding author: muhamadsyahronii@gmail.com.

ABSTRAK

Banjir merupakan suatu bencana alam yang disebabkan debit atau volume air yang mengalir pada suatu sungai melebihi kapasitas pengalirannya. Salah satunya penyebab terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi. Debit suatu aliran sungai sangat bergantung dengan curah hujan yang turun dalam suatu DAS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit puncak akibat intensitas curah hujan di DAS Air Manna Bagian Hilir dan menentukan titik yang akan mengalami limpasan pada aliran DAS Air Manna Bagian Hilir. Penelitian ini menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) ITB 1 dan analisis menggunakan *HEC-RAS* 5.0.7. Hasil analisis hidrologi memperlihatkan debit puncak pada DAS Air Manna Bagian Hilir menggunakan metode HSS ITB 1 untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun adalah sebesar 1322,21 m³/detik, 1492,94 m³/detik, 1594,12 m³/detik, 1712,20 m³/detik, 1794,33 m³/detik, dan 1872,85 m³/detik. Analisis dengan *software HEC-RAS* 5.0.7, memperlihatkan DAS Air Manna Bagian Hilir sudah tidak mampu menampung debit aliran yang terjadi dan mengalami limpasan di sepanjang aliran.

Kata Kunci : Debit Puncak, *HEC-RAS* 5.0.7, Hidrograf Satuan Sintetik ITB 1.

ABSTRACT

Flooding is a natural disaster caused by the discharge or volume of water that flows in a river exceeds its stream capacity. One of the causes of the flood is high rainfall. The discharge of a river flow depends on the rainfall that falls in a watershed. The purpose of this study was to determine the peak discharge due to the intensity of rainfall in the downstream of Air Manna Watershed and determine the point that will undergo runoff on the Air Manna river flow. This study used Synthetic Unit Hydrograph (HSS) ITB 1 method and analyzed used HEC-RAS 5.0.7. From the result of hydrological analysis used the HSS ITB 1 method, it was found out the peak discharge in the downstream of Air Manna Watershed for return periods 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years was 1322.21 m³/s, 1492.94 m³ /s, 1594 12 m³ /s, 1712.20 m³/s, 1794.33 m³ /s, and 1872.85 m³/s. After analyzing used HEC-RAS 5.0.7 software, Air Manna river was unable to accommodate the flow rate that occurred and undergo runoff along the flow.

Keywords : Peak Discharge, *HEC-RAS* 5.0.7, Synthetic Unit Hydrograph ITB.

PENDAHULUAN

Provinsi Bengkulu memiliki beberapa DAS yang harus mendapat perhatian serius, salah satunya DAS Air Manna. Das Air Manna terbagi dalam 3 Sub DAS Hulu, Tengah dan Hilir yang salah satunya yaitu DAS Manna Bagian Hilir yang memiliki luas sebesar 8.792,4 Ha. Kondisi kritis ini muncul karena dipengaruhi perubahan hutan lindung menjadi lahan perkebunan, industri dan pemukiman. Akibat dari penggunaan lahan yang tidak tepat ini menyebabkan potensi terjadinya bencana alam banjir dan tanah longsor (BPDAS Ketahun, 2012).

Banjir terjadi karena aliran sungai tidak mampu menampung debit maksimum yang mengalir ke sungai tersebut. Penelitian tentang debit sungai perlu dilakukan untuk menanggulangi banjir dan perencanaan bangunan pengendali banjir. Penelitian ini menggunakan analisis hidrograf satuan sintetis ITB 1. Hidrograf satuan sintetis ITB 1 dipilih karena merupakan salah satu metode hidrograf satuan sintetis yang dikembangkan di Indonesia dan memiliki karakteristik sungai yang ada di Indonesia. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan software HEC-RAS versi 5.0.7 untuk mengetahui titik lokasi di aliran Sungai Air Manna Bagian Hilir yang akan mengalami limpasan.

TINJAUAN PUSTAKA

Hidrologi

Hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas, permukaan, dan di dalam tanah. Secara luas hidrologi meliputi pula berbagai bentuk air termasuk transformasi antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah (Negoro dan Pramawan, 2008)

Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasarkan pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian (Sri Harto, 1993 dalam Robot, 2014).

Banjir

Rosyidie (2013) menjelaskan bahwa banjir dapat berupa genangan pada lahan yang biasanya kering seperti pada lahan pertanian, pemukiman dan pusat kota. Banjir dapat juga terjadi karena debit atau volume air yang mengalir pada suatu sungai atau saluran drainase melebihi atau diatas kapasitas pengalirannya.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi yang dilakukan berupa analisis pada kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan hidrologi serta pengumpulan data hidrologi. Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (hydrologic phenomena), seperti besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah menurut waktu. Secara umum analisis hidrologi merupakan suatu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik, yaitu informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya (Negoro & Pramawan, 2008).

Perhitungan Debit

Debit air adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu, dalam satuan m³/detik. Volume debit (Q) adalah total volume aliran (limpasan) yang keluar dari daerah tangkapan air (DAS/sub DAS) dalam satuan mm atau m³. Debit puncak merupakan besarnya volume air maksimum yang mengalir melalui suatu penampang melintang suatu sungai per satuan waktu, dalam satuan m³/detik (Amri, 2015). Adapun perhitungan debit berdasarkan kondisi steady flow seperti berikut:

$$Q = A \times V \quad (1)$$

Dimana :

Q = Debit air (m³/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

A = Luas penampang basah (m²)

Analisis Frekuensi

Analisa frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrim (maksimum dan minimum) dan frekuensi yang dihitung meliputi: parameter statistik, distribusi peluang kontinyu dan uji kecocokan (Kamiana, 2011).

Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)

Beberapa macam cara untuk mengukur dispersi dilakukan dengan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut (Soerwarno, 1995):

- Nilai rata-rata
- Standar Deviasi
- Koefisien kemiringan
- Koefisien kurtosis
- Koefisien variasi

Pemilihan Jenis Sebaran

Ada beberapa cara yang dapat digunakan dalam penentuan jenis sebaran untuk analisis

frekuensi, seperti distribusi Gumbel Tipe I, Log Pearson Tipe III, dan Log Normal.

1. Distribusi Gumbel Tipe I

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y_T - Y_n) \quad (1)$$

2. Distribusi Log Person Tipe III

$$Y = \bar{Y} + k \times S \quad (2)$$

3. Distribusi Log Normal

$$X_T = \bar{X} + Kt \times S \quad (3)$$

Tabel 1. Persyaratan parameter statistik suatudistribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	Cs \approx 1,14 Ck \approx 5,4
2	Normal	Cs \approx 0 Ck \approx 3
3	Log Normal	Cs \approx Cv3 + 3 Cv Ck \approx Cv8 + 6Cv6 + 15Cv4 + 16Cv2 + 3
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

Sumber: Triatmodjo, 2008 dalam Robot, 2014

Intensitas Curah Hujan (It)

Perhitungan curah hujan rencana dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (4)$$

Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R24 = Curah hujan max dalam 24 jam (mm)

t = Lamanya curah hujan (jam)

Hidrograf Satuan Sintetis ITB 1

Hidrograf satuansintetis ITB dibedakan menjadi Hidrograf satuan sintetis ITB-1 dan ITB-2. Untuk menghitung HSS ITB-1 dan

HSS ITB-2 diperlukan data karakteristik fisik DAS berupa luas DAS dan panjang sungai (Natakusumah, 2014).

1. Time Lag (T_L)

Time Lag adalah waktu tercapainya debit puncak dihitung dari pusat hujan satuan. Hidrograf Satuan Sintetis ITB-1 menggunakan rumusan *time lag* menurut Snyder namun dengan penyederhanaan harga $L_c = \frac{1}{2} L$, sehingga rumus Snyder dapat ditulis sebagai berikut (Natakusumah, dkk., 2011):

$$T_L = Ct \, 0,81225L^{0,6} \quad (5)$$

Dimana:

T_L = *timelag*(jam)

C_t = koefisien penyesuaian waktu

L = Panjang sungai (km)

Natakusumah (2011) menjelaskan bahwa Koefisien C_t diperlukan dalam kalibrasi harga T_p , dengan ketentuan harga sebagai berikut:

- $C_t = 1$, harga standar
- $C_t > 1$, jika T_p perhitungan lebih kecil dari T_p pengamatan agar harga T_p membesar.
- $C_t < 1$, jika T_p perhitungan lebih besar dari T_p pengamatan agar harga T_p mengecil.

2. Waktu Puncak (T_p)

Waktu puncak Hidrograf Satuan Sintetis ditentukan oleh harga *time lag*. Rumus *time lag* menggunakan rumus Snyder maka waktu puncak didefinisikan sebagai berikut (Natakusumah, dkk., 2011):

$$T_p = T_L + 0.50 T_r \quad (6)$$

Dimana:

T_p = Waktu Puncak (jam)

T_r = Satuan Durasi Hujan (Jam)

3. Waktu Dasar (T_b)

Untuk DAS kecil ($A < 2 \text{ km}^2$), menurut SCS harga T_p dihitung dengan rumus (Natakusumah, dkk., 2011):

$$T_b = \frac{8}{3} T_p \quad (7)$$

Untuk DAS berukuran sedang dan besar harga T_b secara teoritis bernilai tak hingga, namun prakteknya T_b dapat dibatasi sampai lengkung turun mendekati nol, atau dapat juga menggunakan harga berikut:

$$T_b = (10 \text{ s/d } 20) T_p \quad (8)$$

4. Persamaan Bentuk Dasar Hidrograf Satuan ITB-1

Prosedur umum yang diusulkan dapat mengadopsi berbagai bentuk dasar HSS yang akan digunakan. HSS ITB-1 memiliki persamaan lengkung naik dan lengkung turun seluruhnya dinyatakan dengan satu persamaan berikut (Natakusumah, dkk., 2011):

$$q(t) = t^{\alpha} \exp(1-t) \quad (9)$$

dengan ($t > 0 \text{ s/d } \infty$) dan $\alpha = 3.700$

5. Debit Puncak dan Faktor Debit Puncak Hidrograf Satuan

Jika bentuk dasar HSS diketahui, dan harga waktu puncak T_p dan waktu dasar T_b diketahui, maka debit puncak hidrograf satuan sintetis akibat tinggi hujan satu satuan $R = 1 \text{ mm}$ yang jatuh selama durasi hujan satu satuan $T_r = 1 \text{ jam}$, dapat dihitung :

$$Q_p = \frac{R}{3,6} \frac{A_{DAS}}{T_p A_{HSS}} \quad (10)$$

Dimana:

R = Curah Hujan satuan (1.0 mm)

Q_p = Debit puncak hidrograf satuan (m^3/s)

T_p = waktu mencapai puncak (jam)

A_{DAS} = Luas DAS (km^2)

A_{HSS} = Luas kurva hidrograf satuan tak berdimensi.

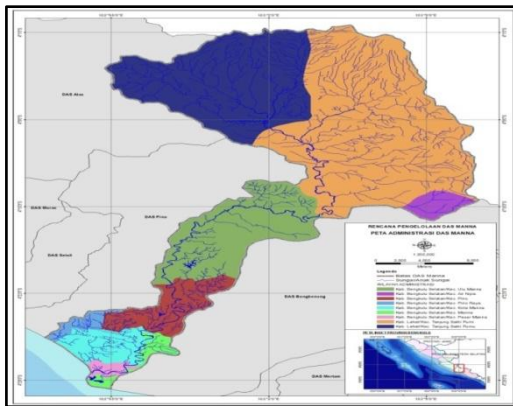
Program HEC-RAS

Sistem HEC-RAS memuat tiga komponen analisa hidrolika satu dimensi untuk perhitungan profil muka air aliran seragam (*steady flow*). Simulasi aliran tidak seragam, perhitungan transport sedimen dengan batas yang bisa dipindahkan. Analisis hidrolika yang dilakukan adalah aliran tidak seragam (*unsteady flow*), informasi yang diperoleh berupa perubahan muka air dan debit aliran sebagai fungsi waktu dan tempat menggunakan persamaan St Venant (Wigati, dkk., 2018)

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder DAS Manna Bagian Hilir. Pengambilan sampel dilakukan di dua titik Sungai Air Manna Bagian Hilir, yaitu di Desa Batu Kuning dan di Desa Ketaping Kabupaten Bengkulu Selatan.



Gambar 1. Peta DAS Air Manna

Pengumpulan Data

Data-data yang akan dikumpulkan berupa Data Primer (Dimensi penampang sungai yang berupa kedalaman dan lebar sungai, dan kecepatan aliran sungai yang diukur dengan menggunakan *current meter*) dan data sekunder (buku, jurnal, Peta situasi geografis aliran sungai Air Manna dan Data Curah Hujan)

Analisis Hidrolika dengan HEC-RAS 5.0.7

Langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan dengan HEC-RAS adalah sebagai berikut :

1. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah memasukkan peta wilayah Bengkulu secara online. Kemudian cari DAS Air Manna dan buat skema alur sungai yang akan diteliti pada jendela pembuatan Skema Alur Sungai. Selanjutnya mengisi data penampang melintang sungai.
2. Masukkan data debit sungai untuk dilakukan analisis aliran Unsteady flow pada Jendela editor Unsteady flow data.
3. Running pada software HEC-RAS untuk melihat kapasitas tampung sungai terhadap debit rencana Q.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Kondisi DAS Manna Bagian Hilir

Pengukuran lebar sungai dilakukan secara manual menggunakan meteran didapat jarak melintang Sungai Air Manna Bagian Hilir di Desa Batu Kuning 60 meter dan pada Sungai Air Manna Bagian Hilir di Desa Ketaping 72 meter. Pengukuran geometri dan kecepatan aliran sungai menggunakan metode merawas.

Analisis Debit Sungai di Lapangan

Hasil pengukuran di lapangan yang dilaksanakan di Desa Batu Kuning dengan nilai kecepatan aliran dapat yaitu 1,130 m/dtk dengan luas penampang basah 31,12 m² sehingga menghasilkan debit aliran sebesar 35,152 m³/dtk. Sedangkan pengukuran yang dilaksanakan di Desa Ketaping didapat jumlah kecepatan aliran 1,194 m/dtk dengan luas penampang basah 53,36 m² sehingga menghasilkan debit aliran sebesar 63,725 m³/dtk.

Analisis Curah Hujan

Perhitungan distribusi curah hujan rata-rata untuk mendapatkan debit puncak pada DAS Air Manna Bagian Hilir dilakukan dengan metode *poligon thiessen*, karena stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata dan jumlah stasiun hujan yang dipakai sebanyak tiga buah stasiun hujan yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Rekap Data Curah Hujan Harian Maksimal

Tahun	Rh max Stasiun (mm)		
	Manna	Batu Bandung	Selali
2010	457	599	403
2011	521	562	328
2012	613	519	655
2013	671	552	558
2014	729	619	628
2015	489	392	667
2016	513	423	526
2017	569	288	489
2018	934	394	396
2019	733	366	485

Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Bengkulu, 2020

Tabel 3. Data Curah Hujan Rerata Tahunan dari Kecil Terbesar

No	Tahun	R _{thiessen} (mm)
1	2017	423,753
2	2016	476,187
3	2015	490,284
4	2011	491,044
5	2010	506,718
6	2019	507,487
7	2018	559,336
8	2012	581,650
9	2003	589,807
10	2014	654,810

Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

- Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)
Pengukuran dispersi dilakukan untuk menentukan curah hujan yang akan dipakai dalam menghitung besarnya debit banjir rencana berdasarkan analisis distribusi hujan (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Perhitungan Dispersi

Parameter Statistik	Nilai
Rata-rata	528,11
Standar Deviasi	67,47
Koefisien Kemencengen (Cs)	0,48
Koefisien Kurtosis (Ck)	1,99
Koefisien Variasi (Cv)	0,128

Analisis Jenis Distribusi

- Distribusi Gumbel Tipe I

Tabel 5. Distribusi Sebaran Metode Gumbel Tipe I

Periode	\bar{X}	Sd	Yn	Sn	Yt	Xt
2	528,108	67,47	0,495	0,950	0,367	518,963
5	528,108	67,47	0,495	0,950	1,500	599,497
10	528,108	67,47	0,495	0,950	2,250	652,810
25	528,108	67,47	0,495	0,950	3,199	720,192
50	528,108	67,47	0,495	0,950	3,902	770,173
100	528,108	67,47	0,495	0,950	4,500	812,678

- Distribusi Log Pearson Tipe III

Tabel 6. Distribusi Log Pearson Tipe III

Periode	$\overline{\log(X)}$	Sd $\log X$	Cs	K	Y = Log X + k Sd Log X	X = 10 ^Y
2	2,720	0,05	0,19	-0,0381	2,72	522,20
5	2,720	0,05	0,19	0,83044	2,77	582,34
10	2,720	0,05	0,19	1,30033	2,79	617,98
25	2,720	0,05	0,19	1,81556	2,82	659,57
50	2,720	0,05	0,19	2,15515	2,84	688,51
100	2,720	0,05	0,19	2,46667	2,88	716,17

- Distribusi Log Normal

Tabel 7. Distribusi Sebaran Metode Log Normal

No	Periode	X	Sd	Kt	Xt
1	2	528,11	67,47	-0,22	513,263
2	5	528,11	67,47	0,64	571,291
3	10	528,11	67,47	1,26	613,125
4	25	528,11	67,47	2,10	669,575
5	50	528,11	67,47	2,75	713,662
6	100	528,11	67,47	3,45	760,894

- Menentukan Curah Hujan Jam-Jaman

Tabel 8. Syarat Penggunaan Jenis Sebaran

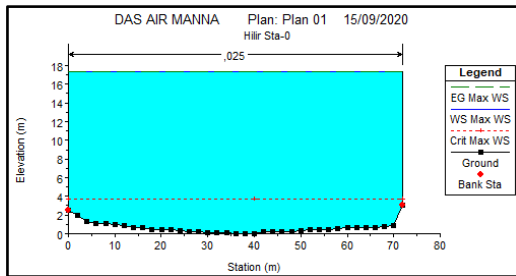
Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Gumbel Tipe I	Ck \approx 5,4	Ck = 1,99	Tidak Memenuhi
	Cs \approx 1,14	Cs = 0,48	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = 2	Cs = 0,48	Tidak Memenuhi
	Ck = 10,11	Ck = 1,99	Tidak Memenuhi
Log Pearson Tipe III	Selain nilai di atas	Ck = 1,99	Memenuhi

Tabel 9. Rekapitulasi Hidrograf Banjir ITB 1

Waktu (jam)	Periode Ulang (Tahun)					
	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik
0	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82
1	3,79	3,91	3,98	4,06	4,12	4,17
2	104,91	117,56	125,06	133,81	139,90	145,72
3	447,28	503,05	536,10	574,67	601,50	627,15
4	851,50	959,17	1022,97	1097,43	1149,23	1198,74
5	1157,05	1304,98	1392,65	1494,96	1566,13	1634,15
5,914	1322,21	1492,94	1594,12	1712,20	1794,33	1872,85
6	1321,79	1492,47	1593,62	1711,66	1793,77	1872,26
7	1266,96	1430,54	1527,49	1640,62	1719,32	1794,54

Hasil Analisis Muka Air Banjir

Hasil analisis menggunakan HEC-RAS berupa potongan penampang melintang sungai lengkap dan ketinggian muka air pada setiap STA (Gambar 2).

**Gambar 2.** Penampang Melintang Sungai**Kesimpulan**

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa data yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis hidrologi dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis ITB 1 pada DAS Air Manna Bagian Hilir didapat waktu puncak 5,914 jam dengan debit banjir sebesar :

$$\begin{aligned} Q_{2th} &= 1322,21 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{5th} &= 1492,94 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{10th} &= 1594,12 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{25th} &= 1712,20 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{50th} &= 1794,33 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{100th} &= 1872,85 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$
2. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menggunakan program HEC-RAS 5.0.7 dengan debit maksimum pada kala ulang 2 hingga 100 tahun di Sungai

Air Manna Bagian Hilir tidak mampu menampung debit banjir. Sehingga diperlukan upaya perbaikan untuk mengedalikan luapan Sungai Air Manna. Daerah yang akan mengalami limpasan yaitu dimulai dari STA 5770 hingga ke STA 0 (dari hulu di Desa Batu Kuning sampai bagian hilir di Desa Ketaping).

Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan oleh penulis pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data curah hujan yang digunakan hendaknya lebih lengkap dan berasal dari stasiun hujan terdekat ke titik pengamatan.
2. Analisis pada program HEC-RAS harus dilakukan dengan teliti dan bertahap dikarenakan jika terdapat kesalahan saat input data akan menyebabkan HEC-RAS tidak bisa merespon saat dilakukan running.
2. Perlu dilakukan analisis yang lebih mendalam pada program HEC-RAS untuk melakukan simulasi banjir dengan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- BPDAS Ketahun. (2012). Naskah Rencana Pengelolaan DAS Manna Buku II, Bengkulu.
- Natakusumah, D. (2014). Cara Menghitung Debit Banjir dengan Metoda Hidrograf Satuan Sintetis. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Negoro, A. N., & Pramawan, H. (2008). Perencanaan Teknis Embung Silandak Sebagai Pengendali Banjir Kali Silandak Semarang. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang.
- Robot, J. A. (2014). Analisis Debit Banjir Sungai Ranoyapo Menggunakan Metode HSS GAMA-I dan HSS Limantara. Jurnal Sipil Statistik Vol. 2 No.1.

- Rosyidie, A. (2013). Banjir : Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota Vol. 23 No. 24.
- Soerwarno. (1995). Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1. Bandung: Nova.
- Wigati, R., Soedarsono, & Ananda, Y. (2018). Analisis Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 4.1 (Studi Kasus DAS Ciujung ulu HM 0+00 Sampai Dengan HM 45+00). Jurnal Fondasi Vol. 7 No. 1.